



HAL
open science

Terra Lyon 2016 : actes

Thierry Joffroy, Hubert Guillaud, Chamsia Sadozai

► **To cite this version:**

Thierry Joffroy, Hubert Guillaud, Chamsia Sadozai. Terra Lyon 2016 : actes. Terra Lyon 2016, CRAterre, 2017, 979-10-96446-11-7. hal-01810679

HAL Id: hal-01810679

<https://hal.science/hal-01810679v1>

Submitted on 4 Sep 2020

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



terra

LYON 2016

XII^e Congrès mondial sur les architectures de terre
XIIth World Congress on Earthen Architecture
XII Congreso mundial de las arquitecturas de tierra
11-14 Juillet 2016 Centre de Congrès / Lyon / France

ACTES / PROCEEDINGS / ACTOS





terra LYON 2016

XII^e Congrès mondial sur les architectures de terre
XIIth World Congress on Earthen Architecture
XII Congreso mundial de las arquitecturas de tierra
11-14 Juillet 2016 Centre de Congrès / Lyon / France

ACTES / PROCEEDINGS / ACTOS

Éditeurs / Editors / Editores Thierry Joffroy, Hubert Guillaud, Chamsia Sadozai

Sous l'égide de / under the aegis of / bajo los auspicios de:



ICOMOS - ISCEAH
International Scientific Committee
on Earthen Architectural Heritage
International Council on
Monuments and Sites

Le douzième congrès mondial sur les architectures de terre, Terra 2016 est organisé par CRAterre sous l'égide du Comité ISCEAH d'ICOMOS international et dans le cadre du programme de l'architecture de terre du Centre du patrimoine de l'UNESCO (WHEAP).

The twelfth global congress on earthen architecture, Terra 2016 is organized by CRAterre under the aegis of the ISCEAH Committee of ICOMOS International and within the framework of World Heritage Earthen Architecture Programme of UNESCO (WHEAP).

El duodécimo Congreso Mundial «Terra 2016» está organizado por CRAterre bajo los auspicios del Comité Internacional ISCEAH de ICOMOS internacional y en el marco del programa de Arquitectura de Tierra del Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO (WHEAP).



Ces actes ont été produits grâce au soutien du BRAUP, Bureau de la Recherche Architecturale, Urbaine et Paysagère du Ministère de la Culture et de la Communication





Nous dédions les actes de Terra 2016 à Alejandro Alva Balderrama qui nous a très fortement inspiré vers plus d'excellence pour la conservation et valorisation des architectures de terre au bénéfice de tous.

These proceedings are dedicated to Alejandro Alva Balderrama who inspired us so much towards more excellence in conserving and valorising earthen architecture towards people wealth.

Estas actas están dedicadas a Alejandro Alva Balderrama, quien tanto nos inspiró hacia una mayor excelencia en la conservación y valorización de la arquitectura de tierra para beneficio de todos.

REMERCIEMENTS ACKNOWLEDGMENTS AGRADECIMIENTO

Mairie de Lyon

Gérard Colomb, Maire
Georges Képénékian - 1^{er} Adjoint
Jean-Dominique Durand - Adjoint au patrimoine, mémoire et anciens combattants
Michel Le Faou, Adjoint à l'urbanisme et au logement
Dominique Seror, Conseillère Technique auprès du maire
Maud Felix-Faure, Conseillère technique auprès de Georges Képénékian
Anne Canova, Conseillère technique auprès de Michel Le Faou

Grand Lyon la Métropole

Myriam Picot, Vice-présidente en charge de la culture
Pascale Ammar Khodja, Directrice de l'information et de la communication
Anastasie Tsangary Payen, Responsable service promotion du territoire et événements
Isabelle Lagarde, Service international
Emilie Chanu, Chargée de communication

Ministère de la Culture et de la Communication

Françoise Nyssen, Ministre
Agnès Vince, Directrice chargée de l'architecture
Philippe Grandvoinet, Adjoint au sous-directeur - SDESRA
Bruno Favel, Chef du Département des affaires européennes et internationales
Véronique Dez, Département des affaires européennes et internationales

Ministère de l'Europe et des affaires étrangères

Jean-Yves Le Drian, Ministre
Maëlle Sergheraert, Responsable du pôle SHS, de l'archéologie et du patrimoine
Lucile Bordet, Direction de la Culture, de l'Enseignement, de la Recherche et du Réseau

UNESCO

Audrey Azoulay, Directrice générale
Metshild Rossler, Directrice du Centre du patrimoine mondial
Lazare Eloundou Assomo, Directeur adjoint du Centre du patrimoine mondial
Edmond Moukala, Chef du Bureau Afrique du Centre du patrimoine mondial

ICOMOS France

Jean-François Lagneau, Président
Isabelle Palmi, Directrice
Anne-Sophie Barré, Chargée de mission

ENSA Grenoble

Marie Wozniak, Directrice
Lucie Scotet, Directrice adjointe
Hélène Casalta, Chargée de mission, recherche, partenariats et international

Labex AE&CC

Zakari Bano, Chargé de coordination
Murielle Serlet, Responsable gestion de l'information et documentation

CRAtterre

Patrice Doat et Hugo Houben, Fondateurs
Marina Trappeniers, Chargée de gestion
Bregje Nouwens, Secrétaire
Christelle Chauvin, Comptable

Musée des confluences

Hélène Lafont-Couturier, Directrice
Catherine Bodet, Chargée de programmation scientifique

&

Julio Vargas Neumann, Président de l'ICOMOS ISCEAH et tous les membres du comité
Les membres du Conseil consultatif
Les membres du comité d'organisation
Les membres du comité scientifique

&

Isabelle Pallot-Frossard, Directrice du LRMH
Hugues Savay-Guerraz, Directeur du Musée gallo-romain de Lyon
Françoise Le Mort, Directrice de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée
Lionel Astruc, Journaliste
Alix Hubert, Architecte
Valérie Disdier, Directrice Archipel
Dominique Gauzin-Muller, Architecte
Maxime Bonnevie, Architecte
Jim Prunier, Étudiant ENSAG

Ainsi que toute l'équipe du palais des congrès de Lyon et tous ceux qui, dans les diverses institutions partenaires de cet événement, ont donné de leur temps pour permettre le bon déroulement de ce congrès.

PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU CONGRÈS

GENERAL PRESENTATION OF THE CONGRESS

Thierry Joffroy et Hubert Guillaud

Labex AE&CC-Laboratoire CRAterre-ENSAG

Chaire UNESCO Architectures de terre, cultures constructives et développement durable

1. PRÉSENTATION DU 12^e CONGRÈS TERRA 2016

1.1. LES CONGRÈS TERRA DANS LEUR CHRONOLOGIE DEPUIS 1972

Le 12^e Congrès mondial TERRA 2016 sur les architectures de terre s'est tenu à Lyon du 10 au 14 juillet 2016. Lors de cette session, plusieurs thèmes spécifiques ont été abordés: les inventaires et études des patrimoines, leur conservation et gestion, le développement local, la recherche, l'expérimentation et l'innovation, les nouvelles dynamiques, le transfert des connaissances et le renforcement des capacités. Ainsi, le plus large registre des problématiques relatives aux architectures de terre a été couvert, en transversalité d'approches disciplinaires et en mettant l'accent sur le développement durable local.

Ce 12^e congrès mondial s'inscrit dans une longue lignée de grandes conférences internationales sur les architectures de terre. Tout a commencé en 1972 à Yazd, en Iran, joyau de l'architecture en terre. Intitulée *Conférence internationale sur la conservation des monuments en briques de terre*, cette conférence est la première, organisée par le Comité ICOMOS d'Iran. Elle est suivie d'un deuxième Symposium, toujours à Yazd, en 1976, puis d'autres réunions de plus en plus régulières. A Santa Fe, États-Unis, en 1977 ; un troisième symposium à Ankara, Turquie, relayé par les Comités ICOMOS et ICOM du pays ; un Symposium et atelier international sur la conservation de l'adobe, à Lima, Pérou, organisé en 1983 par l'ICCROM, le PNUD et l'UNESCO qui sera suivi d'une réunion clé, la *Cinquième réunion internationale d'experts sur la conservation de l'architecture de terre* conjointement organisée en 1987 par l'ICCROM et CRAterre à Rome. Cette réunion va impulser une nouvelle étape dans le développement des formations spécialisées dans l'enseignement supérieur et professionnel, et dans la recherche sur l'architecture de terre. En 1990, le Getty Conservation Institute (GCI) organise à Las Cruces, Nouveau Mexique, États-Unis, la *Sixième conférence internationale sur la conservation de l'adobe* avec le soutien d'ICOMOS États-Unis ; en 1993 le Portugal prend le relais à Silves, en Algarve, avec la 7^e conférence. En 2000 English Heritage organise la huitième à Torquay, dans le Devon ; puis à nouveau l'Iran, à Yazd avec la *Neuvième Conférence Internationale sur l'Étude et la Conservation de l'Architecture de terre*. La 10^e conférence TERRA 2008 sera organisée en 2008 à Bamako, Mali avec l'appui renouvelé du GCI, avant que

1. PRESENTATION OF TERRA 2016, XIITH WORLD CONGRESS ON EARTHEN ARCHITECTURES

1.1. TERRA CONGRESSES: CHRONOLOGY SINCE 1972

The 12th TERRA World Congress on Earthen Architectures was held in Lyon from July 10th to 14th, 2016. During this session, several specific themes were addressed: heritage inventories and studies, heritage conservation and management, local development, research, experimentation and innovation, new dynamics, knowledge transfer and capacity building. A comprehensive array of issues related to earthen architectures was covered through an interdisciplinary approach and with a focus on local sustainable development.

The 12th TERRA World Congress is one of a series of major international events on earthen architecture. It all began in 1972 in Yazd, Iran, an architectural gem of a city, built with earth. Named "International conference on the conservation of mud-brick monuments", this first congress was organised by the ICOMOS Committee of Iran. It was followed by a second symposium, again in Yazd, in 1976, then by a number of other more regularly paced meetings. An event was held in Santa Fe, United States, in 1977; a third symposium took place in Ankara, Turkey, relayed by ICOMOS and ICOM national committees; a Symposium and international workshop on the conservation of adobe was held in 1983 in Lima, Peru, organised in by ICCROM, UNDP and UNESCO, followed by a key meeting, the "Fifth International Meeting of Experts on the Conservation of Earthen Architecture" jointly organised in 1987 by ICCROM and CRAterre, in Rome. This meeting would impulse a new level of development for specialised training in higher and vocational education, and for research on earthen architecture. In 1990, the Getty Conservation Institute (GCI) organised the "6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture" in Las Cruces, New Mexico, USA, with the support of ICOMOS USA. The 7th International conference took place in Silves, Algarve, Portugal, in 1993. In 2000, English Heritage organised the 8th Conference in Torquay, Devon, when in 2003 we went back to Yazd, Iran, where the 9th Conference took place. The two following 10th and 11th conferences TERRA 2008 and TERRA 2012 took respectively place in Bamako, Mali, with the renewed support of the GCI, and in Lima, Peru. Finally the City of Lyon welcomed TERRA 2016, the 12th Global Congress on earthen architecture.



Session plénière au Centre de congrès de Lyon / Plenary session at "Centre de congrès" in Lyon

TERRA 2012 le soit à Lima, au Pérou. TERRA Lyon 2016 a donc été le 12^e Congrès mondial sur les architectures de terre.

L'ensemble de ces conférences, de plus en plus suivies au fil des ans, a décisivement contribué au développement des recherches scientifiques et des connaissances sur la construction et l'architecture de terre. Elles ont aussi permis la constitution de réseaux internationaux et nationaux de chercheurs et de professionnels spécialisés, très actifs, qui ont construit une visibilité entièrement renouvelée de ce qui est désormais reconnu comme une discipline à part entière.

1.2. LA PLACE DE NOUVELLES DYNAMIQUES VALORISANT L'INNOVATION ET LES NOUVEAUX ENJEUX DE SOCIÉTÉ

On doit l'initiative de l'organisation régulière de ces conférences à des archéologues et conservateurs préoccupés, dans la période suivant la Charte de Venise (1964), par les menaces exercées sur les sites archéologiques bâtis en terre. Ces menaces de tous ordres, tant de nature politique, sociale, économique, environnementale que technique, ont progressivement amené à mettre l'accent sur la nécessité de développer des pratiques de conservation mieux intégrées et adaptées aux cultures constructives de la terre. Au fil des ans, cette approche s'enrichissait d'une autre dimension avec l'invitation de la communauté internationale participant et ces grands rassemblements, à définir et mettre en œuvre des plans de gestion et valorisation des patrimoines archéologiques et architecturaux historiques en terre. La formation des capacités professionnelles au plan international et régional (cours des projets GAIA puis TERRA de CRAterre, ICCROM et GCI) a de plus en plus occupé une place centrale au cœur des débats déployés par ces grandes conférences internationales. Mais le patrimoine des architectures en terre plus récentes n'était pas pris en compte et c'est seulement depuis les toutes dernières conférences que cette problématique a été peu à peu considérée. Le 12^e Congrès mondial de Lyon, en traitant des nouvelles dynamiques et en valorisant l'innovation, en mettant en débat les nouveaux enjeux de société (changement climatique, transition énergétique, frugalité, valorisation de la diversité culturelle, développement local...) a établi la jonction transversale des problématiques au carrefour des sciences physiques et sociales et des disciplines corrélées. Au cœur des débats du 12^e Congrès mondial TERRA 2016, l'architecture de terre, tant dans ses acceptations historiques que contemporaines, dans l'évidence de ses capacités intrinsèques et inspiratrices pour revaloriser l'emploi des ressources locales

All of these conferences, with an increasing participation over the years, have clearly contributed to the development of knowledge and scientific research related to earth construction and architecture. They have also entailed the development of international and national networks of researchers and the establishment of specialised, highly active professionals who have managed to build a completely renewed visibility for earth architecture, recognised today as a "discipline" in its own right.

1.2. NEW DYNAMICS VALORISING INNOVATION AND NEW SOCIAL CHALLENGES

The initiative for the organisation of such gatherings stems from the interest of archaeologists and conservators concerned by threats to archaeological sites built with earth, during the period following the Venice Charter (1964). Threats of all kinds, whether of political, social, economic, environmental or technical nature, gradually led to acknowledge the need to develop conservation practices better integrated and adapted to earthen building cultures. Over the years, this approach was enriched through the implication of an international community, invited to participate in large gatherings and define as well as implement management and valorisation plans for earthen archaeological and architectural heritage. Professional training at the international and regional levels (courses at GAIA and later TERRA, by CRAterre, ICCROM and GCI) would occupy an increasingly important place at the heart of debates during these major international events. However, recent earthen architectural heritage only started to be considered and discussed in the latest conferences. The 12th World Congress in Lyon, though focusing on new dynamics and innovation, though debating on societal challenges in a changing world (covering climate change, energy transition, frugality, enhancement of cultural diversity and local development) allowed to establish a transversal junction of issues at the crossroads of physical and social sciences, and their correlated disciplines; earthen architecture was at the heart of the debate, both historical and contemporary, through the evidence of its intrinsic and inspiring capacity to valorise the use of local resources and the diversity of territories – a field that could establish itself as culturally "subversive" (for its capacity to reverse/overthrow), and lead to more eco-responsible and sustainable housing.



Ateliers et expositions au Centre de congrès de Lyon / Workshops and exhibitions at "Centre de congrès" in Lyon

des territoires et la diversité des contextes, pourrait bien s'établir en valeur culturelle « subversive » (renversement / dépassement) pour un mieux agir en faveur d'un habitat plus écoresponsable et soutenable.

2. ORGANISATEURS ET PARTENAIRES DU 12^e CONGRÈS SUR LES ARCHITECTURES DE TERRE

2.1. LE RÔLE DE CRATERRE ET DU COMITÉ SCIENTIFIQUE ICOMOS-ISCEAH

En 2012, à Lima, en clôture de la 11^e Conférence internationale qu'organise l'Université Catholique du Pérou (PUCP) avec le soutien d'ICOMOS Pérou et du Comité scientifique international sur le patrimoine architectural en terre (ISCEAH) d'ICOMOS, CRATERRE faisait acte de candidature pour organiser en France, à Lyon, sa prochaine édition. Cette candidature, attractive, pleine d'atouts, dans une ville du Patrimoine mondial où l'architecture de terre est très présente, ville jouissant d'une grande renommée historique et culturelle, a été retenue.

Toujours sous l'égide du comité scientifique ISCEAH d'ICOMOS et du Centre du Patrimoine Mondial de l'UNESCO dans le cadre de son programme WHEAP¹, la conférence, rebaptisée « Congrès mondial », est organisée par CRATERRE, l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (ENSAG) et le Labex AE&CC (Architecture, Environnement & Cultures Constructives). Prenant en main un projet ambitieux, CRATERRE s'efforce d'être rassembleur et fédérateur, associant au chantier de réalisation de cet événement de très nombreux partenaires, régionaux, nationaux et internationaux. Ainsi, au-delà de l'implication des membres de ISCEAH, ce Congrès mondial aura été le résultat de mobilisations partagées entre ICOMOS France et des entités académiques et scientifiques telles que Les Grands Ateliers, le Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (LRMH), la Maison de l'Orient et de la Méditerranée (MOM) de l'Université Lyon 2, l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Lyon, l'École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE), l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon (ENSAL), l'Escola Superior Gallaecia du Portugal (ESG), la Faculté d'Architecture de l'Université de Cagliari (Italie) et l'association professionnelle française des constructeurs en terre, AsTerre.

¹ Un des sept programmes spéciaux du Centre du patrimoine mondial : WHEAP, World Heritage Earthen Architecture Programme



Exposition « Ma terre première » au Musée des confluences / "Ma terre première" exhibition at Musée des confluences

2. ORGANISERS AND PARTNERS OF THE XIITH WORLD CONGRESS ON EARTHEN ARCHITECTURES

2.1. THE ROLE OF CRATERRE AND THE ICOMOS-ISCEAH SCIENTIFIC COMMITTEE

In 2012, in Lima, at the closing of the 11th International Conference organised by the Pontifical Catholic University of Peru (PUCP) with the support of ICOMOS Peru and the International Scientific Committee on Earthen Architectural Heritage (ISCEAH) of ICOMOS, CRATERRE applied to organise the following International Conference in Lyon, a World Heritage city where earthen architecture is very much present and with a great historical and cultural reputation.

Still under the aegis of the ISCEAH scientific committee of ICOMOS and the UNESCO World Heritage Centre, within the framework of its WHEAP¹ programme, the event, renamed "World Congress", was organised by CRATERRE, the National School of Architecture of Grenoble (ENSAG) and the Labex AE&CC (Architecture, Environment & Building Cultures). Taking charge of this ambitious project, CRATERRE strived to unify and federate by involving a great number of regional, national and international partners in its preparation. Thus, beyond the involvement of ISCEAH members, this World Congress became the product of dynamics shared between ICOMOS France and academic and scientific entities such as Les Grands Ateliers, the French Historical Monument Research Laboratory (LRMH), the Maison de l'Orient et de la Méditerranée (MOM) of the University Lyon 2, the National Institute of Applied Sciences (INSA) of Lyon, the Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE), the National School of Architecture of Lyon (ENSAL), the Escola Superior Gallaecia of Portugal (ESG), the Faculty of Architecture of the University of Cagliari (Italy) and the French professional earth builders' association, AsTerre.

The organisation of the Congress relied upon a steering committee bringing together international partners (UNESCO, ICCROM, Getty Conservation Institute, World Monument Watch), and an organising committee (regional partners). The scientific committee mobilised nearly one hundred teacher-researchers and professional specialists from around the world. They were invited to join the ICO-

¹ One among seven special programmes of the World Heritage Centre : WHEAP, World Heritage Earthen Architecture Programme



Ateliers animés par Asterre, association des professionnels de la terre crue / Workshops presented by raw earth professionals association, Asterre



Les « Piliers d'Asterre » exposés sur le parvis du Musée des confluences / The "Piliers d'Asterre" exhibited in front of the Musée des confluences

L'organisation du Congrès s'est appuyée sur un comité de pilotage composé de partenaires internationaux (UNESCO, ICCROM, Getty Conservation Institute, World Monument Watch) et un comité d'organisation (partenaires régionaux). Le comité scientifique a réuni près de cent enseignants-chercheurs et professionnels spécialistes, du monde entier. Ils ont été invités au sein du réseau du comité ISCEAH d'ICOMOS, du réseau de la chaire UNESCO architectures de terre et du réseau ibéro américain PROTERRA, ainsi que d'autres réseaux nationaux.

Au plan local et national, le congrès a bénéficié du soutien de la ville de Lyon et du Grand Lyon (métropole) et du Ministère de la Culture et de la Communication (Direction Générale du Patrimoine, BRAUP et DAEI)².

2.2. LA FORTE IMPLICATION D'ICOMOS FRANCE

Ce 12^e Congrès mondial pour les architectures de terre a été retenu pour constituer un temps fort dans le programme d'activité d'ICOMOS France en 2016. En effet, celui-ci prenait tout à fait sa place dans la réflexion menée au sein de cette organisation sur les techniques, les matériaux et les savoir-faire.

Dans ce cadre, la section française d'ICOMOS a été partie prenante du Congrès en étant membre du comité de pilotage, du comité scientifique et en apportant un soutien décisif à la coordination scientifique de l'événement en appui à CRAterre. Elle a notamment organisé la communication avec les acteurs scientifiques du congrès, qu'ils soient auteurs, membre du conseil scientifique ou partenaires, et a organisé le processus de sélection des contributions. Pour satisfaire à ces besoins, ICOMOS France a développé une plateforme numérique de gestion des contributions qui était indispensable au regard du nombre de résumés réceptionnés (424 proposés par 823 auteurs principaux et co-auteurs, de 4 continents, 57 pays et 256 institutions) suite à l'appel à communication international lancé en octobre 2015 soit à peine 10 mois avant l'événement, ce qui a constitué un véritable défi pour garantir la faisabilité du congrès.

² Bureau de la Recherche Architecturale, Urbaine et Paysagère ; Direction des Affaires Européennes et Internationales.

MOS' ISCEAH committee network, the UNESCO Earthen Architecture Chair network, the Iberoamerican network PROTERRA, as well as other national networks.

At local and national levels, the Congress was supported by the city of Lyon and Metropolitan Lyon, and the French Ministry of Culture and Communication (General Directorate of Heritage, BRAUP and DAEI)².

2.2. THE STRONG INVOLVEMENT OF ICOMOS FRANCE

This 12th World Congress on Earthen Architectures was designed as a strong point in ICOMOS France's 2016 activity programme. Indeed, the Congress was fully in line with the reflection on techniques, materials and know-how carried out within this organisation.

In this context, the French section of ICOMOS became actively involved in the Congress by integrating the steering committee, the scientific committee and providing decisive backup for the scientific coordination of the event in support of CRAterre. In particular, it was in charge of communicating with the scientific stakeholders of the Congress - authors, members of the scientific council or partners - and of dealing with the selection process for contributions. For this purpose, ICOMOS France developed a digital management platform, an essential tool to handle the great number of abstracts received (424 in total, submitted by 823 lead authors and co-authors from 4 continents, 57 countries and 256 institutions) following the international call for papers launched in October 2015, barely 10 months before the Congress - a rather challenging situation in preparation of an event of such magnitude.

3. LYON, EARTH CAPITAL 2016

3.1. A REMARKABLE TERRITORY

By choosing Lyon, a World Heritage city, CRAterre and its partners took note of the importance of an urban heritage in rammed earth (pisé) largely unknown and yet remarkable (buildings of up to six

² Bureau de la Recherche Architecturale, Urbaine et Paysagère ; Direction des Affaires Européennes et Internationales.

3. LYON 2016, CAPITALE DE LA TERRE

3.1. UN TERRITOIRE REMARQUABLE

En choisissant Lyon, ville du patrimoine mondial, CRATerre et ses partenaires ont pris acte de l'importance d'un patrimoine urbain en pisé encore trop peu connu et pourtant remarquable (immeubles élevés jusqu'à six étages) dans la ville ancienne (Croix Rousse, Fourvière) et dans de nombreux secteurs de la couronne urbaine (Vaise, Saint Just, Tassin, par exemple). Ce patrimoine s'étend au niveau régional en direction de la basse vallée de la Saône et du Rhône, du Dauphiné et jusqu'en Auvergne, notamment sur les territoires du parc régional du Livradois-Forez. Les partenaires ont aussi pris acte de l'importance de l'histoire lyonnaise et plus largement régionale des architectures de terre, qui a aussi ses héros aux 18^e et 19^e siècles (les architectes Georges-Claude Goiffon, François Cointeraux et François Boulard, l'Abbé Rozier). Ils ont aussi souhaité valoriser la mobilisation de nombreux acteurs du territoire régional, publics, universitaires, scientifiques et professionnels qui s'inscrivent dans le paysage de la recherche et de la formation sur le thème. Le congrès leur a offert l'occasion d'échanger avec d'autres réseaux scientifiques et professionnels spécialisés investis dans le monde.

3.2. CULTURE ET SCIENCE ONT ÉTÉ AU CŒUR DE LA PROGRAMMATION « LYON 2016, CAPITALE DE LA TERRE »

L'originalité de ce 12^e congrès a aussi été son ambition événementielle, tant au plan scientifique que culturel, en ayant proposé que la ville de Lyon soit déclarée « Capitale de la terre » pour toute l'année 2016. Cet événement, validé par le Grand Lyon, a mobilisé de nombreux partenaires qui ont abondé son programme par la réalisation de 70 activités à Lyon et hors les murs, en lien avec plusieurs partenaires publics, culturels et universitaires. On compte parmi eux l'engagement très important du musée des Confluences qui a accueilli une grande exposition inaugurale, « Ma terre première pour construire demain », avec plusieurs espaces d'ateliers, des débats publics thématiques, un cycle de conférences et des journées de démonstration organisées par l'association Asterre. Mais aussi les participations d'Archipel Centre De Culture Urbaine de Lyon, qui a accueilli l'exposition du « Terra Award », « Architectures de terre d'aujourd'hui », 1^{er} Prix international des architectures de terre et qui a créé une exposition sur François Cointeraux présentée aux Archives municipales; le Musée gallo-romain qui réalisait l'exposition, « ArchéoTERRA » sur le thème de l'archéologie et de la conservation des architectures de terre, avec un cycle de quatre conférences ; le CAUE Rhône Métropole (Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et d'Environnement) qui présentait une exposition sur les « Villages de terre » ; Entrepreneurs du monde, qui proposait une exposition « Reconstruire en Haïti » et l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon (ENSAL) sur la « Reconstruction et les cultures locales au Népal ». De nombreuses autres activités, assises professionnelles européennes des constructeurs en terre, journées d'information, autres conférences et tables rondes ont aussi pris place dans le programme. A tout cela s'ajoutaient des spectacles et installations artistiques ainsi que des visites guidées, balades urbaines sur le thème du pisé urbain et des tours post-congrès (dans l'Ain, en Dombes et Bresse, territoires de pisé et colombages, et dans le Nord-Isère).

storeys), in the old city (Croix Rousse, Fourvière) and in many areas around its periphery (Vaise, Saint Just, Tassin, for example). This heritage extends throughout the region toward the valley of the Saône and the Rhône, the Dauphiné and up to Auvergne, especially over the territories around the Livradois-Forez Regional Park. Partners also took note of the importance of earthen architecture linked to Lyon's history and, more broadly, to the history of the entire region, involving important personalities (architects Georges-Claude Goiffon, François Cointeraux and François Boulard, Abbé Rozier, 18th and 19th centuries). They also wished to valorise and encourage the presence of many regional actors from the academic, scientific and professional fields, involved in research and training activities related to earthen construction, by granting them the opportunity to interact with other specialised scientific and professional networks active around the world.

3.2. CULTURE AND SCIENCE AT THE HEART OF THE "LYON, EARTH CAPITAL 2016" PROGRAMME

One of the elements that made the 12th Congress unique was its magnitude, both in scientific and cultural terms: the idea to label the city Lyon "earth capital" of the year 2016 was submitted to and validated by local authorities, which, in turn, enabled the organisation of 70 activities, in and around Lyon, involving public, cultural and academic partners. Among them, the very important commitment of the Musée des Confluences should be commended, as it hosted a major inaugural exhibition, "*Ma terre première pour construire demain*", featuring several workshop spaces and making a series of gatherings, conferences and public demonstrations possible, organised by the association Asterre. But also the involvements of Archipel Centre De Culture Urbaine de Lyon, which hosted the exhibition "Earth Architectures of today" linked to the Terra Award, the 1st International Prize for earthen architectures, and which created an exhibition on François Cointeraux presented at the Municipal Archives of Lyon, the Musée gallo-romain of Lyon which implemented the exhibition, "ArchéoTERRA" about the archaeology and conservation of earthen architectures, complete with a cycle of four conferences, the CAUE Rhône Métropole which presented the exhibition "Villages de terre", Entrepreneurs du monde, which presented the exhibition "Reconstruire en Haïti" and the National School of Architecture of Lyon (ENSAL), which presented the exhibition "*Reconstruction et les cultures locales au Népal*". Many additional activities, European professional gatherings for earthen builders, information days and other conferences and round tables were also part of the programme, as were a number of art shows and installations, guided tours, urban walks on the theme of urban rammed earth, and post-congress tours (in Ain, Dombes and Bresse, where rammed earth and timber frame earth constructions abound), as well as in in Nord-Isère.

The project "Terra nostra" was presented at the esplanade François Mitterrand: a housing prototype built with wood and earth, 170 m², two levels, part of a collection of participative housing structures designed and built by the students of "Team Auvergne-Rhône-Alpes", joining Les Grands Ateliers, the architecture schools of Grenoble, Lyon and Saint Etienne, IUT1 of Grenoble, ENTPE, INSA Lyon, ENSE3 and AFPA.



Les 755 participants au congrès / 755 congress participants

L'esplanade de la Confluence, à côté de l'hôtel de la Région a accueilli l'opération « Terra nostra », construction d'un prototype d'habitat en bois et terre de 170 m², sur deux niveaux, extrait d'un petit collectif d'habitat participatif conçu et réalisé par les étudiants du « Team Auvergne-Rhône-Alpes » réunissant les Grands Ateliers, les écoles d'architecture de Grenoble et Lyon, Saint Etienne, l'IUT 1 de Grenoble, l'ENTPE, l'INSA de Lyon, l'ENSE3 et l'AFPA.

3.3. UN BILAN QUANTITATIF ET QUALITATIF EXCEPTIONNEL

Le congrès a accueilli 755 participants sur 4 jours, venus des 5 continents et représentant 70 nationalités. 130 articles écrits par 300 auteurs (auxquels il faut ajouter leurs co-auteurs) ont été écrits et communiqués. Six d'entre eux l'ont été en session inaugurale, 56 en sessions plénières et 68 lors de 7 ateliers organisés par les institutions partenaires (MOM, ENSAL, INSA de Lyon, ENTPE, Compagnons du Devoir). Simultanément, 64 posters ont été exposés. A l'issue du congrès, une « Déclaration de Lyon » et des recommandations ont été élaborées et validées par l'ensemble des participants via la possibilité de réaction sur le site web du Congrès.

Par ailleurs, 3 sessions spéciales ont été réalisées : l'une en lien avec l'UNESCO et la Direction Nationale du Patrimoine Culturel du Mali, sur la reconstruction des quatorze Mausolées de Tombouctou,

3.3. EXCEPTIONAL QUANTITATIVE AND QUALITATIVE RESULTS

The congress welcomed 755 participants over a period of 4 days, coming from 5 continents, with 70 nationalities. 130 articles were written by 300 authors (plus a great number of co-authors), 6 of which were presented during the inaugural session, 56 in plenary session and 68 in the context of 7 workshops organised by partner institutions (MOM, ENSAL, INSA Lyon, ENTPE, Compagnons du Devoir). In parallel, 64 posters were shown. The gathering was followed by the "Lyon Declaration" and a series of recommendations, formulated and validated by all participants, interacting through the Congress' website.

In addition, 3 special sessions were held: one in link with UNESCO and the National Directorate of Cultural Heritage of Mali on the reconstruction of the fourteen mausoleums of Timbuktu, a World Heritage site in Northern Mali; the second in connection with ICCROM paying tribute to Peruvian architect and conservator Alejandro Alva Balderrama, former Director for the Architecture and Archeological Sites Unit at ICCROM and mentor for a new generation of earthen conservators and architects, co-founder of the project GAIA; the third for the presentation of applications to host the World Congress of 2020.

TERRA 2016 also hosted the Terra Award Ceremony, presided over

Patrimoine mondial du nord du Mali ; la seconde, en lien avec l'ICROM, rendant hommage à l'architecte conservateur péruvien Alejandro Alva Balderrama qui y fut directeur de l'unité architecture et sites archéologiques et mentor d'une nouvelle génération de conservateurs des architectures de terre, co-fondateur du Projet GAIA ; la troisième pour la présentation des candidatures pour le prochain congrès mondial en 2020.

TERRA 2016 a également accueilli la cérémonie de remise des prix du « Terra Award », présidée par l'architecte chinois Wang Shu, prix Pritzker 2012 et invité d'honneur du congrès. Une douzaine d'activités et une dizaine d'événements annexes ont aussi été réalisés : librairies spécialisées, ateliers de démonstration (matériaux et techniques), présentation de mallettes pédagogiques, réunions des réseaux ICOMOS-ISCEAH et PROTERRA, inauguration officielle du prototype « Terra nostra », vernissages des expositions, présentation officielle du programme de coopération entre la Mairie de Lyon, la Région Auvergne-Rhône-Alpes (AuRA) et l'Arménie, et une conférence de l'invité d'honneur du Congrès, Wang Shu.

La dynamique du congrès TERRA 2016 a impulsé le lancement d'un inventaire participatif du patrimoine architectural en pisé de la ville et métropole de Lyon. Cet inventaire bénéficie de l'appui des autorités publiques, de l'Inventaire général du patrimoine culturel d'Auvergne-Rhône-Alpes et de chercheurs (Ecole Normale Supérieure et Labex Intelligences des mondes urbains de Lyon, ENSAG). Une thèse de doctorat est en cours à l'ENSAG qui ne cesse de révéler de nouvelles facettes de ce patrimoine en pisé urbain dans la métropole. Des projets architecturaux valorisant l'emploi de la terre sont également lancés par des architectes lyonnais. Enfin relevons que la 19^e Assemblée Générale d'ICOMOS, qui s'est tenue du 11 au 15 décembre à Delhi, Inde, a validé la Déclaration de Lyon et recommandé une large diffusion des recommandations du 12^e congrès mondial TERRA 2016.

Ce bilan exceptionnel du 12^e congrès mondial TERRA 2016 et de l'événement « Lyon capitale de la terre » nous invite à remercier très chaleureusement tous les partenaires publics, universitaires, tous les étudiants et autres personnes qui se sont fortement mobilisés pour faire de cet événement un moment particulièrement fort dans l'histoire de la conservation et de la mise en valeur des patrimoines archéologiques et architecturaux en terre, du renouveau mondial de l'architecture de terre et dans le déploiement international actif des réseaux académiques, scientifiques, et de la formation professionnelle. Ces mobilisations contribuent aussi à la mise en œuvre concrète d'un développement plus soutenable pour les sociétés humaines et leurs environnements bâtis où le matériau terre, ses vertus et valeurs, et les cultures constructives qui l'emploient, jouent un rôle prépondérant.

by Chinese architect Wang Shu, recipient of the Pritzker Prize 2012 and guest of honour at the Congress. In addition, a dozen activities and a number of related events were also organised: specialised book sales, demonstration workshops (materials and techniques), presentation of educational kits, ICOMOS-ISCEAH and PROTERRA network meetings, official inauguration of the "Terra nostra" prototype exhibition, official presentation of the cooperation programme between the Lyon City Hall, the Auvergne-Rhône-Alpes Region (AuRA) and the Republic of Armenia and a conference delivered by guest of honour Wang Shu.

The dynamic surrounding TERRA 2016 stimulated the launch of a participatory inventory of the architectural rammed earth heritage in and around Lyon. This inventory is supported by public authorities, the General cultural heritage inventory of the Auvergne-Rhône-Alpes region and researchers (Ecole Normale Supérieure and Labex Intelligences des mondes urbains of Lyon, ENSAG). A doctoral thesis is in progress at ENSAG, and is constantly revealing new facets of this urban pisé heritage in the metropolis. Architectural projects promoting the use of earth materials are also being launched by architects in Lyon. Last, let us reveal that the 19th General Assembly of ICOMOS, held December 11-15 in Delhi, India, validated the Lyon Declaration and supported the wide dissemination of TERRA 2016 Congress recommendations.

The exceptional outcome of the 12th TERRA World Congress of 2016 and of the "Lyon, earth capital" programme naturally invites us to warmly express our deep gratitude toward all partners: public partners, academics, students and all stakeholders who contributed to this event, a particularly important time in the history of the conservation and valorisation of earthen archaeological and architectural heritage, playing a part in the global renewal of earthen architecture and in the active international deployment of academic, scientific, and professional training networks. These mobilisations also contribute to the concrete implementation of a more sustainable development for human societies and their built environments where earth materials, their virtues and values, and the constructive cultures that make use of them, play a predominant role.



LYON 2016 CAPITALE DE LA TERRE

EXPOSITIONS / CONFÉRENCES / PROTOTYPE / ATELIERS
terralyon2016.com

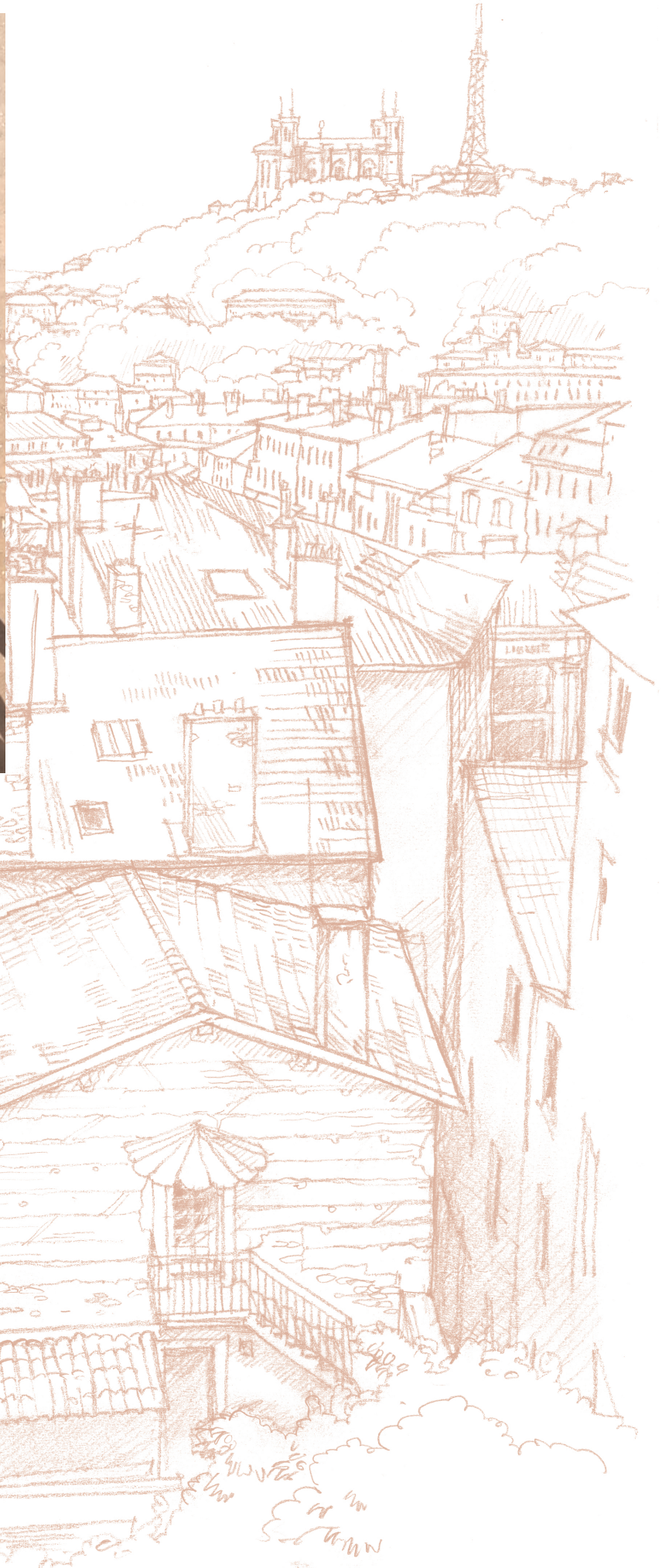


TABLE DES MATIÈRES

TABLE OF CONTENTS

TABLA DE CONTENIDOS

Remerciements acknowledgments agradecimiento.....	3	Restauración de la Iglesia de San Pedro de Atacama.....	80
Présentation générale du Congrès	4	Conservation and rehabilitation planning for Kasbah Taourirt, Morocco	84
General presentation of the congress.....	4	Buddha and the Mountain Gods: Conservation in the Himalayas	89
La Déclaration de Lyon.....	14	Revoques para la conservación de obras arqueológicas de tierra en México.....	94
The Lyon Declaration.....	15	Conservación de estructuras de adobe y pinturas murales en el Palacio	
La Declaración de Lyon	16	Inca de Tambo Colorado.....	99
Recommandations.....	17	Review of earthen material consolidation with ethyl silicate	104
Recommendations.....	19	Le patrimoine archéologique en terre au Mali.....	108
Recomendaciones.....	21	Enjeux de formation pour les sites archéologiques en terre.....	113
Repères historiques de l'architecture en terre, à Lyon et en France, de l'Antiquité à nos jours	23	Le rôle de l'archéologie dans la patrimonialisation de l'architecture islandaise en tourbe.....	118
THÈME / THEME / TEMA 1		Conservation et mise en valeur de la forteresse d'Ikaros au Koweït.....	123
INVENTAIRES ET ÉTUDES DES PATRIMOINES / HERITAGE		Formulación de morteros de inyección de tierra.....	128
INVENTORIES AND STUDIES / ESTUDIOS DE PATRIMONIO E		Productos orgánicos para la conservación de pintura mural	133
INVENTARIO PATRIMONIAL	30	Conservation of Buddhist wall paintings with traditional materials.....	138
Architecture en terre chez les Buwa du Mali		Fête des métiers : les enduits décoratifs au Niger	144
Inventaire et étude d'une architecture vernaculaire exceptionnelle	32	THÈME / THEME / TEMA 3	
El patrimonio de tierra en monforte de lemos.....	37	CULTURE ET DÉVELOPPEMENT LOCAL / LOCAL CULTURE AND	
Heritage and Values in Earthen Cultural Landscapes.....	42	DEVELOPMENT / CULTURA Y DESARROLLO LOCAL	150
El tabique-adobillo, una técnica sismorresistente de Valparaíso.....	47	Culturas constructivas en tensión (provincia de Jujuy, Argentina).....	152
Atlas Tierra Argentina. Técnicas y procesos constructivos	52	Challenging Negative Irish Attitudes to Earth Building	157
Southwestern Saudi Arabia Earthen Construction Technologies	57	Cultures constructives locales et réduction des vulnérabilités	162
La restauración de la arquitectura militar de tapia en Andalucía, España (1980-2011).....	63	The Sardinian clay building tradition and urban transformations: a possible regeneration	167
Élaboration d'un lexique amazighe-arabe-français de l'architecture en terre des vallées présahariennes du Maroc.....	68	Viviendo de la arquitectura de tierra.....	174
L'habitat troglodytique de Chaâbet Chemleli : Une architecture de terre face aux limites d'adaptation.....	73	THÈME / THEME / TEMA 4	
THÈME / THEME / TEMA 2		RECHERCHE, EXPÉRIMENTATION, INNOVATION / RESEARCH,	
CONSERVATION ET GESTION DU PATRIMOINE / HERITAGE		EXPERIMENTATION, INNOVATION / INVESTIGACIÓN,	
CONSERVATION AND MANAGEMENT / CONSERVACIÓN Y GESTIÓN		EXPERIMENTACIÓN, INNOVACIÓN	178
DEL PATRIMONIO	78	Should raw earth be improved? An environmental assessment.....	180
		27 years of applied research at AVEI.....	183
		How the scientific collaboration of engineers and architects on local	

building cultures can make a vital breakthrough	188
Consolidation of burned earthen plaster, Grat Be´al Gebri, Ethiopia.....	192
Stabilisation de la terre avec des molécules naturelles	198
Rammed earth materials: concrete or not concrete?	204
Environmental-Clay-based Concrete.....	208
Revestimiento de fibras vegetales en sistemas de aislamiento de tapia.....	213
Hygroscopic natural materials versus mechanical ventilation	218
A model of the hygrothermal behavior of rammed earth.....	222
A preliminary proposal for a procedure to design a rope mesh reinforcement system for adobe buildings located in seismic areas	225
Traditional seismic retrofitting techniques	230
Codes and Rules for Earth Building Materials in Germany	234

THÈME / THEME / TEMA 5

NOUVELLES DYNAMIQUES / NEW DYNAMICS / NUEVAS DINÁMICAS 238

Localization Study, Demonstration and Extension of Upgraded Rammed-earth Technology in Rural China.....	240
The impact of natural building in North America since 1994.....	246
Light earth building	253
Building With and For the People: Earth architecture as a catalyst for development.....	258
Réhabiliter le pisé : au-delà de l'objet bâti Réflexions autour d'un premier terrain ethnographique en Isère.....	262
Portuguese contemporary rammed earth on the works of Teresa Beirão (1954-2015).....	267
La conservación preventiva en tierra en el sur del Ecuador.....	272
The contemporary vernacular house, an exercise in awareness	277
Revitaliser l'immatériel en agissant sur le bâti.....	283

THÈME / THEME / TEMA 6

TRANSFERT DES CONNAISSANCES ET RENFORCEMENT DES CAPACITÉS / KNOWLEDGE TRANSFER AND CAPACITY BUILDING / TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS Y CAPACITACIÓN REFORZADA ... 288

Recherche et culture scientifique : la terre, source d'inspiration.....	290
---	-----

Alrededor de la tierra, reconstruir las consciencias	295
Capacitación en construcción sismorresistente con adobe	300
Stratégie algérienne pour la promotion des architectures de terre.....	305
L'innovation pédagogique pour construire durable : le projet amàco	310
Rammed Earth Standard: From 15 country region to continental acceptance	316
Maison Suindara, formation et production sur un chantier-école au Brésil.....	319
Lincolnshire mud and stud: the impact of grass root networks on the perception of architectural heritage.....	324
Stratégies de renforcement de capacités en Afrique, 1985-2016.....	329
Education in sustainable earth building – Experiences of the Dachverband Lehm e. V. (DVL), Germany in national and international co-operation	334
Transferencia tecnológica para la vivienda alto-andina	339
Le référentiel de compétences pour enseigner la terre	345

ANNEXES 351

BIOGRAPHIES DES CONFÉRENCIERS / BIOS OF AUTHORS / BIOS DE LOS AUTORES..... 351

Comité consultatif / Steering committee / Comité consultivo.....	359
Comité d'organisation / Organising committee / Comité organizador.....	359
Partenaires / Partners / Socios.....	360
Conseil scientifique / Scientific council / Consejo científico	362
Le congrès mondial TERRA 2016 en quelques chiffres	363
Crédits / credits / créditos	364



LA DÉCLARATION DE LYON

La terre a été, est et restera l'un des principaux matériaux employés par l'homme pour construire son habitat et façonner son environnement.

L'architecture de terre est l'une des plus puissantes expressions de la capacité humaine à créer des environnements bâtis à partir de ressources locales. Beaucoup des grandes civilisations à travers le monde ont prospéré en élaborant des architectures de terre sophistiquées qui comprennent des paysages culturels et établissements urbains riches et variés. Selon les statistiques récentes des Nations Unies, au moins un quart de la population mondiale vit dans des habitations en terre, et plus de 180 sites inscrits au Patrimoine Mondial de l'UNESCO comportent des éléments en terre. Les catastrophes naturelles, les conflits sociaux, l'industrialisation, l'explosion urbaine et la mondialisation de modèles et de normes pour la conception et la construction de logements sont autant de facteurs contribuant à la disparition des connaissances traditionnelles et des pratiques socio-culturelles en lien avec la construction et l'entretien des architectures de terre.

Pourtant, l'importance et le potentiel des architectures de terre sont connus et reconnus. Les recherches récentes confirment l'intérêt d'employer la terre comme matériau de construction. C'est une ressource renouvelable qui offre un potentiel structurel et thermique intéressant pour produire différentes composantes de l'environnement bâti, comprenant l'aménagement paysager, l'architecture et la création d'œuvres artistiques.

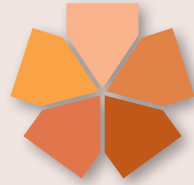
Aujourd'hui, la poursuite et le renouvellement de l'emploi de la terre comme matériau de construction sont de plus en plus encouragés par les décideurs et les professionnels. En effet, l'architecture de terre est à même d'offrir des réponses aux défis majeurs auxquels notre planète fait face aujourd'hui, tels que décrits dans les Objectifs de Développement Durable de l'Agenda 2030 des Nations Unies. Elle présente un fort potentiel pour l'amélioration de la qualité de vie et l'accès à des logements convenables pour tous. Vecteur de création d'emploi, elle favorise le développement économique, les continuités et la diversité culturelle, ainsi que la cohésion sociale et la consolidation de la paix. Elle contribue aussi à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, ce qui permet d'atténuer les risques liés au changement climatique.

La nature locale de la terre, des matériaux et de l'architecture qui

en résulte sous-tend la nécessité de bien comprendre leurs histoires, formes et fonctions, durabilité et cycle de vie, de façon à reconnaître leurs multiples valeurs et ainsi mieux utiliser leurs potentiels. De plus, cette diversité des matières premières offre aussi des opportunités pour le développement de nouveaux matériaux et systèmes constructifs. Que ce soit pour concevoir de nouveaux systèmes ou pour préserver ceux qui existent, il demeure essentiel que ces innovations soient maîtrisables par les acteurs locaux et qu'elles répondent aux besoins et contraintes en matière de construction, d'utilisation et d'ambiance de l'habitat pour proposer une architecture qui relie de façon effective les personnes et leurs territoires.

Pour cela, il est important de reconnaître qu'il n'existe pas de solution globale, de technologies, ou encore de modèles pouvant simplement être transposés d'un contexte à un autre. Le patrimoine en terre et les traditions vernaculaires constituent une source importante de connaissances pour la conception de solutions situées pertinentes. Les dynamiques identifiées entre les données archéologiques et historiques, les pratiques culturelles et les nouvelles technologies peuvent inspirer l'innovation et structurer les interventions afin qu'elles soient adaptées à des environnements naturels, culturels, sociaux, économiques et de gouvernance divers et à leurs évolutions souhaitables.

Le développement des architectures de terre et de leur potentiel dépend des efforts collectifs visant à rassembler les intérêts des différentes parties prenantes qui doivent collaborer dans tout processus de construction. Ces dynamiques collectives sont essentielles pour que l'architecture de terre puisse effectivement contribuer à un développement durable. Ceci passe aussi par une meilleure caractérisation et la définition de codes ou normes de construction et dans des programmes de formation qui légitiment et permettent une continuité des cultures constructives associées, et garantissent le droit de construire en terre pour tous vers plus de confiance, de dignité et de résilience des individus et des communautés dans leurs territoires.



THE LYON DECLARATION

Earth has been, is, and will be one of the major materials used by humankind to build its habitat and shape its environment.

Earthen architecture is one of the most powerful expressions of the human capacity to create built environments with local resources. Numerous major civilizations around the world have flourished producing refined earthen architecture that comprises rich and varied cultural landscapes and urban settlements. Based on recent UN statistics, at least one quarter of the world's population lives in earthen dwellings, and more than 180 UNESCO World Heritage Sites incorporate earthen elements.

Natural disasters, social conflicts, industrialisation, increased urbanisation, and globalised models and standards of building in housing design and construction contribute to the disappearance of traditional knowledge and social-cultural practices in the building and maintenance of earthen architecture.

Nonetheless, the significance and potential of earthen architecture are known and recognised. Recent research confirms the advantages of earth as a building material. It is a renewable resource with structural and thermal properties applicable to various elements of the built environment, including landscaping, architecture, and artistic works.

Today, there is growing support for the continued and renewed use of earth on the part of practitioners and policymakers. Earthen architecture confronts some of the essential challenges of our world today as outlined in the United Nations 2030 Agenda for Sustainable Development. It can contribute to enhanced quality of life and access to adequate housing for all, job creation and economic opportunity, cultural continuity and diversity, social cohesion and peace-building. It also contributes to the reduction of greenhouse gas emissions, thereby mitigating the risks of climate change.

Yet, the local nature of earth, earthen materials, and thus earthen architecture, underscores the need to understand

their varied histories, values, life-cycle properties, durability, forms, and functions so as to maximise their potential. Additionally, this diversity of raw materials offers many opportunities for developing new earthen building products. Whether developing new building systems or preserving existing ones, designing architecture that effectively connects people and their places requires fitting to the capacities of local actors and actually addressing the needs and constraints, use and ambiance produced.

In that respect, it is important to recognise that there are no global solutions, no technologies nor models that can simply be exported from one context to another. Earthen heritage and vernacular traditions remain an important source of knowledge and serve as a foundation for relevant localised solutions. Establishing links between archaeological data, historical information, cultural practices, and new technologies can inspire innovation and ensure that interventions are adapted to diverse environments (natural, cultural, social, and economic, governance) and to communities' expectations.

This valorisation of the potential of earthen architecture can best be achieved through collective action that unites common interests of the complementary actors who are part of the construction process. Such dynamics are essential to promoting the role of earthen architecture in a sustainable and evolving built environment. This also requires concerted effort towards better characterisation and further inclusion in building codes and standards as well as in educational programmes, so as to legitimise the range and continuity of earthen building cultures and enhance their potential. This will ensure the right to build with earth, providing benefits towards cultural confidence, dignity, and the resilience of people and their communities..



LA DECLARACIÓN DE LYON

La tierra ha sido, es, y seguirá siendo uno de los mayores materiales usados por el hombre, para construir su hábitat y darle forma a su entorno.

La arquitectura de tierra es una de las más poderosas expresiones de la capacidad humana para crear ambientes construidos con recursos disponibles localmente. Muchas de las más grandes civilizaciones, alrededor del mundo han florecido desarrollando arquitecturas de tierra sofisticadas que caracterizan ricos y variados paisajes culturales y urbanos. Basado en las recientes estadísticas de las Naciones Unidas, al menos un cuarto de la población mundial vive en construcciones con tierra, y más de 180 sitios inscritos en el Patrimonio Mundial de la UNESCO incorporan elementos de tierra.

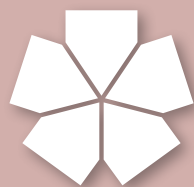
Los desastres naturales, los conflictos sociales, la industrialización, la urbanización creciente y la globalización de modelos y de normas para la concepción y la construcción de viviendas, son factores que contribuyen a la desaparición de los conocimientos tradicionales y de las prácticas socio-culturales relacionadas con la construcción y el mantenimiento de las arquitecturas de tierra. Sin embargo, la importancia y el potencial de las arquitecturas de tierra son conocidos y reconocidos. Las investigaciones recientes confirman las ventajas de usar la tierra como material de construcción. Es un recurso renovable que ofrece un potencial estructural y térmico interesante para producir diversos componentes del entorno construido, incluyendo el paisajismo, la arquitectura y la creación de obras artísticas.

Hoy en día, el seguimiento y la renovación del uso de la tierra como material de construcción son cada vez más alentados por parte de los profesionales y de los que toman las decisiones. De hecho, la arquitectura de tierra es capaz de dar respuestas a los mayores desafíos que nuestro planeta enfrenta hoy en día, como se describe en los Objetivos de Desarrollo Sustentable de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. Tiene un gran potencial para mejorar la calidad de vida y el acceso a una vivienda adecuada para todas y todos. Vector de creación de empleo, favorece la dedicación económica, las continuidades y la diversidad cultural, así como la cohesión social y la consolidación de la paz. También contribuye a la reducción de las emisiones de gases a efecto invernadero, mitigando así los riesgos relacionados al cambio climático.

Los componentes locales de la tierra y por ende de los materiales y de las arquitecturas resultantes de su uso, subyace la necesidad de comprender bien sus historias, formas y funciones, durabilidad y ciclo de vida con el fin de reconocer sus múltiples valores, y así aprovechar mejor sus potenciales. Esta diversidad de materias primas ofrece también oportunidades para el desarrollo de nuevos materiales y sistemas constructivos. Que sea para concebir nuevos sistemas o para preservar los que ya existen, es esencial que estas innovaciones sean manejables por los actores locales y que satisfagan las necesidades y limitaciones en torno a la construcción, al uso y al ambiente del hábitat para proponer una arquitectura que conecta de forma efectiva las personas con sus territorios.

Para ello, es importante reconocer que no existe ninguna solución global, ni tecnologías, ni modelos que puedan exportarse sencillamente de un contexto a otro. El patrimonio en tierra y las tradiciones vernáculas constituyen una fuente importante de conocimientos para el diseño de las soluciones pertinentes. Las dinámicas identificadas entre los datos arqueológicos e históricos, las prácticas culturales y las nuevas tecnologías pueden inspirar la innovación y estructurar las intervenciones para que sean adaptadas a entornos naturales, culturales, sociales, económicos y de gobernanza diversa y a sus evoluciones deseables.

El desarrollo de arquitecturas de tierra y de su potencial depende de los esfuerzos colectivos que aspiran a reunir los intereses de los diferentes actores que necesitan colaborar en cualquier proceso de construcción. Estas dinámicas colectivas son esenciales para que la arquitectura de tierra pueda contribuir efectivamente a un desarrollo sostenible. También se trata de una mejor caracterización y la definición de códigos o normas de construcción y de programas de formación que dan legitimidad y permitan una continuidad de las culturas constructivas asociadas, y garantizan el derecho de construir con tierra para todas y todos hacia más confianza, más dignidad y más resiliencia de las personas y de las comunidades en sus territorios.



RECOMMANDATIONS

1. RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES

- Comprendre les dimensions physiques, sociales, économiques et culturelles de l'architecture de terre en tant qu'éléments déterminants du paysage et, au-delà, de l'aménagement du territoire;
- Adapter les technologies de construction en terre aux nouvelles réalités socio-économiques et à l'évolution des conditions de production;
- Permettre aux collectivités locales de devenir moteurs dans la prise de décision contextualisée;
- Encourager les professionnels à établir des liens entre les réflexions menées au niveau global et les actions entreprises au niveau local afin de permettre l'évolution de l'architecture de terre;
- Promouvoir et faciliter les approches et les collaborations multidisciplinaires et interdisciplinaires;
- Prioriser les initiatives en lien avec la préparation aux catastrophes, la prévention et l'adaptation au changement climatique pour renforcer la résilience des populations face aux risques.

2. ORIENTATIONS POLITIQUES

- Appeler les décideurs à élaborer des politiques publiques et des instruments juridiques pour assurer la protection des patrimoines architecturaux en terre et de leurs paysages et biens culturels immatériels associés;
- Soutenir les décideurs politiques dans l'élaboration de politiques de préservation qui éduquent et encouragent les populations, les sensibilisant aux valeurs du patrimoine culturel local;
- Élaborer des stratégies pour soutenir (techniquement, socialement et financièrement) les propriétaires de biens patrimoniaux, en particulier dans des contextes de gentrification des quartiers historiques;
- Impliquer les experts en conservation du patrimoine dans l'examen des codes du bâtiment et la délivrance de permis de construction dans les zones culturelles désignées et protégées;
- Établir des systèmes de contrôle gouvernementaux avec les professionnels de l'écotourisme pour développer et réglementer des formes de tourisme durables et raisonnées;
- Promouvoir l'utilisation et la conservation des architectures de terre grâce aux outils de la planification urbaine.

3. RECHERCHE

- Mener une réflexion sur le développement et la mise en place d'inventaires de travaux de recherche afin d'améliorer leur efficacité et de minimiser les répétitions d'efforts inutiles;
- Développer l'étude scientifique des cultures vernaculaires des architectures en terre, leur intelligence constructive, leur comportement structurel, leur logique socio-économique et leurs performances environnementales;
- Élaborer des modèles pour simuler le comportement hygrothermique des matériaux de terre pour une meilleure évaluation de la performance thermique globale des bâtiments en terre;
- Encourager la recherche visant à améliorer la résistance des structures en terre, plus spécifiquement dans le but d'atténuer les effets associés aux risques naturels comme les tremblements de terre, les cyclones, les inondations...
- Encourager et soutenir les recherches émergentes sur la stabilisation organique;
- Développer des matériaux avec un fort potentiel d'isolation thermique ou des moyens d'isolation combinant le matériau terre avec d'autres matériaux écologiques;
- Envisager la recherche dans une optique plus large afin de favoriser l'interaction entre chercheurs et praticiens, y compris dans le secteur privé;
- Lier les analyses en laboratoire avec des tests de terrain simples pour rationaliser l'application et l'adaptation du matériau terre à la diversité des lieux et des contextes économiques;
- Favoriser la publication de travaux de recherche sous la forme d'articles évalués par les pairs dans divers domaines afin d'améliorer la collaboration et l'apprentissage interdisciplinaires;
- Étendre la diffusion des résultats de recherche de qualité à des publics plus larges.

4. PROJETS

- Concevoir et mettre en oeuvre des projets tenant compte des objectifs socio-culturels, environnementaux et économiques, ainsi que des besoins et des attentes au niveau local, tout en veillant à la bonne adaptation des projets au contexte contemporain;

- Développer des projets de démonstration, des principes directeurs, des approches méthodologiques et des ouvrages techniques dans le but d'encourager la mise en oeuvre de programmes de logement abordables, mettant à profit les cultures de construction locales;
- Encourager la mise en application de pratiques et de savoir-faire traditionnels dans des projets de construction de bâtiments publics de petite taille;
- Développer des projets de démonstration valorisant le potentiel de conformité des structures en terre aux normes de sécurité et exigences des codes de construction;
- Etre clair en ce qui concerne la dénomination des modes, des techniques et des matériaux mis en oeuvre dans les projets de construction en terre, veillant à ce que ces informations soient ouvertement mises à disposition;
- Réhabiliter, si possible, les anciennes constructions abandonnées plutôt que d'en construire de nouvelles;
- Envisager une réflexion sur les besoins existants / les travaux à effectuer en matière de conservation, parallèlement à la recherche archéologique;
- Développer une collaboration plus efficace entre les parties prenantes, les collectivités et les professionnels locaux dans toutes les actions et projets prévus, de la conception au suivi après livraison, en passant par la mise en oeuvre;
- Encourager la collaboration régionale entre experts et artisans afin de renforcer les compétences de chacun, partager les bonnes pratiques et définir des cadres communs pour l'élaboration et la mise en oeuvre de projets.

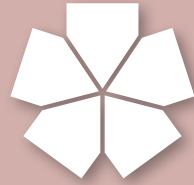
5. TRANSFERT DE CONNAISSANCES / SENSIBILISATION

- Faciliter la mise à disposition de formations techniques et de connaissances holistiques relatives à l'architecture de terre dans les universités et autres centres d'apprentissage, ainsi qu'au sein de la société civile;
- Favoriser le transfert de connaissances et le partage d'expériences qui rassemble les générations autour d'une tradition de formation sur le terrain (apprentissage par la pratique) en équilibre entre la théorie et la pratique;
- Développer des outils de formation facilement accessibles adaptés aux publics cibles, en partenariat avec les acteurs locaux (collectivité et professionnels);
- Augmenter le contenu de l'enseignement en tenant compte des échelles micro et macro: règles, normes, considérations d'ordre environnemental, développement économique, commercial et stratégique;
- Développer la formation en capitalisant sur les nombreux outils pédagogiques et d'évaluation existants;
- Accréditer des standards de formation et convaincre les autorités de leur pertinence;
- Créer et renforcer les réseaux locaux et nationaux (éducation, secteur privé et société civile) pour répondre à une demande croissante en matière de formation (à la fois pour la conservation et la construction);
- Proposer des activités pédagogiques et de sensibilisation à l'intention des décideurs, des artisans et des apprentis (futurs arti-

- sans et professionnels);
- Consolider le partage d'expériences au travers de colloques, séminaires, projets sur le terrain, festivals, etc.
- Éduquer les enfants sur les opportunités offertes par la terre en matière de construction durable;
- Promouvoir des actions de sensibilisation et de transfert de connaissances dans les musées par la mise en place d'expositions temporaires, permanentes et thématiques;
- Faire la couverture médiatique des prix nationaux et internationaux afin d'amplifier la reconnaissance de l'architecture en terre.

6. ENGAGEMENT INSTITUTIONNEL

- Encourager une meilleure coordination des questions en lien avec l'architecture de terre au sein des organisations des Nations Unies qui travaillent autour de thématiques similaires, dans le cadre des objectifs de développement durable (Agenda 2030);
- Demander à l'UNESCO de s'engager à étendre son Programme du patrimoine mondial pour l'architecture de terre (WHEAP) afin de maximiser son impact, plus particulièrement dans les régions où le patrimoine de terre est menacé;
- Raviver les partenariats et les synergies entre institutions internationales (ONU-Habitat, UNHCR, FICR, PNUE, PNUD, OIT, UNESCO, ICCROM, ICOMOS, GCI, WMF...) dans le but de faciliter la diffusion d'informations importantes sur l'architecture en terre;
- Exhorter les institutions internationales à engager et à soutenir des initiatives régionales et locales dans le but de prévenir la perte du patrimoine, renforcer l'action pédagogique et mettre en place des politiques pour promouvoir l'emploi de la terre pour la construction;
- Promouvoir l'architecture de terre comme réponse viable par rapport aux besoins des populations les plus démunies et vulnérables, fournir des logements pour tous et réussir une urbanisation durable;
- Diffuser les résultats pertinents du Congrès mondial Terra 2016 à l'occasion de l'Assemblée générale de l'ICOMOS de 2017 et durant les événements internationaux à venir en lien avec le patrimoine culturel, le logement et le développement urbain.



RECOMMENDATIONS

1. GENERAL RECOMMENDATIONS

- Understand the physical, social, economic and cultural dimensions of earthen architecture as an integral aspect of landscape construction and, further, of town and country planning;
- Adapt earth building technologies to new socio-economic realities and evolving production conditions;
- Empower local communities to become the driving force behind place-based decision-making;
- Encourage professionals to establish links between reflections emerging globally and actions implemented locally, thus enabling the evolution of earthen architecture;
- Promote and facilitate multidisciplinary and interdisciplinary approaches and collaboration;
- Prioritise risk preparedness, prevention and climate change adaptation initiatives so as to increase the resilience of populations facing risks.

2. POLICY

- Appeal to decision-makers to develop effective public policies and legal instruments for protecting earthen architectural heritages and their associated landscapes and intangible cultural assets;
- Support policy-makers in the development of preservation policies that educate and encourage local populations, sensitising them to the values of cultural heritage;
- Develop strategies to support (technically, socially and economically) heritage asset owners, in particular in contexts of gentrification of historical neighbourhoods;
- Integrate experts in the field of heritage conservation in reviewing building codes and issuance of building permits in designated and protected cultural areas;
- Establish government control systems in partnership with eco-tourism operators to develop and regulate sustainable and reasoned forms of tourism;
- Promote the use and conservation of earthen architecture through urban planning tools.

3. RESEARCH

- Expand reflection on the development and implementation of research works' inventories to improve their effectiveness and minimise replication of efforts;
- Develop the scientific analysis of the vernacular cultures of earthen architectures, their intelligence, structural behaviour, socio-economic logic and environmental performance;
- Develop models to simulate the hygrothermal behaviour of earth based materials for a better assessment of the overall thermal performance of earthen buildings;
- Foster research towards improving the resistance of earthen structures, more specifically towards mitigating the effects of natural hazards, such as earthquakes, hurricanes, flooding...
- Encourage and support emerging research on organic stabilisation;
- Develop materials with high potential for thermal insulation or means of insulation combining earth-based materials with other bio-based materials;
- Address research through a broader lens to foster interaction between researchers and practitioners, also in the private sector;
- Connect laboratory analysis to simple field tests to streamline the application and adaptation of earthen materials to the diversity of physical and to economic contexts;
- Encourage the publication of earthen architecture research and studies in peer-reviewed journals in various fields, to enhance interdisciplinary collaboration and learning;
- Extend the dissemination of quality research results to a wider public.

4. PROJECTS

- Design and implement projects taking into account socio-cultural, environmental and economic agendas, as well as local needs and expectations, while ensuring the proper adaptation of projects to contemporary demands;
- Develop demonstration projects, guiding principles, methodological approaches and technical guides to promote affordable housing programmes taking advantage of local building cultures;

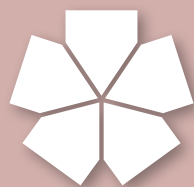
- Promote traditional building practices and skills in the construction of small scale public buildings;
- Implement demonstration projects to highlight the potential of earthen structures in compliance with safety standards and building codes requirements;
- Be clear in the denomination of the modes, techniques, and materials linked to earthen construction, making sure that all related useful data remains openly available;
- Rehabilitate old abandoned structures instead of building new structures, whenever possible;
- Consider a reflection on conservation needs / future works, alongside archaeological research;
- Develop more efficient collaboration between stakeholders, communities and local professional actors in all planned actions and projects, at all levels – design, implementation and follow-up;
- Encourage regional collaboration among experts and artisans to reinforce skills, share best practices and develop common frameworks leading to the development and implementation of projects.

5. KNOWLEDGE TRANSFER / AWARENESS

- Facilitate the inclusion of technical training and holistic knowledge related to earthen architecture in universities and other learning centres, as well as within the civil society;
- Foster the transfer of knowledge and sharing of experiences, bringing together different generations through on-site training traditions (learning by doing), balancing theory and practice;
- Develop easily accessible training tools that are adapted to target audiences, in partnership with local stakeholders (local communities and professionals);
- Broaden teaching contents by considering micro and macro levels: laws, regulations and standards, environmental considerations, economy, business and strategy development;
- Develop training by capitalising on the numerous existing teaching and assessment tools;
- Accredite formal and recognised training standards, and convince authorities of their relevance;
- Create and strengthen local and national networking (educational, private sectors, civil society) to meet the growing demand for training (both in conservation and building);
- Provide sensitisation and educational activities to policy-makers, artisans and apprentices (i.e. future craftsmen and professionals);
- Consolidate the sharing of experiences through colloquiums, seminars, field projects, festivals, etc.;
- Educate children on the potential of earth materials as part of sustainable building practices;
- Promote awareness and transfer of knowledge activities in museums through permanent and temporary exhibitions;
- Ensure media coverage of national and international awards to increase the recognition of earthen architecture.

6. INSTITUTIONAL COMMITMENT

- Encourage a better coordination of earthen architecture related issues within UN organisations dealing with similar subjects, in the framework of sustainable development goals (2030 Agenda);
- Seek UNESCO's commitment to extend its World Heritage Earthen Architectural Programme (WHEAP) so as to maximise its impact, more specifically in regions where heritage is at risk;
- Revive partnerships and synergies among international institutions (UN Habitat, UNHCR, IFRC, UNEP, UNDP, ILO, UNESCO, ICCROM, ICOMOS, GCI, WMF...) to facilitate the dissemination of important information on earthen architecture;
- Demand international institutions to reinforce and engage in regional and local efforts, to prevent loss of heritage, improve education and implement policies to promote the use of earth in building;
- Promote earthen architecture to address the needs of poor and vulnerable populations, to provide housing for all and achieve a sustainable urbanisation processes;
- Communicate the relevant conclusions of the Terra 2016 World Congress at the 2017 ICOMOS General Assembly and at forthcoming international events relating to immovable cultural heritage, housing, and urban development.



RECOMENDACIONES

1. RECOMENDACIONES GENERALES

- Comprender las dimensiones físicas, sociales, económicas y culturales de la arquitectura de tierra como factores determinantes del paisaje y, más allá, del acondicionamiento territorial;
- Adaptar las tecnologías de la construcción con tierra a las nuevas realidades socio-económicas y a la evolución de las condiciones de producción;
- Conceder a las comunidades locales el manejo de tomas de decisión contextualizadas;
- Invitar a profesionales a establecer vínculos entre las reflexiones llevadas a cabo a nivel mundial y las acciones implementadas a niveles locales, permitiendo así la evolución de la arquitectura de la tierra;
- Promover y facilitar los enfoques y las colaboraciones multidisciplinarios e interdisciplinarios;
- Priorizar las iniciativas en relación con la preparación ante los desastres, la prevención y la adaptación al cambio climático para fortalecer la resiliencia de las poblaciones frente a los riesgos.

2. ORIENTACIONES POLÍTICAS

- Apelar a los responsables de las tomas de decisiones a diseñar políticas públicas e instrumentos legales que permitan asegurar la protección del patrimonio arquitectónico de tierra y sus paisajes y bienes culturales intangibles asociados;
- Apoyar a los responsables políticos en el desarrollo de políticas de conservación que eduquen y alienten a las poblaciones, sensibilizándolas a los valores del patrimonio cultural local;
- Desarrollar estrategias para apoyar (técnica, social y financieramente) a los propietarios de bienes patrimoniales, particularmente en contextos de gentrificación de barrios históricos;
- Involucrar a expertos en el área de la conservación del patrimonio en la revisión de códigos para la construcción y la emisión de permisos de construcción en zonas culturales designadas y protegidas;
- Establecer sistemas de control gubernamental involucrando a profesionales del ecoturismo para desarrollar y regular formas sostenibles y racionales de turismo;

- Promover el uso y la conservación de arquitecturas de tierra mediante el uso de herramientas de planificación urbana.

3. INVESTIGACIÓN

- Reflexionar acerca del desarrollo de inventarios de trabajos de investigación con el fin de mejorar su efectividad y de minimizar la repetición de esfuerzos;
- Desarrollar el estudio científico de las culturas vernáculas de las arquitecturas de tierra, su inteligencia constructiva, su comportamiento estructural, su lógica socioeconómica y su rendimiento ambiental;
- Elaborar modelos para simular el comportamiento higrotérmico de los materiales a base de tierra para mejorar la evaluación del rendimiento térmico global de las construcciones de tierra;
- Fomentar la investigación con el objetivo de reforzar la resistencia de las estructuras de tierra, específicamente para mitigar los efectos asociados con los riesgos naturales como los terremotos, ciclones, inundaciones, etc.
- Fomentar y apoyar las investigaciones emergentes sobre la estabilización orgánica;
- Desarrollar materiales con alto potencial de aislamiento térmico o formas de aislamiento que combinen a la tierra con otros materiales respetuosos del medio ambiente;
- Considerar la investigación desde una perspectiva más amplia y así reforzar la colaboración entre investigadores y profesionales, incluyendo al sector privado;
- Vincular el análisis en laboratorio y las pruebas de campo sencillas para racionalizar la aplicación y la adaptación de la tierra a la diversidad de contextos físicos y económicos;
- Promover la publicación de investigaciones científicas presentadas en artículos revisados por pares, en distintos campos del saber, para mejorar la colaboración y el aprendizaje interdisciplinarios;
- Aumentar la difusión resultados de investigación de calidad hacia un público más amplio.

4. PROYECTOS

- Diseñar e implementar proyectos, tomando en cuenta los objetivos socio-culturales, ambientales y económicos así como las

necesidades y expectativas a niveles locales, considerando la adaptación correcta de los proyectos al contexto contemporáneo;

- Producir proyectos de demostración, elaborar principios rectores, enfoques metodológicos y literatura técnica para fomentar la implementación de programas de vivienda asequible, sacando partido de las culturas constructivas locales;
- Fomentar el uso de prácticas y conocimientos tradicionales en pequeños proyectos de construcción pública;
- Desarrollar proyectos de demostración que destaquen el potencial de adecuación de las estructuras de tierra referente a las normas de seguridad y a los códigos de construcción;
- Optar por una designación clara de los modos, técnicas y materiales utilizados en los proyectos de construcción con tierra, asegurando que esta información se encuentre disponible de manera abierta;
- Rehabilitar, en lo posible, los antiguos edificios abandonados en lugar de construir nuevos;
- Reflexionar acerca de las necesidades existentes / los trabajos de conservación a efectuar, en paralelo con la investigación arqueológica;
- Desarrollar una colaboración más efectiva entre las partes interesadas locales, las comunidades y los profesionales en acciones y proyectos planificados, en todas sus etapas: diseño, implementación y seguimiento posterior;
- Fomentar la colaboración regional entre expertos y artesanos con el objetivo de fortalecer capacidades, compartir buenas prácticas y definir marcos comunes para el desarrollo y la implementación de proyectos.

5. TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS / CONCIENCIACIÓN

- Facilitar la formación técnica y el conocimiento holístico de la arquitectura de tierra en universidades y otros centros de aprendizaje, así como en la sociedad civil;
- Promover la transferencia de conocimientos y el intercambio de experiencias reuniendo a las generaciones en torno a una tradición de formación in situ (aprender haciendo) en equilibrio entre la teoría y la práctica;
- Desarrollar herramientas de capacitación de fácil acceso, adaptadas al público destinatario, en colaboración con los actores locales (comunidad y profesionales);
- Aumentar el contenido educativo, teniendo en cuenta las escalas micro y macro: reglas aplicables, normas, consideraciones medioambientales, desarrollo económico, comercial y estratégico;
- Desarrollar proyectos de capacitación mediante la capitalización de la abundancia de herramientas de enseñanza y evaluación existentes;
- Acreditar estándares para la formación y convencer a las autoridades de su pertinencia;
- Crear y fortalecer las redes locales y nacionales (educación, sector privado y sociedad civil) para satisfacer a las demandas crecientes de capacitación (tanto para la conservación como para la construcción);
- Ofrecer actividades educativas y de sensibilización a toma-

dores de decisiones, artesanos y aprendices (futuros artesanos y profesionales);

- Consolidar el intercambio de experiencias a través de coloquios, seminarios, proyectos sobre el terreno, festivales, etc.
- Educar a los jóvenes sobre las oportunidades que ofrece la tierra para la construcción sostenible;
- Promover actividades de concienciación y de transferencia de conocimientos en museos mediante la creación de exposiciones temporales, permanentes y temáticas;
- Dar a conocer a través de los medios de comunicación los premios nacionales e internacionales con el objetivo de mejorar el reconocimiento de la arquitectura de tierra.

6. COMPROMISO INSTITUCIONAL

- Mejorar la coordinación de cuestiones relacionadas con la arquitectura de tierra por las organizaciones de las Naciones Unidas encargadas de temas similares, en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible (Agenda 2030);
- Solicitar a la UNESCO que se comprometa a extender su Programa del Patrimonio Mundial para la Arquitectura de Tierra (WHEAP) a fin de maximizar su impacto, especialmente en las zonas donde el patrimonio de tierra está amenazado;
- Reactivar colaboraciones y sinergias entre entidades internacionales (ONU-Hábitat, ACNUR, FICR, PNUMA, PNUD, OIT, UNESCO, ICCROM, ICOMOS, GCI, WMF...) con el fin de facilitar la difusión de información importante referente a la arquitectura de tierra;
- Instar a las instituciones internacionales a que participen y apoyen a iniciativas regionales y locales para evitar la pérdida del patrimonio, fortalecer las acciones educativas y establecer políticas para promover el uso de la tierra en la construcción;
- Promover la arquitectura de tierra como respuesta viable a las necesidades de las poblaciones más desfavorecidas y vulnerables, proporcionar viviendas para todos y lograr una urbanización sostenible;
- Difundir los resultados relevantes del Congreso Mundial Terra 2016 en el marco de la Asamblea General 2017 de ICOMOS y durante los eventos internacionales futuros relacionados con el patrimonio cultural, la vivienda y el desarrollo urbano.

REPÈRES HISTORIQUES DE L'ARCHITECTURE EN TERRE, À LYON ET EN FRANCE, DE L'ANTIQUITÉ À NOS JOURS¹

AUTEURS

Benjamin CLÉMENT, Hubert GUILLAUD, Anne-Sophie CLÉMENÇON, Emmanuel MILLE, Jean-Marie LE TIEC

1. L'ANTIQUITÉ À LYON

BENJAMIN CLÉMENT

L'emploi de la terre dans l'architecture, et plus particulièrement l'architecture domestique, est attesté sous des formes diverses dès la Préhistoire. Les recherches récentes effectuées notamment par Claire-Anne de Chazelles ont largement démontré la diversité des choix techniques, mais surtout l'omniprésence de ce matériau en Gaule pour les périodes antérieures à l'Antiquité. Concernant la Gaule romaine, l'introduction de la maçonnerie ne semble pas remettre en question l'emploi de la terre comme principal matériau de construction des maisons et bâtiments commerciaux dans les grandes villes et les domaines agricoles. Les techniques employées, aussi bien pour l'édification des murs, leur protection ou encore leur décoration sont nombreuses et Lyon constitue sans doute l'un des laboratoires les plus riches pour ce type d'analyse.

Durant la Préhistoire et la Protohistoire, la terre est d'abord employée sous la forme de torchis venant recouvrir les cloisons de bâtiment sur poteaux porteurs qui constituent l'ossature de l'édifice. Le matériau est généralement extrait directement sur le site de construction et travaillé avec de la matière végétale afin d'en améliorer la plasticité. Ces constructions sont le fruit d'un groupe familial et la transmission des savoir-faire se fait à l'intérieur d'un groupe social défini.

C'est véritablement à partir de la conquête romaine et de la fondation de la colonie de Lyon en 43 av. J.-C. qu'une industrie de la terre crue va voir le jour en Gaule. La demande en matériaux, dorénavant la brique de terre crue, est grande et les techniques s'uniformisent avec l'apparition d'équipes d'artisans spécialisés intervenant sur plusieurs chantiers de construction. De véritables carrières d'extraction de terre voient le jour dans et aux abords de la ville et la production est encadrée et rationalisée avec l'emploi de modules prédéfinis.

¹ Cet article est une contribution collective de cinq auteurs qui a fait l'objet d'une présentation inaugurale lors du congrès TERRA 2016. On doit le premier chapitre, L'Antiquité à Lyon, à Benjamin Clément, archéologue, Archeodunum, le deuxième chapitre, De l'Antiquité à la modernité, à Hubert Guillaud, architecte, CRAterre, le troisième chapitre, Le Pisé lyonnais, à Anne-Sophie Clément, historienne de l'architecture, de l'urbanisme et des formes urbaines, Université de Lyon, CNRS, site de l'ENS, le quatrième, L'inventaire participatif à Lyon, à Emmanuel Mille, architecte et ingénieur, le cinquième, L'architecture vernaculaire à Hubert Guillaud, et le sixième, L'architecture contemporaine à Jean-Marie Le Tiec, architecte, CRAterre.

Dans les premiers temps de la colonie, la terre est omniprésente et les murs des maisons coloniales et augustéennes sont édifiés en opus latericium, caractérisés par des élévations intégralement en briques de terre crue reposant sur des solins maçonnés d'une hauteur d'environ 1 m (fig. 1a). Les cloisons sont en revanche réalisées à l'aide de poteaux plantés ou de pans de bois hourdés de briques de terre crue ou de torchis (fig. 2). Il faut attendre le milieu du 1^{er} siècle apr. J.-C. pour voir réapparaître le bois comme principal matériau de construction. Les maisons vont être édifiées en opus craticium, défini par des solins² maçonnés qui supportent une élévation à pans de bois (colombage) hourdés d'adobes (fig. 1b). Les bâtiments économiques font quant à eux appel à une architecture où la charpente est supportée par de larges poteaux reposant sur des bases maçonnées profondément ancrées dans le sol. Les murs et les cloisons sont également hourdés de briques crues et plus rarement de torchis. Ainsi, la terre est relayée au remplissage alors que c'est le bois qui va dorénavant supporter tout le poids de l'édifice. Cette évolution va permettre de monter plus facilement en hauteur, afin de ménager plusieurs étages en matériaux légers destinés à recevoir les habitats indépendants des grandes maisons (domus) et boutiques qui occupent le rez-de-chaussée.

La terre n'est pas uniquement cantonnée à la construction. Dans un souci d'isolation et d'étanchéité des maisons et de leur architecture en terre et bois, les artisans romains ont systématiquement appliqué des enduits sur les parois, littéralement du sol au plafond. Ces finitions qui font appel à des matériaux rigoureusement choisis pour leurs propriétés spécifiques répondent également à un besoin de confort et d'esthétique de la part des occupants, matérialisé par l'application de sol en briques, d'enduits peints, ou plus simplement d'un enduit à la chaux.

² Terme désignant en archéologie les soubassements maçonnés (en pierres, en briques cuites) des murs en terre crue.

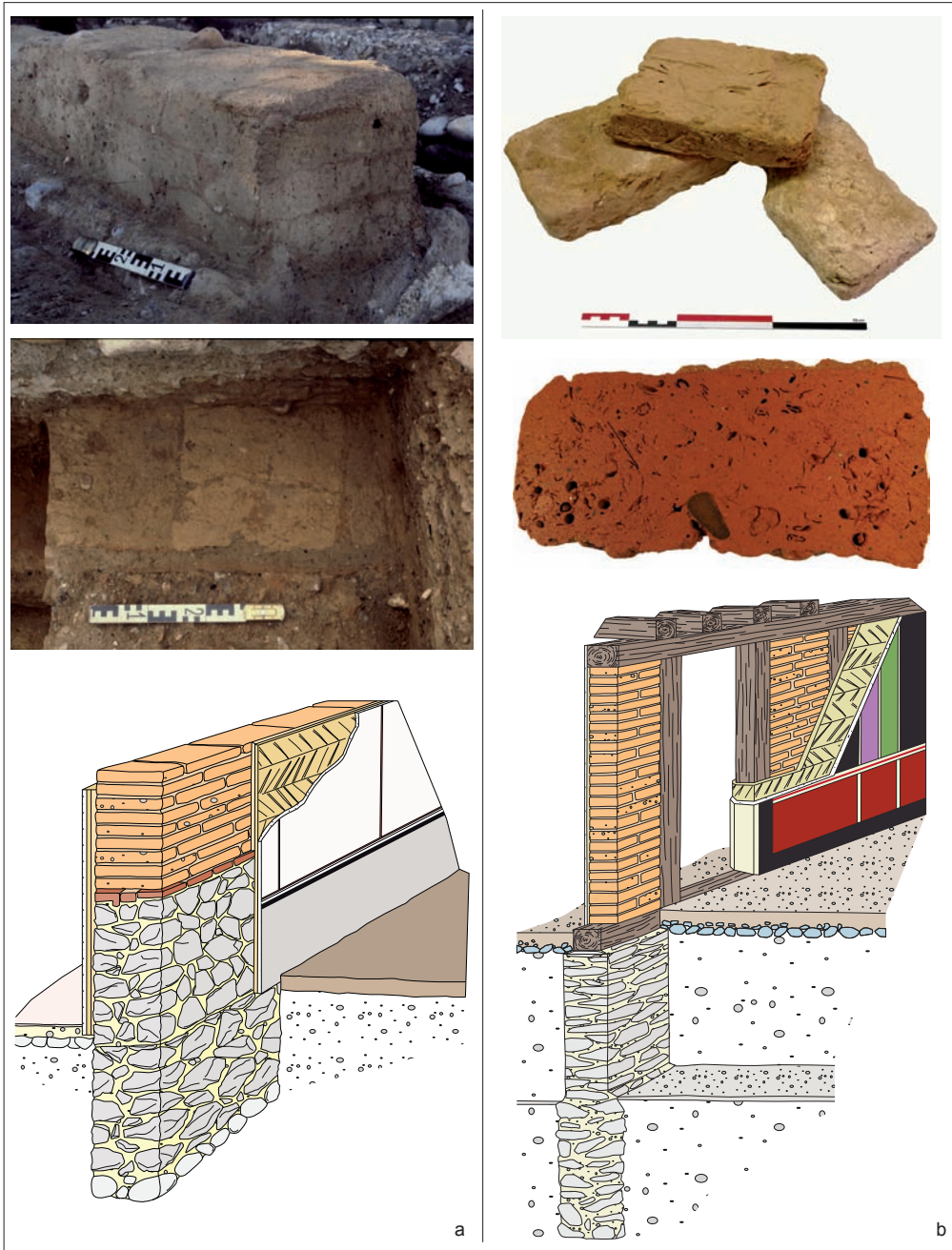


Fig. 1 Les briques crues de la colonie de Lyon : a, briques de type A associées à une architecture en *opus latericium*, photos : A. Desbat ; b, briques de type B associées à une architecture en *opus craticium*, DAO : B. Clément

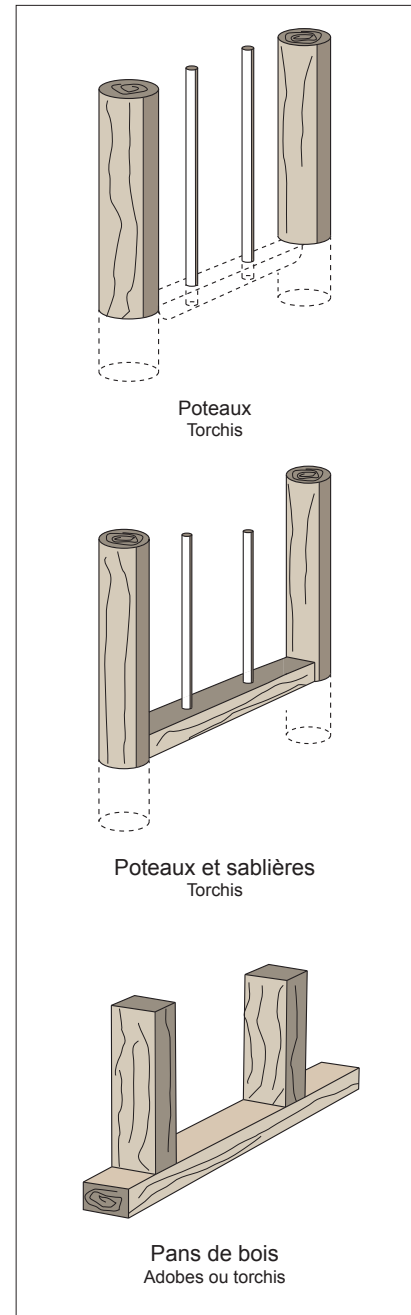


Fig. 2 Évolution des cloisons en terre et bois entre la période protohistorique et l'époque augustéenne, DAO : B. Clément

2. DE L'ANTIQUITÉ À LA MODERNITÉ

HUBERT GUILLAUD

L'architecture de terre de France a traversé les âges (Préhistoire, Antiquité, Moyen Age, Renaissance, Epoque moderne) pour connaître une phase décisive diffusant les savoirs et les savoir-faire portés à leur pleine maturité dans le paysage bâti populaire, rural et urbain, aux époques pré et post-révolutionnaires (fin des 18^e et 19^e siècles). C'est en effet sous l'impulsion du «Siècle des Lumières» et du rayonnement de la pensée des physiocrates, soucieux d'une amélioration des modes de vie dans les campagnes, que l'architecture de terre gagne ses lettres de noblesse. Cette époque voit la construction de plus grandes fermes à cours par des familles de fermiers laboureurs et éleveurs devenant peu à peu propriétaires de leur bien. Mais aussi avec l'édification d'un habitat ouvrier et d'immeubles urbains asso-

ciés à la Révolution industrielle, au développement de micro-industries de mécanique ou de tissage tel qu'en Rhône-Alpes et Auvergne. La deuxième moitié du 19^e siècle voit aussi la construction de nombreuses maisons et manoirs bourgeois qui témoignent de la maîtrise de l'art de bâtir en terre en résonance avec les cultures constructives régionales. François Cointeraux (1740-1830), architecte-bâisseur lyonnais, créateur d'une «Ecole d'Architecture Rurale », contribue par ses écrits et son prosélytisme enthousiaste à promouvoir un «nouveau pisé », à l'avènement d'une véritable modernité architecturale qui va fonder les bases d'une architecture de terre de qualité, solide, saine et durable et favoriser le rayonnement d'un savoir-faire français dans de nombreux pays grâce à une traduction multilingue de ses premier et deuxième « Cahiers d'école d'architecture rurale » qu'il édite en 1790-91. Il est publié dans plusieurs pays européens (Angleterre, Allemagne, Italie, Danemark, Suède et jusqu'en Russie, aux Etats Unis d'Amérique et en Australie). Ce pionnier établit il y

a déjà près de deux siècles les conditions d'un rayonnement culturel international d'un savoir construire en pisé que consigneront dès lors les grands traités de construction dont le fameux *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir* de Jean-Baptiste Rondelet (1812).

3. LE PISÉ LYONNAIS

ANNE-SOPHIE CLÉMENÇON

Lyon, une ville en terre ?

Entre 1981 et 1983, deux historiennes des formes urbaines, Dominique Bertin et Anne-Sophie Cléménçon, en collaboration avec l'ethnologue Domar Idrissi, réalisent le 1^{er} inventaire de l'architecture de terre de la métropole de Lyon. Il s'effectue dans le cadre de l'équipe de recherche de l'Institut d'histoire de l'art de l'Université Lyon 2, à la demande du centre de recherche CRAterre qui a répondu à un appel d'offre du Ministère de l'urbanisme sur François Cointeraux, théoricien du pisé de terre, en constituant quatre sous-équipes dont les thèmes sont complémentaires.

Parallèlement aux travaux sur Cointeraux, l'idée de l'équipe de Lyon 2 est de voir s'il n'y aurait pas une spécificité urbaine du pisé à Lyon et

Fig. 3 Façade arrière de l'immeuble en pisé de terre (visible et en briques sur la partie haute), 15 rue de l'Orangerie à Caluire et Cuire (Rhône), 1981. Existe toujours en 2016. A l'avant-plan les verrières des anciens ateliers. Photo : Anne-Sophie Cléménçon

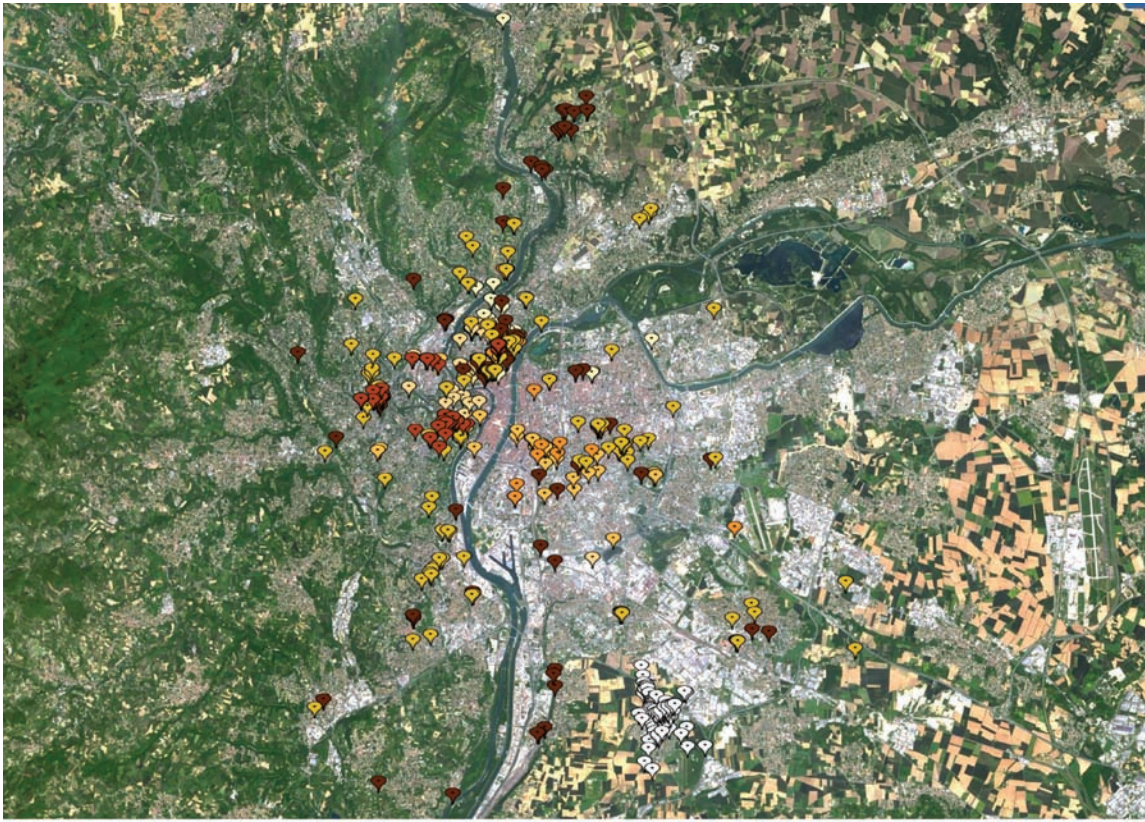


Fig. 4 Façade principale d'une maison individuelle en pisé de terre (visible au niveau du trumeau entre deux fenêtres), 23 rue de Cuire, Lyon (Rhône), 4^e arrondissement, quartier de la Croix-Rousse, 1981. Détruit. Photo : Anne-Sophie Cléménçon

d'investir le terrain. Trois axes de recherche complémentaires sont alors privilégiés : la recherche en archives, la mémoire orale et l'inventaire sur le terrain. Dans les archives, une requête directe sur le thème du pisé ne donne aucun résultat, mais des recherches indirectes et thématiques sont très riches. Elles renseignent sur l'ancienneté du pisé dans la ville, les techniques et matériaux, le débat des acteurs sur les qualités du pisé, l'interdiction de construire en terre suite aux inondations de 1856 qui ont détruit les maisons en pisé, et les règlements de voirie qui en sont l'instrument. L'approche ethnologique, à partir de témoignages d'anciens maçons, renseigne sur la chronologie du pisé (quand a-t-il cessé d'être utilisé ?), sur sa mise en œuvre (provenance de la terre, les outils, les ouvriers...), et sur la différence entre le pisé rural et le pisé urbain. Quant à l'inventaire sur le terrain, il donne beaucoup d'informations : typologie des bâtiments, leur longévité, leur état de conservation, les techniques utilisées. L'inventaire n'est pas systématique mais réalisé à partir de secteurs tests caractéristiques de zones urbaines (les 3^e, 4^e, 5^e, 6^e et 9^e arrondissements de Lyon), semi-urbaines (Caluire et Cuire, Tassin la Demi-Lune), et rurales (la route en direction de Grenoble).

Les conclusions de l'étude

Les conclusions les plus importantes remettent en cause de nombreuses idées reçues. Lyon ne s'est pas seulement bâti en pierres, mais est l'une des rares métropoles européennes construites en terre dans des proportions aussi importantes. La notion de « pisé urbain » est mise en évidence, en opposition avec le « pisé rural ». L'emploi de la terre n'est pas limité aux zones de banlieue en contact avec la culture rurale puisqu'on la trouve aussi dans le centre-ville. Il ne produit pas seulement des bâtiments simples et bas, mais aussi, et en quantité importante, des immeubles de grande hauteur (jusqu'à cinq niveaux) (fig. 3), des maisons bourgeoises (fig. 4)... C'est sans doute là une des découvertes les plus importantes. Cette technique de construction est employée sans doute depuis très longtemps, bien avant le 19^e siècle. Elle ne s'est pas interrompue totalement avec son interdiction en 1856, mais a perduré bien au-delà, sans doute au moins jusqu'à la Première Guerre mondiale. Enfin, une filiation technique directe existe entre le pisé de terre, le pisé de mâchefer (qui utilise les résidus de combustion industrielle de minerais ferreux et de houille), puis les premiers « pisés de béton », dont le béton actuel est un descendant.



Constructions en pisé dans l'agglomération lyonnaise : synthèse des inventaires existants

Légende :

- | | |
|---|--|
|  Constructions recensées par D. Bertin et A-S. Cléménçon (1981-1983) |  Constructions recensées par St. Gaillot (2015) |
|  Constructions recensées par P. Scarato, Abiterre (1991-2016) |  Constructions recensées par D. Alex (2012) |
|  Constructions recensées par l'Association Mémoires Corbasiennes (2005) |  Constructions recensées par E. Mille (2015) |
|  Constructions recensées par le Service Régional de l'Inventaire (2000-2015) |  Constructions recensées sur la plateforme du recensement participatif (2016) |

Carte : Musée des Confluences / Emmanuel Mille 2016, fond de carte Geoportail / IGN

Fig. 5 Localisation des constructions en pisé de terre identifiées dans l'agglomération lyonnaise. Les différentes couleurs correspondent aux différents contributeurs (Inventaire participatif et chercheurs associés)

Les recherches après 1983

Pendant 30 ans, la recherche sur le pisé à Lyon est quasiment à l'arrêt car cette étude est restée à l'état de rapport confidentiel, le Ministère ne l'ayant pas publiée. En 2012, l'architecte Dorothée Alex reprend le travail de 1981-83 et compare l'inventaire avec l'état actuel. Elle publie un livre, aux éditions CRAterre, qui va donner beaucoup de visibilité à cette thématique. Puis, plusieurs mémoires d'étudiants des écoles d'architecture (Lyon et Strasbourg) reprennent ce thème. En 2016, un groupe d'historiens publie un livre sur Cointeraux, tandis qu'Emmanuel Mille lance un inventaire participatif du pisé dans l'agglomération lyonnaise.

En février 2016, l'ensemble des photos réalisées par A.-S. Cléménçon pour l'inventaire de 1981, au nombre de 146, sont publiées sur internet dans le cadre de la photothèque de la bibliothèque Diderot de Lyon³. A cette occasion, on prend conscience des très nombreuses destructions qui ont eu lieu entre 1981 et aujourd'hui. Il est donc urgent de mettre en place une politique de sauvegarde qui protégerait les ensembles cohérents, les bâtiments remarquables, et ceux à partir de trois étages. Construire en terre aujourd'hui ne peut se concevoir sans protéger en même temps ce patrimoine.

³ <https://phototheque.bibliotheque-diderot.fr>

4. L'INVENTAIRE PARTICIPATIF À LYON

EMMANUEL MILLE

Le bâti ancien en pisé de terre de l'agglomération lyonnaise est aujourd'hui fortement menacé. Par méconnaissance de ce matériau, de ses forces et faiblesses, de nombreuses « rénovations » inappropriées sont menées. Ces pratiques peuvent générer des désordres potentiellement graves. Cette situation entretient une image négative du pisé, qui ne « serait pas assez solide ». Ces préjugés servent souvent à justifier les très nombreuses démolitions de bâtiments en pisé dans le cadre d'opérations immobilières lucratives.

Comme cela a été précédemment indiqué, la présence du pisé de terre en milieu urbain reste fortement méconnue. Des enduits masquent systématiquement les façades en pisé et il n'existait pas de carte localisant les quelques bâtiments en pisé déjà identifiés. En outre, plusieurs visites de terrain laissent pressentir l'existence de constructions où le pisé est associé à d'autres matériaux. Il peut ainsi concerner des façades latérales ou des murs de refend intérieurs de certains immeubles dont la façade principale est construite en pierre. Face à cette méconnaissance et ces difficultés d'identification, il nous a semblé nécessaire de mettre en place un inventaire participatif, invitant



Fig. 6 Immeuble d'habitation de cinq niveaux autrefois utilisé par des tisserands (canuts lyonnais) situé au 43, rue Coste à Caluire-et-Cuire. Le mur pignon est en pisé de terre et de mâchefer. Photo : Emmanuel Mille

les habitants et riverains à localiser les édifices où le pisé est présent, mais invisible en première approche.

Dans le contexte du Congrès mondial TERRA 2016 et des événements culturels associés (LYON 2016, CAPITALE DE LA TERRE), le projet a reçu un accueil favorable de nombreux partenaires⁴. Un site internet a été créé pour l'occasion par le Musée des Confluences⁵. Il rassemble des informations sur ce sujet, un questionnaire de participation permettant de renseigner des bâtiments en pisé et une carte interactive qui s'enrichit au fil des participations.

Parallèlement à la mise en place de cet inventaire participatif, des données renseignant des bâtiments en pisé ont été collectées auprès de professionnels de la construction, chercheurs et associations⁶. Ces données ont été formatées et chargées sur la carte interactive de l'inventaire participatif. Au total, environ 600 bâtiments ont ainsi été identifiés et cartographiés à ce jour, dont une centaine par des personnes privées. Quasiment tous les quartiers de l'agglomération sont concernés (fig. 5), y compris le secteur UNESCO (pentes de la Croix-Rousse et colline de Fourvière). Ces premiers résultats montrent une grande diversité du bâti ancien en pisé de terre. Cela concerne autant des constructions rurales ou péri-urbaines aujourd'hui intégrées dans le tissu urbain (maisons bourgeoises, maisons de faubourg, anciens bâtiments agricoles, murs de clôtures) que des bâtiments au caractère urbain très marqué. Ainsi, du pisé de terre a été identifié dans de nombreux immeubles collectifs mitoyens et alignés sur rue, dont certains de grande hauteur (fig. 6). Cette recherche sur le bâti ancien en pisé de terre de l'agglomération lyonnaise se pérennise. L'inventaire participatif se poursuit en 2017 avec l'engagement d'une thèse de doctorat en architecture sur ce sujet au laboratoire CRAterre⁷.

⁴ Principaux partenaires : Musée des Confluences, Service de l'inventaire général du patrimoine de la région Auvergne-Rhône-Alpes, ENS-CNRS, Laboratoire CRAterre-ENSAG, Association Patrimoine Aurhalpin.

⁵ <http://patrimoine-terre-lyonnais.patrimoineaurhalpin.org/>

⁶ Repérages effectués par Anne-Sophie Cléménçon et Dominique Bertin, le service de l'inventaire général du patrimoine de la région Auvergne-Rhône-Alpes, le Service archéologique de la Ville de Lyon, l'association Mémoires Corbasiennes et les architectes Pascal Scarato, Dorothée Alex et Emmanuel Mille.

⁷ Recherche réalisée par Emmanuel Mille, financée par le LABEX Architecture, Environnement & Cultures Constructives, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble.

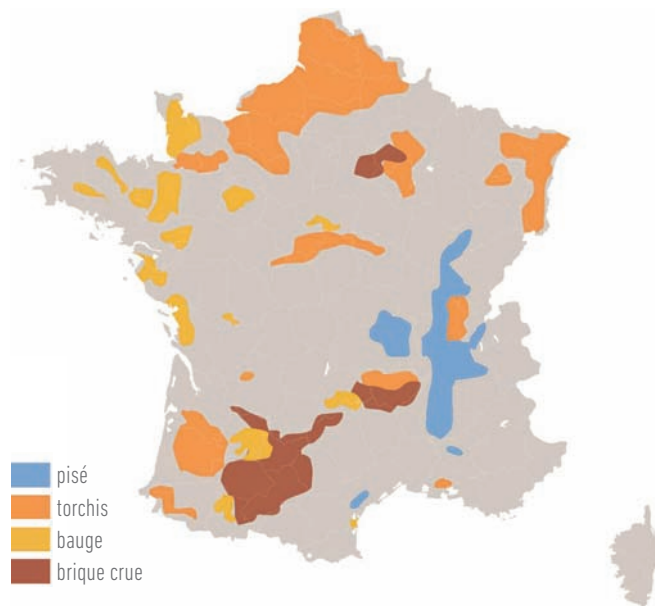


Fig. 7 Cartographie des techniques de construction en terre en France: torchis, pisé et adobe, d'après Hubert Guillaud, in Fontaine et Anger 2009, p. 37

5. L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE EN FRANCE

HUBERT GUILLAUD

L'architecture de terre marque profondément le paysage bâti vernaculaire de France (fig.7). Il n'est pas de région qui soit démunie de cette richesse patrimoniale qui a traversé les siècles valorisant les cultures constructives des territoires, savoirs et savoir-faire de bâtisseurs anonymes. L'observation de cet héritage bâti, populaire et savant, rural, urbain, confirme les qualités constructives et architecturales de ce matériau d'emploi millénaire prélevé dans l'épaisseur des sols, immédiatement disponible au pied du mur. La typologie française des architectures de terre couvre à la fois des habitations de hameaux et villages, des manoirs et châteaux bourgeois, des immeubles de quartiers historiques de villes, des bâtiments publics (mairies-écoles), des locaux industriels et des édifices religieux. Les principales techniques de construction en terre sont présentes sur le territoire. La bauge, maçonnerie en levées de terre dressées en murs épais, en Ille-et-Vilaine, autour de Rennes et jusqu'en Cotentin et Bessin, en appellation locale de « massé », en Loire-Atlantique (pays nantais), dans le marais breton au sud de l'estuaire de la Loire (pays de Mons) avec les bourrines bâties en « bigots », en Brière, où perdurent des couvertures en bâtières de chaume. Le pisé (fig. 8), terre compactée en coffrages, du

Fig. 8 Ferme en pisé à Charancieu, Isère, France, photo : Sébastien Moriset





Fig. 9 Ferme en brique crue (adobe) dans le Gers, sud-ouest de la France, photo : Hubert Guillaud

Val de Saône, de la Bresse méridionale avec ses magnifiques fermes à cheminées sarrasines, naturellement étendu à la Drôme rhodanienne, au Dauphiné, au Livradois et Forez, et jusqu'en Comtat Venaissin. Les briques de terre crues, ou adobes (fig. 9), des territoires de Garonne, de Midi-Pyrénées et du Magnoac, les carreaux de terre de la vallée de la Marne et de la région de Reims, en Champagne. Les grandes traditions du colombage et du torchis de Picardie, Haute et Basse Normandie, Champagne, Alsace, Albigeois, Landes.

6. L'ARCHITECTURE CONTEMPORAINE

JEAN-MARIE LE TIEC

L'histoire contemporaine de l'architecture de terre en France est ponctuée par la publication de l'état d'avancement des connaissances dans des ouvrages de référence et la diffusion au grand public par le biais d'expositions de grande envergure.

En 1979 est publié le livre *Construire en terre* écrit par la toute jeune association CRAterre. Ce premier ouvrage présente les différentes techniques de mise en œuvre de la terre, les essais d'analyse du matériau et les premières recherches issues de savoirs appris sur les chantiers.

En 1981, l'exposition *Des architectures de terre* présentée au Centre Georges Pompidou à Paris, sous la direction de Jean Dethier, marque le point de départ d'un grand projet, celui du Domaine de la terre (fig. 10) qui sera porté par l'OPAC 38 et l'EPIDA⁸, à Villefontaine de 1983 à 1985. L'objectif principal de ce projet est de revaloriser, grâce à la construction d'un « village exposition », les diverses techniques de construction en terre et leurs expressions architecturales très variées dans une approche bioclimatique, adaptée aux conditions du site. Le projet est composé de soixante-cinq logements locatifs sociaux, répartis en douze opérations, de quatre à dix logements, conçus par dix agences d'architecture⁹.

En 1989, le *Traité de construction en terre*, présente l'aboutissement

⁸ Office Public d'Aménagement et de Construction de l'Isère, et Etablissement Public d'Aménagement de la ville nouvelle de l'Isle d'Abeau.

⁹ Serge Jaure (avec François Confino et Jean-Pierre Duval), Groupe Aura, Atelier 4 (Paul Wagner, Nicolas Widmer et Serge Theuninck), Groupe Ersol, Jean-Vincent Berlotier, Gilles Perraudin et Françoise Jourda. Uriel Moch (avec Patrice Carle et Georges Chavance), André Ravereau et Michel Charmont, Jean-Michel Savignat et Odile Perreau-Hamburger), Atelier 85 (François Galard et Laurence Guibert).



Fig. 10 Le Domaine de la terre, 65 logements sociaux en terre, Villefontaine, Isère, construits en 1985, photo : Thierry Joffroy

des travaux théoriques et pratiques développés depuis 1973 par les membres de CRAterre et mis en œuvre dans l'accompagnement à la réalisation du Domaine de la Terre. Cet ouvrage technique présente les acquis et les savoir-faire propres aux techniques traditionnelles les plus répandues ainsi que les découvertes scientifiques, technologiques et industrielles permettant d'acquérir une parfaite maîtrise des chantiers contemporains.

En 2009 est publié l'ouvrage *Bâtir en terre*, qui fait le lien entre la science de la matière et l'architecture de terre. L'exploration des propriétés physico-chimiques de la terre au travers d'expériences simples est mise en relation directe avec l'exceptionnel patrimoine bâti en terre mais également avec le patrimoine rural et les architectures contemporaines en terre crue.

Cette nouvelle approche scientifique de la matière fait l'objet d'une nouvelle grande exposition à Paris, *Ma Terre première pour construire demain*, présentée à la Cité des sciences et de l'industrie en 2009. Elle a depuis lors fait le tour du monde pour être finalement présentée au Musée des Confluences à Lyon durant cette année 2016 dans le cadre événementiel périphérique du congrès TERRA 2016.

En 2013, un premier Prix national des architectures de terre est lancé par l'association Asterre, CRAterre-ENSAG et le magazine Ecologik, lors du Festival Grains d'Isère, aux Grands Ateliers, à Villefontaine. Dans la recherche de solutions constructives pour baisser l'impact carbone des constructions, le matériau terre offre un véritable potentiel. Ce prix permet de valoriser les acteurs de la construction qui font le choix de porter une vision engagée de l'acte de bâtir et de diffuser au grand public une diversité de projets contemporains exemplaires qui répondent, en utilisant les techniques de construction en terre crue, à une multitude de programmes.

En 2016, est lancé le premier prix international « Terra Award » qui permet d'engager un premier inventaire des projets d'architecture en terre contemporains, à l'échelle mondiale. Avec les mêmes objectifs que le prix national, ce prix international porte l'intention de promouvoir une intelligence constructive, à l'écriture architecturale contemporaine, à l'impact carbone réduit et à l'impact social positif. Il fait l'objet d'une exposition itinérante et de la publication d'un ouvrage, *Architecture en terre d'aujourd'hui*, présentant quarante projets finalistes parmi trois cent cinquante-sept projets répartis dans

soixante-sept pays. Ce quantitatif ne traduit certainement pas l'ampleur beaucoup plus importante du nombre de projets réalisés au cours des dix dernières années.

En France, on a recensé en 2016 sur les bases de données du Prix national de 2013 et du Terra Award 2016, plus d'une centaine de projets contemporains publics ou privés, répartis sur l'ensemble du territoire, utilisant une large diversité de techniques de mise en œuvre, en maçonnerie porteuse ou non-porteuse, en fonction du contexte, du programme et du budget.

Au regard de l'engouement des architectes et des maîtres d'ouvrages pour ces techniques de construction utilisant des savoir-faire ancestraux, des matériaux locaux, bas carbone et géo-sourcés, les filières de production françaises tendent à se structurer. En 2006 est créée l'Asterre, association nationale des professionnels de la terre crue. En 2013, la DHUP (Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages, au sein du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie) soutient un programme de rédaction de textes de références techniques sur la construction en terre. En 2014 se créent six associations régionales, représentant chacune une des six techniques majeures de construction en terre en France : le pisé, la bauge, le bloc maçonné (adobe ou bloc comprimé), le torchis, les terres allégées et les enduits.

En attendant ces premiers textes référentiels nationaux qui ont pour objectifs d'ouvrir ces techniques de mise en œuvre aux marchés publics et d'être une base de travail pour la production de textes normatifs français et européens, les projets contemporains continuent de voir le jour et de nombreuses demandes d'ATEX¹⁰ de type B sont déposées au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) afin de pouvoir construire avec ces techniques ancestrales mais non reconnues par les textes normatifs français.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE 1 : L'ANTIQUITÉ À LYON

CLEMENT, Benjamin (2016). Construire à Lugudunum. Organisation, formes et évolution de l'architecture domestique (II^e av. - III^e siècle apr. J.-C.). Thèse de doctorat sous la direction de M. Poux et A. Desbat. Lyon : Université Lumière Lyon 2, 3 vol.

DE CHAZELLES, Claire-Anne (1990). Les Emplois de la terre crue dans l'architecture protohistorique et gallo-romaine de la Gaule méridionale (VIII^e s. av. n.è. - III^e s. de n.è.). Thèse de III^e cycle sous la direction de R. Etienne ; Bordeaux : Université de Bordeaux.

DE CHAZELLES, Claire-Anne (1997). Les maisons en terre de la Gaule méridionale. Montagnac : Monographies Instrumentum 2.

DESBAT, Armand (1985). « L'architecture en terre et bois à Lugudunum ». In : LASFARGUES J. (dir.), L'architecture de terre et bois. L'habitat privé des provinces occidentales du monde romain. Antécédents et prolongements : Protohistoire, Moyen Âge et quelques expériences contemporaines. Actes du 2^e congrès archéologique de Gaule méridionale, Lyon, 2-6 Novembre 1983. Paris : Documentation d'Archéologie Française, DAF 2, p.75-83.

¹⁰ Appréciation Technique d'Expérimentation

CHAPITRE 2 : DE L'ANTIQUITÉ À LA MODERNITÉ

COINTERAUX, François (1806). Ecole d'Architecture Rurale ou Leçons par lesquelles on apprendra soi-même à bâtir solidement les maisons de plusieurs étages avec la terre seule ou autres matériaux les plus communs et du plus vil prix. Paris : chez l'auteur.

GUILLAUD, Hubert (1997). « Une grande figure du patrimoine régional Rhône-Alpes. François Cointeraux (1740-1830) pionnier de la construction moderne en pisé ». In Coll. Les carnets de l'architecture de terre, monographie n°3. Grenoble : CRAterre-EAG.

RONDELET, Jean-Baptiste (1812). Traité théorique et pratique de l'art de bâtir, Livre 1^{er}, 1^{re} Section, Chapitre II. Paris : Didot.

BARRIDON, Laurent, GARRIC, Jean-Philippe et RICHAUD, Gilbert (2016). Les leçons de la terre. François Cointeraux (1740-1830), professeur d'architecture rurale. Paris : INHA / Les éditions des Cendres.

CHAPITRE 3 : LE PISÉ LYONNAIS & CHAPITRE 4 : L'INVENTAIRE PARTICIPATIF À LYON

BERTIN, Dominique et CLEMENÇON, Anne-Sophie (1981-1983), en collaboration avec IDRISSE, Domar, « L'architecture en terre, un mode de construction urbain ?, le cas de Lyon et sa banlieue ». In François Cointeraux, 1740-1830, Architecture de terre. Paris : Ministère de l'urbanisme et du logement, Secrétariat de la recherche architecturale, 3 rapports.

ALEX, Dorothée (2012). Petit guide des architectures en pisé à Lyon. Grenoble : Editions CRAterre.

BARIDON, Laurent, GARRIC, Jean-Philippe et RICHAUD, Gilbert (textes réunis par) (2016). Les leçons de la terre, François Cointeraux (1740-1830), professeur d'architecture rurale. Paris : INHA / Les éditions des Cendres.

CLEMENÇON, Anne-Sophie (1981). Lyon, une ville en terre ? Premier inventaire photographique des bâtiments en pisé de terre crue de l'agglomération lyonnaise réalisé en 1981 en noir et blanc, 144 photos, mises en ligne sur la Photothèque de la bibliothèque Diderot de Lyon, « Territoires formes urbaines, Récits photographiques de la métropole de Lyon, le fonds Anne-Sophie Cléménçon » : <https://phototheque.bibliotheque-diderot.fr>

Collectif (2016). Site internet de l'inventaire participatif du bâti ancien en pisé de terre de l'agglomération Lyonnaise coordonné par Emmanuel Mille et réalisé par le Musée des Confluences de Lyon, en partenariat avec le service de l'Inventaire général du patrimoine de la région Auvergne-Rhône-Alpes, le laboratoire Environnement Ville Société (CNRS, Université de Lyon), le laboratoire CRAterre-ENSAG, l'association Patrimoine Aurhalpin (Disponible sur <http://patrimoine-terre-lyonnais.patrimoineaurhalpin.org/>), consulté le 21/04/2017).

CHAPITRE 5 : L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE EN FRANCE

GUILLAUD, Hubert (1996). « Architectures en terre de France : repères de l'histoire, patrimoine traditionnel et modernité ». In: Revista mediterrâneo, Vol. Arquitectura de terra, n° 8/9. Lisbonne: Universidade Nova, p. 193236.

GUILLAUD, Hubert (1981). « Histoire et actualité de la construction en terre ». In Vol. 2, Géographie de l'habitat en terre en France et anthropologie de l'habitat rural, mémoire de diplôme d'architecte dplg. Marseille : École d'Architecture de Marseille Luminy.

CAUE de l'Ain, CRAterre, Groupe Pisé (1983). L'architecture de terre. Bâtiments caractéristiques de la région Rhône-Alpes. Lyon : SME Résonances.

CHAPITRE 6 : L'ARCHITECTURE CONTEMPORAINE

LOZACH'MEUR, Adeline et TIRARD, Jean-Christophe (1984). L'Isle d'Abeau-ville nouvelle. Maisons de terre. L'Isle d'Abeau : EPIDA.

DOAT, Patrice, Houben, Hugo, VITOUX, François, HAYS, Alain et MATUK, Silvia (1979). Construire en terre. Paris : Ed. Alternatives et Parallèle.

Houben, Hugo et GUILLAUD, Hubert (1989). Traité de Construction en Terre. Marseille : Édition Parenthèses.

FONTAINE, LAETITIA et ANGER, Romain (2009). Bâtir en terre, du grain de sable à l'architecture. Paris : Belin.

GAUZIN-MÜLLER, Dominique (2016). Architecture en terre d'aujourd'hui. Gignac et Grenoble: Museo Éditions / CRAterre.

INVENTAIRES ET ÉTUDES DES PATRIMOINES

HERITAGE INVENTORIES AND STUDIES

ESTUDIOS DE PATRIMONIO E INVENTARIO PATRIMONIAL

Lors des différentes présentations, la grande diversité du patrimoine architectural en terre a été soulignée à de maintes reprises, mais les études et inventaires ne faisant pas clairement référence à toutes les techniques constructives associées à ces patrimoines ont également été remarqués. En effet, bon nombre de cultures constructives en terre restent non documentées ou non identifiées ; par conséquent, le langage, les connaissances et les savoir-faire associés à ces dernières, principalement transmis oralement ou par la pratique, risquent de disparaître. Dans certains cas, il existe des preuves témoignant d'une forte continuité des cultures constructives en terre, ayant permis aux sociétés de s'adapter à l'évolution des conditions et contraintes socio-économiques tout en maintenant leur patrimoine vivant. C'est cette relation d'adaptation entre les sociétés humaines et leur environnement qui constitue la base de tous les aspects intangibles liés aux paysages culturels en terre.

Les études, principalement basées sur des approches scientifiques, confirment l'émergence d'une méthodologie interdisciplinaire, favorisant une compréhension plus substantielle des cultures et des techniques de construction en terre. À travers une connaissance plus approfondie des bâtisseurs du patrimoine il est possible d'entrevoir un vrai potentiel pour la production de logements adaptés aux contextes locaux.

Cela dit, il semble nécessaire de réfléchir à l'utilité sociale des inventaires et d'évaluer les objectifs auxquels ils répondent : à qui servent les inventaires ? Pour quelles raisons sont-ils réalisés ? Sont-ils des outils destinés uniquement aux chercheurs ? Qui peut accéder aux données recueillies ? Sont-ils utiles pour la prise de décision ? Contribuent-ils à assurer la continuité des cultures constructives ? Sont-ils des outils menant à la construction de partenariats ? Plus fondamentalement, il est nécessaire de lier la continuité du patrimoine avec les aspects intangibles des cultures constructives au sein de la société contemporaine, afin de mieux s'adapter aux dynamiques complexes de changement qui affectent les collectivités et leurs paysages culturels.

Several lectures highlighted the great variety of earthen architectural heritage in existence but also the studies or inventories on heritage sites that do not clearly reference all associated techniques. Actually, many earthen construction cultures remain undocumented or unidentified. Therefore, there is a risk of disappearance of their associated cultural language, knowledge and know-how, which were traditionally preserved by oral transmission or passed on through practice. In some cases, there is evidence of a strong continuity of local earth building cultures, allowing societies to adapt to changing socio-economic conditions and constraints while maintaining prolongation of heritage. It is this adaptive relationship between human societies and environments that forms the foundation for all intangible aspects linked to earthen cultural landscapes.

Studies are mainly based on scientific approaches and confirm the emergence of a cross-disciplinary methodology, fostering a more substantial understanding of earthen construction cultures and techniques. Through the enhanced understanding of heritage builders there is clearly a great potential for producing housing adapted to local contexts.

This said, it appears necessary to reflect on the social utility of inventories and to assess the objectives to which they respond: whom do inventories serve? For what reasons are they compiled? Are they tools intended for researchers only? Who can access the data? Are they useful for decision-making? Do they help secure the continuity of construction cultures? Are they tools to build partnerships? More fundamentally, it is necessary to link the continuity of heritage with the intangible aspects of construction cultures within the contemporary society, so as to better adapt to the complex driving forces of change that affect communities and their cultural landscapes.

Numerosas comunicaciones subrayaron la gran diversidad del patrimonio arquitectónico de tierra. Sin embargo, también se mostraron estudios e inventarios de sitios patrimoniales en los que no se mencionan con claridad todas las técnicas que los conforman. En efecto, muchas culturas constructivas de tierra siguen sin estar documentadas o identificadas. Por consiguiente, existe un riesgo de desaparición de sus lenguajes constructivos, sus conocimientos y saberes prácticos, los cuales han sido tradicionalmente preservados a través de la transmisión oral y de la práctica. En algunos casos existe la evidencia de una sólida continuidad de las culturas constructivas de tierra locales, que favorece la adaptación de las sociedades a los cambios en las condiciones socioeconómicas al mismo tiempo que se mantiene con vida el patrimonio. Esta relación de adaptación entre las sociedades humanas y sus ambientes conforma la base de todos los aspectos inmateriales ligados a los paisajes culturales construidos con tierra.

Los estudios están basados principalmente en enfoques científicos y confirman la emergencia de metodologías interdisciplinarias que favorecen una comprensión más sustancial de las culturas y técnicas de construcción con tierra. A través de un conocimiento más profundo sobre quienes construyen el patrimonio se abre un verdadero potencial para la producción actual de viviendas adaptadas a los contextos locales.

Dicho esto, parece necesario reflexionar sobre la utilidad social de los inventarios y evaluar los objetivos a los que responden. ¿A quién sirven los inventarios? ¿Por qué razones se desarrollan? ¿Son herramientas destinadas únicamente a los investigadores? ¿Quién tiene acceso a los datos? ¿Son útiles para los responsables de las políticas públicas? ¿Ayudan a afianzar la continuidad de las culturas constructivas? ¿Son herramientas para construir alianzas? De manera más esencial, es necesario ligar la continuidad del patrimonio con los aspectos inmateriales de las culturas constructivas dentro de la sociedad contemporánea, con el fin de favorecer una mejor adaptación a las complejas dinámicas de cambio que afectan a las comunidades y a sus paisajes culturales.

ARCHITECTURE EN TERRE CHEZ LES BUWA DU MALI

INVENTAIRE ET ÉTUDE D'UNE ARCHITECTURE VERNACULAIRE EXCEPTIONNELLE

AUTEURS

Lassana CISSE
Mamadi DEMBELE
David COULIBALY
Alpha DIOP
Mamadou KONE

ICOMOS MALI

RÉSUMÉ

Le pays Buwa se trouve entre le Mali et le Burkina Faso. Au Mali, il occupe une partie des régions de Mopti, Ségou et Sikasso.

L'architecture traditionnelle Buwa est dense et riche par la typologie et la forme des constructions qu'elle présente. L'espace habité est organisé autour de maisons d'habitation et comprend plusieurs édifices en terre généralement serrés les uns contre les autres.

Malgré la variété et la richesse de ce patrimoine architectural, très peu d'études ont été faites sur les cultures constructives locales de cette aire culturelle du Mali. Aucun inventaire n'est encore disponible sur cette architecture pourtant assez connue des services de l'inventaire et des professionnels maliens du domaine des constructions.

ICOMOS-MALI se propose d'entreprendre un travail d'inventaire de cette architecture en terre. Cet article vise à mieux faire connaître les typologies et les formes de cette architecture dans les différents espaces occupés par le groupe ethnique Buwa. La finalité est ensuite de réaliser un inventaire avec des travaux de relevés architecturaux et d'études anthropologiques, en prenant en compte les savoirs et savoir-faire locaux.

Les techniques constructives, les matériaux locaux et l'organisation de l'espace habité en fonction des besoins et des représentations symboliques des éléments d'architecture seront exposés.

INTRODUCTION

Le Buwatun, terre des Buwa, appelé Bobo, est localisé dans une zone à cheval entre le Mali et le Burkina Faso. Le relief est un paysage plat, circonscrit à l'Est par les prolongements des falaises de Bandiagara.

Selon différentes sources, les Buwa auraient migré dans cette région suite au déclin des grands empires (Ghana, Mali et Songho) entre le 11^e et le 16^e siècle. Ils y développèrent une culture matérielle riche fondée sur un mode de vie approprié.

Les Buwa étaient plus nombreux surtout sur les rives du fleuve Bani (un affluent du fleuve Niger), où les plaines alluvionnaires fertiles sont plus favorables à l'agriculture en tant que principale activité économique.

Les Buwa possèdent leur langue (Bomu) avec des différences dialectales par endroit. La vie socioculturelle est régie par des rites (baptême, mariage, classes d'âge et cérémonies d'initiation) qui se déroulent au rythme de la saison agricole. La diversité des expressions culturelles est perceptible à travers la tradition des

masques, les danses et un artisanat d'art dont des éléments sont identifiables dans l'architecture.

Zone de peuplement ancien comme en témoignent les découvertes de vestiges archéologiques très anciens, l'aire culturelle Buwa conserve une architecture traditionnelle remarquable par le conglomérat de greniers visibles dans les villages.

A l'instar d'autres groupes ethniques du Mali, tels que les Bamana et les Dogon, les Buwa ont su développer au cours des siècles une architecture en terre riche qui est partie intégrante du patrimoine architectural en terre du Mali.

Le patrimoine culturel immobilier du pays Buwa, fait de matériaux locaux (terre essentiellement), comprend des maisons d'habitation, des vestibules, des greniers, des édifices religieux : sanctuaires, églises et mosquées.

Ce patrimoine tangible est indissociable d'éléments intangibles dont les savoirs et savoir-faire techniques dans l'art de bâtir.

1. PRESENTATION DE L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE BUWA

Le territoire occupé par les Buwa contient dans son organisation spatiale des gros villages et des hameaux de culture. Les concessions gravitent très souvent autour d'une place publique, lieu de rassemblements et de réjouissances. Chaque village comporte un ou plusieurs bois sacrés, des sanctuaires de fétiches communautaires et d'autres lieux de culte. Il existe des mares sacrées dont certaines sont des lieux de rites et de manifestations traditionnelles et populaires.

On retrouve dans certaines localités des cases sacrées appartenant à des individus.

Dans un village, on peut remarquer la maison du Chef de village (chef coutumier), en général située à côté de la place publique. Cette maison se singularise par rapport aux autres par son style et ses dimensions. En effet, elle comporte un vestibule et dispose de chambres pour accueillir les étrangers.

Le village est dirigé par le Chef coutumier. Il est également le Chef de la terre et a en charge les questions religieuses. Cette chefferie traditionnelle est héritée du père (la lignée des pères) ou du frère (quand la lignée des pères est éteinte).

Le chef coutumier est assisté par un Chef administratif qui assure les relations avec l'administration publique.

L'agrandissement des villages se fait par cercles concentriques déterminant les générations des maisons, les plus anciennes étant au centre.

1.1. LES MAISONS D'HABITATION

En milieu rural Buwa, l'habitat est relativement dispersé. Le noyau de la construction reste la concession qui est une cour délimitée par des greniers ou fermée par un mur de clôture.

Une famille est composée de plusieurs ménages regroupés au sein d'une même concession. Le chef de la famille, qui est également le chef coutumier, est généralement le plus âgé du lignage des pères.

L'organisation de l'espace habité, en apparence anarchique, respecte cependant un ordre régi par la disposition des éléments constitutifs de la concession : les maisons d'habitation occupent une position centrale ; entre celles-ci et les greniers qui délimitent la concession sont prévus les autres éléments tels que la cuisine avec le four pour les noix de karité (fig. 1), les foyers pour la fabrication de l'hydromel, les enclos pour les petits ruminants et les poulaillers. L'accès se fait à travers le vestibule.

Très attachés à la terre, les Buwa font tout pour la terre (protection, adoration), ils font tout avec la terre (construction notamment), ils ont tout de la terre (nourriture : en leur qualité d'agriculteurs, produits végétaux, produits naturels intervenant dans divers domaines de la vie).

1.1.1. La saison de la construction

A l'instar des autres communautés de la savane ouest africaine, la saison sèche est la période appropriée pour la construction des bâtiments en terre chez les buwa. C'est-à-dire la période qui suit les récoltes : pour les greniers c'est de novembre à janvier et pour les autres édifices c'est de janvier à mai. La raison est simple : nous avons à faire à des agriculteurs qui, par conséquent, ne peuvent pas exercer les deux activités à la fois. Une autre raison est que la terre notamment les briques nouvellement faites ne peuvent pas résister à la pluie. Nous verrons d'ailleurs plus tard que des produits de la récolte tels que les foins de riz, de fonio, etc. sont utilisés comme adjuvants dans la préparation de la terre (briques, enduits).



Fig. 1 La terre sert aussi pour des constructions à vocation technique, ici des fours utilisés pour le séchage des noix de karité

1.1.2. Recherche et préparation du matériau de construction terre

Pour les besoins des travaux de construction, il est procédé au choix de la carrière pour la confection des briques. Autrefois, les carrières se trouvaient en dehors des habitations. Il n'était pas rare que tout un village utilise une seule carrière, qui n'est pas choisie au hasard. L'espace est déterminé d'un commun accord par la collectivité. Naturellement le choix est fonction de la qualité de la terre.

La situation est tout autre actuellement. La gestion des carrières n'est plus réglementée. En général, une famille peut faire des excavations derrière ses cases. Au cas où il n'y a pas d'espace approprié, elle fait transporter de la terre par charrette pour les besoins de la construction.

La terre choisie doit répondre à des critères particuliers, notamment de résistance, d'adhérence, etc. Ces caractéristiques sont au besoin améliorées par l'ajout de substances végétales et/ou animales (son de mil, de riz, de fonio, décoction des feuilles du « ngalama », etc.)

1.1.3. La confection traditionnelle des briques

Au pays Buwa, une des techniques traditionnelles de confection de briques consiste à étirer la pâte en terre malaxée sur le sol. L'étirement de la pâte se fait en tenant compte des dimensions souhaitées ainsi que du découpage au couteau. Les plaques ainsi découpées sont séchées à l'air libre avant utilisation.

1.1.4. Les pratiques immatérielles liées aux constructions en pays Buwa

Les cérémonies rituelles

Dans le pays Buwa, comme dans la majorité des autres communautés du Mali, il est courant de procéder à des cérémonies rituelles avant le début proprement dit de toute construction. Parfois des gris-gris ou d'autres éléments sont déposés au fond des fouilles des fondations ou dans d'autres cas des offrandes sont faites.

Le crépissage interne et externe

Le crépissage des murs se fait avec un mortier en terre. Quelquefois à ce mélange sont ajoutés des produits végétaux et/ou animaux.

Le damage du sol de l'intérieur des maisons ou la participation des femmes aux constructions locales

Cette activité est exclusivement réalisée par les femmes. Celles-ci se font aider par les jeunes garçons qui piochent le sol. Ensuite elles apportent de l'argile mélangée avec du gravier. Sur cet ensemble, on humecte le sol puis on remue le mélange jusqu'à obtenir une matière homogène. Après cette étape on reverse de l'eau et on commence le damage pour obtenir un bon nivellement tout en veillant à faire un nivellement de l'intérieur vers l'extérieur.

En pays Buwa, la construction d'une maison est une œuvre collective à laquelle participe toute la famille, les voisins et d'une manière générale toute la communauté ; chacun selon ses possibilités. Ici il n'existe pas de corporation de maçons spécialisés comme c'est le cas dans le Delta intérieur du fleuve Niger ou à Tombouctou. Les travaux de construction, qui mobilisent tous les membres de la famille, sont dirigés par des personnes expérimentées dans l'art de bâtir, maîtrisant certaines techniques et connaissances du domaine.



Fig. 2 Grenier en terre décoré à Parana-San

1.2. LES VESTIBULES

Le vestibule est une pièce que l'on traverse pour accéder à l'intérieur d'une concession, et qui sert souvent de passage pour accéder à d'autres pièces.

Le vestibule ou *boro* en milieu Buwa est une maison publique, généralement de forme rectangulaire, construite avec le matériau terre.

Il existe deux types de vestibules : les vestibules de lignage ou communautaires et les vestibules familiaux. Les vestibules de lignage sont le siège du pouvoir coutumier et culturel, la maison des ancêtres. Ils servent aussi de lieu de rencontres pour la famille patrilocale ou la communauté. Les vestibules familiaux servent d'accès à la concession familiale. Ils abritent également les conseils de famille. Ce sont surtout des lieux de repos de l'occupant. Ils peuvent également servir de lieu d'hébergement pour les étrangers.

Tous les vestibules du *buwatun* ont deux portes au moins et quatre au maximum selon leurs dimensions. Parmi les deux ou quatre portes, il y en a une (ou deux) qui s'ouvre (nt) sur l'extérieur et par laquelle (lesquelles) l'accès est possible. La seconde (les secondes) communautaire (nt) soit avec la cour du patriarche qui est en même temps le chef coutumier ou avec une courette, lieu de repos et de méditation de l'occupant. L'accès à cette courette est réglementé.

Dans certains vestibules, la place du chef de village ou du patriarche est réservée par une estrade faite avec tous les soins dus au rang de l'occupant.

Les dimensions de ses murs en terre sont déterminées par les habitants au moment de sa construction. Les murs sont généralement plus épais que ceux des maisons d'habitation. Ils sont renforcés par des piliers en bois qui jouent la fonction de poteaux dans les constructions modernes. Les saillies des piliers en terre sont visibles de l'intérieur comme de l'extérieur. Ces piliers, qui ont une fonction de structure porteuse, sont destinés à recevoir la charpente de la toiture. Les distances entre les poteaux sont déterminées par la longueur des bois utilisés pour la charpente. Dans le cas où les bois de traverses ne sont pas assez longs, des fourches intermédiaires en bois sont utilisées.

Le nombre de piliers et de fourches est fonction des dimensions du vestibule. La toiture en terrasse est habituellement en terre battue. Elle est composée d'une charpente en bois comprenant des traverses et des perchettes. La charpente en bois est recouverte par une couche en terre damée. L'entretien des vestibules se fait chaque année après les activités champêtres et est l'œuvre de l'ensemble de la communauté, c'est-à-dire toutes les familles qui se réclament du même ancêtre. Toutefois, il y a lieu de reconnaître l'abandon progressif de cette pratique dans certaines localités.

1.3. LES GRENIERS

Dans l'ensemble architectural Buwa, le grenier occupe une place de choix (fig. 2). Il est présent dans tous les villages et souvent son nombre dépasse celui des maisons d'habitation.

Les greniers servent de magasins de stockage singulièrement pour les produits agricoles.

Ces édifices servent souvent de repères (pour un étranger) quant à la puissance de telle famille en matière de production (fig. 3). Une maison entourée de plusieurs greniers est supposée être une famille à l'abri de la

famine. Et une maison avec très peu de grenier est considérée comme dépourvue d'une main d'œuvre importante.

Certains greniers comportent plusieurs compartiments. Ils appartiennent aussi bien aux hommes qu'aux femmes, qui y conservent des céréales et certains biens personnels.

La construction d'un grenier est un processus minutieux qui nécessite une grande attention et l'utilisation d'une diversité de matériaux et de substances en tant qu'adjuvants. Les travaux se déroulent en plusieurs étapes, généralement après la saison des pluies.

Le choix du site est primordial. Il ne doit pas être aux abords d'un passage d'eau.

Une fois le site choisi, des pierres sont utilisées comme supports de l'ouvrage qui sera réalisé par le système de pilotis. Des traverses en bois sont disposées sur les pierres afin d'y confectionner le fond du grenier avec de la terre. Sur ce support sont érigées les parois avec des mottes de terre provenant des termitières (habituellement rouges dans ces contrées). A cette terre présentant des caractéristiques spécifiques quant à la prise et à son imperméabilité, est ajoutée de la paille ou de la tige de fonio.

L'érection des parois se fera progressivement en plusieurs séances, habituellement en deux séances par jour : une rangée le matin et une autre le soir.

La toiture des greniers est généralement en terre, comme les parois. Parfois elle est surmontée d'une toiture supplémentaire en chaume qui déborde par rapport aux parois.

Cette deuxième toiture sert de protection contre les intempéries.

Les greniers sont pourvus d'au moins une porte et peuvent en compter jusqu'à trois selon leur taille. Leur fermeture est en bois, confectionnée par les forgerons.

Fig. 3 Série de greniers en bordure de concession. Outre leur caractère pratique, la présence de ces greniers reflète aussi la prospérité de la famille



1.4. LES MAISONS SANCTUAIRES

Les maisons sanctuaires chez les Buwa sont des maisons réservées aux cultes.

Dans ces maisons sont gardés les objets de culte et les cérémonies rituelles peuvent s'y dérouler.

Leurs dimensions sont fonction de la nature du culte.

Les maisons de culte sont construites en terre, leur toiture plate est faite de terre sous forme de terrasse.

L'accès aux maisons de culte est interdit aux femmes et aux non-initiés.

2. LE PATRIMOINE ARCHITECTURAL BUWA FACE AUX ENJEUX DU DÉVELOPPEMENT

L'architecture vernaculaire de terre en pays Buwa est soumise aux influences endogènes et exogènes. Ces influences sont de plusieurs ordres : les phénomènes migratoires, le développement des religions révélées (Islam et Christianisme), les mutations socioculturelles et économiques, les médias, le changement des mentalités, etc.

L'effondrement de la cellule familiale, phénomène assez général, a favorisé le comportement « individualiste » au détriment de la vie « communautaire ». Il est un des principaux facteurs endogènes ayant contribué à la perturbation des pratiques constructives communautaires qui ont toujours assuré l'entretien et la conservation durable du patrimoine architectural du Buwatun.

Parmi les phénomènes exogènes on peut citer entre autres :

- Les phénomènes migratoires accentués par les famines sont à l'origine de changement de comportements des populations en général. Comme effets directs et indirects, on a assisté à l'apport d'idées et modes de vie nouveaux ayant conduit à l'abandon de certaines traditions. Cet abandon se manifeste parfois sous l'aspect de la non utilisation d'espaces auparavant fédérateurs comme les vestibules, qui tombent souvent en ruine faute d'entretien courant.
- L'influence grandissante des religions révélées, qui a conduit à l'abandon de certaines pratiques notamment celles liées aux sanctuaires et aux maisons de cultes traditionnels.
- Le contenu des formations scolaires, qui a eu des effets néfastes dans la prise de conscience des jeunes quant à la connaissance de la valeur de leur patrimoine culturel propre.
- La faible implication de l'état et des collectivités locales dans la protection et la valorisation du patrimoine culturel en général et du patrimoine architectural en particulier.
- L'influence des médias, les progrès de la science et des techniques, l'introduction de nouveaux matériaux de construction, etc. sont aussi autant de facteurs qui contribuent à la dégradation du patrimoine architectural du Buwatun.

Dans le pays Buwa, de nouvelles constructions sont en train d'être réalisées avec des matériaux importés et dans des techniques différentes ; l'on assiste de plus en plus à la transformation des styles de maisons traditionnellement rondes en maisons de plan quadrangulaires (rectangulaires ou carrés).

La proximité du pays Buwa avec d'autres aires culturelles, telles que Djenné et le Pays Dogon, a une incidence sur l'évolution de son architecture. En témoignent des habitations, des mosquées construites

selon le style « Djénekké » caractérisé par des éléments verticaux, des torons, etc.

CONCLUSION

L'architecture en terre chez les Buwa, à l'instar de celle du Pays Dogon, de Djenné et de Tombouctou, occupe une place singulière dans les cultures constructives locales de la zone soudano-sahélienne. Les savoirs et savoir-faire à l'origine de cette architecture vernaculaire se transmettent de génération en génération. Les communautés Buwa aspirent majoritairement à sauvegarder et à perpétuer les valeurs exceptionnelles de leur patrimoine architectural authentique malgré les dynamiques socio-culturelles et économiques en cours dans la région et partout ailleurs.

De nos jours, cette architecture vernaculaire est menacée par des facteurs exogènes et endogènes liés aux influences extérieures, à une aspiration légitime de vivre les conditions actuelles de « modernisme » et de bien-être social.

Malgré ces tendances perceptibles au changement, l'architecture vernaculaire Buwa conserve encore les valeurs d'authenticité et d'intégrité qui ont prévalu à sa genèse et à son développement en tant que mode d'habiter et de construire.

A défaut de pouvoir éradiquer certaines menaces réelles, des mesures de conservation et de protection, pour les minimiser, devront être mises en œuvre. L'une des actions prioritaires est la mise en œuvre d'un inventaire systématique des éléments de ce patrimoine architectural en terre.

ICOMOS MALI souhaite démarrer ce travail d'inventaire, qui constitue un point de repère pour les interventions futures visant la valorisation et la préservation de cette architecture vernaculaire en terre Buwa.

Le Comité national malien d'ICOMOS envisage de mettre en œuvre ce programme d'inventaire en associant si possible les compétences locales, surtout les femmes et les hommes bâtisseurs de l'aire Buwa. L'inventaire comportera un volet de sensibilisation des populations locales, en particulier les jeunes, sur la nécessité de préserver et valoriser ce patrimoine afin d'en faire un levier du développement local par la création d'emplois et de revenus.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Brasseur G. (1964). *Les établissements humains au Mali*.

Ministère de la Culture (2000). *La Carte culturelle du Mali. Esquisse d'un inventaire du Patrimoine Culturel*.

Révèrend Bernard de Rasilly (1980). *Bwa lada*, document dactylographié.

Coulibaly D. (2004). *Problématique de l'articulation de la modernisation à la tradition chez les communautés paysannes du Pays Bwa dans le cercle de Tominian dans le sud-est du Mali*, Thèse de Doctorat, Agronomie, Berlin.

Diarra Dabu Yizi Pierre (1986). *Vivre avec les morts et mourir avec les vivants, une esquisse de théologie de la mort chez les Bwa du Mali*. Mémoire de Maîtrise en théologie, Institut Catholique de Paris en France.

Capron J. *Communautés villageoises Bwa, Mali, Haute Volta*. T1 Fascicule 1. Institut d'ethnologie. Musée de l'Homme Paris.

EL PATRIMONIO DE TIERRA EN MONFORTE DE LEMOS

AUTORES

Laura ÁLVAREZ-TESTA SÁNCHEZ
Mariana CORREIA

ESG - Escola Superior Gallaecia, Portugal

RESUMEN

En el noroeste de España, Galicia, predomina el uso de la piedra como material constructivo, debido al gran porcentaje de suelo granítico existente, aunque existen zonas con terreno terciario como es el caso de Monforte de Lemos, el caso de estudio del presente artículo. Se constató la existencia de un vacío en el conocimiento sobre las culturas constructivas en tierra en Galicia por parte de investigadores, constructores y agentes técnicos locales, teniendo como consecuencia directa la pérdida de información del patrimonio tangible. Por este motivo, la investigación se basó en la realización de un inventario de las construcciones en tierra en el patrimonio urbano de Monforte, y en el estudio de las culturas constructivas locales.

Al estudiar el patrimonio urbano del objeto de estudio se pudo localizar e inventariar doscientas construcciones en tierra, de las que se seleccionaron nueve como casos de estudio. En consecuencia se pudo constatar la existencia de una tipología espacial con pocas variantes pero con diversas culturas constructivas en la tapia.

El estudio ha contribuido a esclarecer la existencia de un rico patrimonio de tierra en Monforte a través del inventario, así como comprender mejor las características de esta arquitectura, así como de las culturas constructivas.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el patrimonio de tierra situado en la comunidad de Galicia se encuentra en avanzado estado de deterioro. Asimismo, tras llevar a cabo la recopilación bibliográfica a través del marco teórico, se constató la falta de documentación y/o catalogación del referido patrimonio. Consecuentemente se pone de manifiesto el desconocimiento de la existencia de patrimonio de tierra en la comunidad gallega por parte de su propia población. Tras cruzar la escasa información obtenida tras el marco teórico, el mapa geológico de Galicia y el interés de que la investigación se desarrollase en un ámbito urbano con el fin de obtener un mayor impacto en el futuro inmediato de este tipo de arquitectura, se seleccionó como objeto de estudio la ciudad de Monforte de Lemos.

Monforte de Lemos está situado en la parte más meridional de la provincia de Lugo, en la comunidad autónoma de Galicia, al noroeste de la Península Ibérica. Dicha ciudad está situada en el valle de Lemos, el más extenso de la comunidad gallega, en donde existe una gran diferencia entre sus partes llanas y montañosas. La ciudad ocupa una extensión de 170 km² y se encuentra a 363 m sobre el nivel del mar. Tiene un clima templado húmedo, las temperaturas son suaves todo el año, teniendo 13,9° de media anual. La precipitación media anual es de 700mm (Martínez y Pérez, 1999, p. 205). Asimismo, cabe destacar que la ciudad se asienta en una zona sin riesgo sísmico, ya que la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02 (2002) establece para Monforte de Lemos un valor de aceleración sísmica básica de 0.04g.

1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Se observa un avanzado estado de abandono y falta de preocupación por el futuro más próximo del patrimonio urbano de tierra de Monforte de Lemos; motivo por el cual se plantea como primer objetivo la realización de un inventario de las edificaciones de tierra, para sentar la base de la investigación, ya que actualmente no existe ningún tipo de inventario o catalogación del referido patrimonio de tierra. Gracias al trabajo de campo de inventariado de las construcciones de tierra existentes, se pudo realizar la selección de los casos de estudio.

El segundo objetivo profundizará en las culturas constructivas en tierra de Monforte de Lemos a través de los casos de estudio seleccionados, analizándolos en función de su interés tipológico, material, y en cuanto a los sistemas constructivos. Los resultados del estudio podrán contribuir a evitar la pérdida de un eslabón en la cadena del conocimiento, dotando de una base teórica a las nuevas generaciones, al profundizar en las culturas constructivas utilizadas en Monforte de Lemos, desde el siglo XIX, hasta la actualidad. Para dar respuesta a los objetivos de la investigación se utilizó el multi caso de estudio de naturaleza comparativa, en el que se estudiaron nueve edificaciones construidas en tierra, seleccionadas a través de los formularios, de las entrevistas estructuradas y del análisis documental.

1.1. ESTRUCTURA DE LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio multi caso se ha desarrollado en diversas partes, gracias a la ayuda de diversas técnicas de recogida de información y del trata-

miento de los datos. En una primera fase se realizó el análisis documental, a través de las diversas fuentes de documentación escritas para asentar la base teórica, fundamental para el adecuado desarrollo de la investigación. En la segunda parte se recopilaban los datos obtenidos a través del trabajo de campo, realizándose el inventario de las edificaciones de tierra existentes en el patrimonio urbano. En la tercera parte se seleccionaron los nueve casos de estudio de entre las 200 edificaciones inventariadas anteriormente. El criterio de selección se basó en la presencia de sistemas constructivos de tierra visibles en la fachada. En la cuarta parte, se llevó a cabo la realización de fichas individuales de cada uno de los nueve casos de estudio, en las que se dieron respuesta a cuestiones referentes con la tipología espacial, materiales y sistemas constructivos. Se aplicaron para su realización diversas técnicas de recogida de información. En la quinta parte se realizó el tratamiento y el análisis de la información obtenido a través de los casos de estudio. En la sexta, y última, parte se hizo la correlación de los resultados obtenidos con la información expuesta en la fundamentación teórica, obteniendo en consecuencia las conclusiones de la investigación.

1.2. RECOGIDA DE DATOS

Se utilizaron diversas técnicas de recogida de información para la identificación y el inventario de las edificaciones de tierra y para el desarrollo de los nueve casos de estudio:

- Observación directa: se trata de una de las herramientas más importantes para la identificación de las edificaciones, debido a la importancia del trabajo de campo en la investigación. Se realizó previamente una ficha técnica de inventario para guiar la observación y el registro de los edificios seleccionados.
- Notas de campo.
- Análisis documental: permitió un óptimo desarrollo del estudio y favoreció la estructura ordenada e interligada del mismo.
- Fotografías: realizadas por la investigadora, que funcionaron como complemento a la recogida de datos, así como para plasmar las tipologías espaciales, los materiales y los sistemas constructivos de las edificaciones de tierra inventariadas.
- Entrevistas estructuradas: se orientaron para la obtención de datos proporcionados oralmente por los entrevistados, realizadas en base a un guión previamente establecido de autoría propia.

Los resultados obtenidos a través de las técnicas de recogida de datos permitieron realizar las fichas de las 200 edificaciones de tierra que forman el inventario, ofreciendo una respuesta sistemática en cuanto a la tipología espacial, los materiales y los sistemas constructivos. Asimismo, los referidos resultados favorecieron el desarrollo de las fichas de formulario de los 9 casos de estudio, en las cuales se vuelve a dar respuesta, con mayor profundidad a los ítems anteriormente referidos. La respuesta sistemática a cada uno de los apartados permite obtener unos resultados rigurosos que sustentan la investigación.

2. INVENTARIO

2.1. MARCO MUESTRAL

Actualmente, Monforte no cuenta con ningún inventario de las edificaciones de tierra existentes en su patrimonio urbano, por lo que

se procedió a la realización de un marco muestral teniendo como base de trabajo el plano de Área de Rehabilitación Integral (ARI) propuesto por la Oficina Municipal de Rehabilitación (OMR). En él, se sitúan todas las edificaciones de la ciudad, divididas éstas en tres zonas, la primera, la zona 'Histórico-Artística', la segunda, la zona de 'Respeto', ésta última dividida en la zona de 'Ramberde', la zona de 'Carude' y la zona 'Praza do Piñeiro' (fig. 1).

Asimismo, la OMR delimita la tercera de las zonas, la zona 'ARI', pero no se tendrá en cuenta bajo esa nomenclatura, para la investigación, ya que está englobado geográficamente dentro de la zona 'Histórica-Artística', quedando así, incluida dentro del análisis.

Una vez escogida la base cartográfica que va a dar soporte al estudio, se procede a realizar el inventario de las edificaciones de tierra de las zonas englobadas dentro del patrimonio urbano de Monforte. El inventario dará respuesta al objetivo uno, siendo determinante para la posterior definición de los casos de estudio. Esta técnica de recogida de datos será imprescindible, ya que no existe ningún inventario del referido.

Con la realización del inventario, quedarán situadas e identificadas cada una de las construcciones de tierra existentes en Monforte, como se puede ver en la figura 1 donde éstas quedan resaltadas en color marrón. Por una cuestión de accesibilidad a las propiedades privadas, esta identificación y localización será el resultado de la observación directa de las autoras. La identificación de las edificaciones de tierra es posible tras la realización del marco teórico, dotando de herramientas teóricas la identificación, gracias a la fundamentación teórica referente a la morfología típica de este tipo de construcciones, así como la definición de los componentes de las fachadas y la pintura de dos colores que funciona como revestimiento de la misma.

En el plano se muestra la localización de las edificaciones de tierra en el área estudiada, en el que se puede ver cada una de las zonas que componen el área de estudio, la zona 'Histórico-Artística' y las subzonas que forman la de 'Respeto'. Las edificaciones inventariadas en tierra se sitúan en la zona 'Histórico-Artística' (A) inventariando 121 edificaciones. La zona de 'Respeto' (B) engloba un total de 79 edificaciones, repartidas en sus tres subdivisiones, 'Ramberde' (B1) con 26 edificaciones, 'Carude' (B2) con 25 edificaciones y 'Praza do Piñeiro' (B3) con 28 edificaciones.

Una vez identificadas y localizadas en el patrimonio urbano de Monforte, las 200 edificaciones de tierra que forman el inventario, se analizan a través de fichas individuales. Cada una de las fichas se divide en tres subapartados, el primero de ellos para identificar la vivienda y los otros dos para dar respuesta a cuestiones referentes a la tipología, los materiales y los sistemas constructivos.

El referido análisis individual de las viviendas inventariadas se agrupa siguiendo el mismo patrón de las delimitaciones del plano ARI, comenzando por el análisis de las 26 edificaciones que forman la zona de 'Respeto-Ramberde', seguidas de las 25 edificaciones de la zona 'Respeto-Carude', de las 28 edificaciones de la zona



Fig. 1 Plano ARI con la zona Histórico-Artística (A) y las zonas de Respeto (B1, B2, B3)

‘Respeto-Praza do Piñeiro’ y de las 121 edificaciones situadas en la zona ‘Histórico-Artística’. Con el análisis individual de cada una de las edificaciones que forman el inventario, se constituye el principal instrumento de recopilación de datos de las edificaciones de tierra, posibilitando, en consecuencia, la selección de los casos de estudio. Sin la realización previa del inventario no se podría proceder a la realización del análisis de las tipologías, materiales y sistemas constructivos de cada caso de estudio.

Para dar respuesta a las cuestiones que se plantean en las fichas del inventario, se han utilizado diversos métodos de recogida de información. El primero de ellos, la observación directa que, junto con las notas de campo, es fundamental para comenzar el análisis. Asimismo, se utilizó una fuente de documentación escrita oficial dentro del análisis documental, el Plan de Catalogación del Patrimonio Arquitectónico del año 1997, imprescindible para dar respuesta a aspectos técnicos. Sin las fichas individuales del referido plan hubiese sido muy complicado analizar los materiales y sistemas constructivos de los edificios inventariados, ya que al tratarse de viviendas privadas, el acceso a los propietarios es complicado, así como la aprobación por parte de ellos de estudiar el interior de sus propiedades.

A continuación (fig. 2) se muestra una de las 200 fichas de inventario.

2.2. CASOS DE ESTUDIO

La identificación y localización de las 200 edificaciones de tierra inventariadas se llevó a cabo utilizando un determinado criterio de selección, debido a la inexistencia de ningún inventario o catalogación, o de fuentes de documentación escrita oficiales. El referido criterio de selección se basó en la observación directa de la autora.

Como consecuencia de no existir ningún inventario o catalogación de las edificaciones de tierra en el patrimonio urbano de Monforte, hubo dificultad para identificarlas y localizarlas en las distintas áreas del Plano ARI. El criterio de selección que se llevó a cabo para la

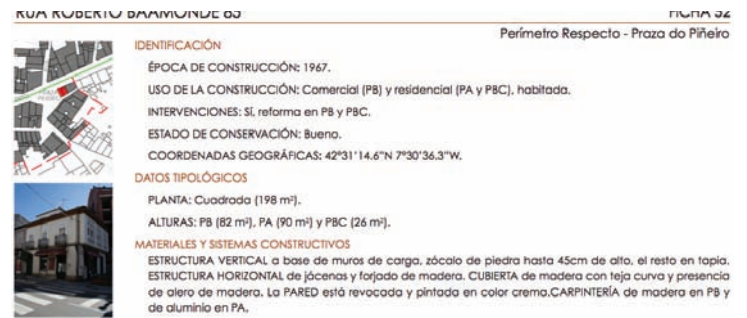


Fig. 2 Ficha de inventario

realización del inventario preliminar fue, en una primera fase, la presencia visible en fachada de algún material y/o sistema constructivo de tierra, lo que permitió identificar 29 edificaciones. Posteriormente se realizó una observación directa más pormenorizada, además de llevarse a cabo métodos de recogida de información como notas de campo y fotografías.

Al realizar en profundidad el referido primer análisis de las 29 edificaciones de tierra, se obtuvieron unos patrones repetitivos en todas ellas, que se tuvieron en cuenta para identificar las 171 edificaciones restantes. Dichos patrones se obtuvieron al observar que todas ellas repetían con relativos pocos cambios su forma y su fachada, así como la constatación del mismo tipo de vanos en todas ellas.

Asimismo, otro rasgo característico de las edificaciones de tierra en Monforte es que se pintaba la fachada con la combinación de dos colores, predominando el blanco en toda la superficie, reservando el color azul o marrón oscuro para las delimitaciones que formaban los vanos y el perímetro de la fachada. Existen otras combinaciones, como se puede comprobar en las fichas de inventario, como la combinación del color crema con verde y naranja, pero en menor proporción.

Para la selección de los casos de estudio, se descartaron las 171 edificaciones identificadas en la segunda fase del inventario, seleccionando solamente las 29 primeras edificaciones que tenían visible en la fachada materiales y/o técnicas constructivas relativas a la tierra. De dichas edificaciones de tierra solamente se pudo tener acceso a 9 de ellas (fig. 3).

Las 20 restantes no pudieron formar parte de los casos debido a la negativa de sus propietarios a analizarlas. A continuación (fig. 4-5) se muestra como ejemplo una ficha de las nueve que integran los casos de estudio, dividiéndose en cuatro bloques: identificación, datos cronológicos, tipológicos y constructivos.

3. CULTURAS CONSTRUCTIVAS

Las culturas constructivas son el resultado de un proceso de evolución sometido a múltiples influencias, producto de la experimentación a lo largo de los siglos y de los procesos de degradación de los materiales producidos por el clima y el paso del tiempo, así como la capacidad técnica de los constructores locales de adaptarse a las necesidades del lugar y de sus materiales.

En los casos de estudio, las culturas constructivas están relacionadas con los materiales utilizados en Monforte, la tierra, y sus técnicas de aplicación, la tapia, el pallabarro, y el barrotillo, las cuales no se consideran actuales, sufriendo en consecuencia rechazo y desuso frente a los materiales y sistemas constructivos contemporáneos.

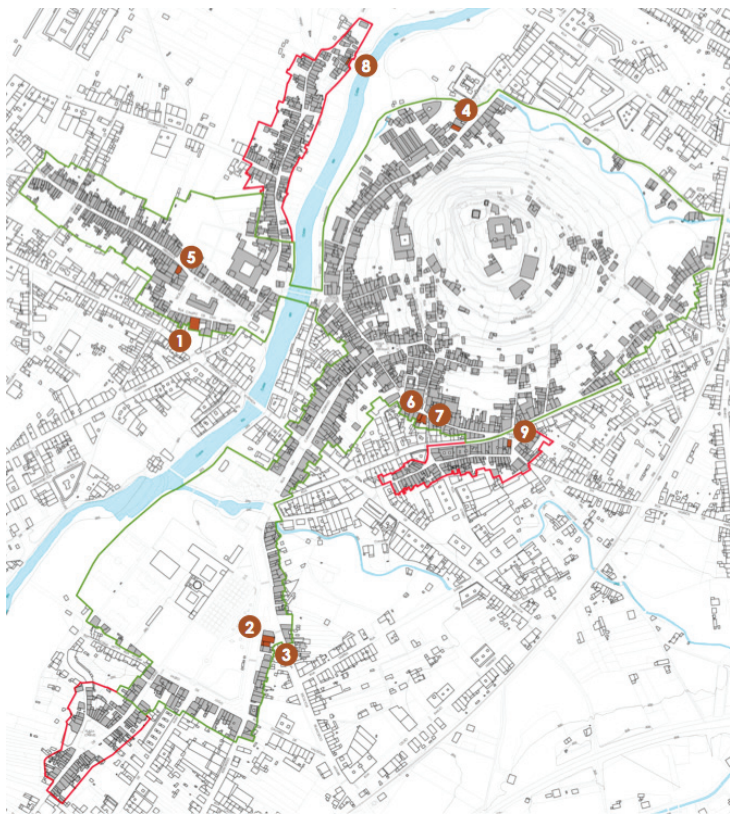


Fig. 3 Plano ARI con la situación de los nueve casos de estudio

La técnica constructiva del pallabarro está compuesto por una armadura vertical de madera formada por tablas de un ancho sobre los 12-15 cm y de reducido ancho unidas con otras más estrechas e irregulares colocadas normalmente en sentido horizontal. El espacio que queda entre ellas se rellena con la mezcla de paja y barro para posteriormente realizar el revestimiento exterior e interior con mortero de cal.

Fig. 4 Primera parte de la ficha tipo de los nueve casos de estudio

CASOS DE ESTUDIO | FICHA 01-A



Fig. 24: Mapa de localización



Fig. 25: Fachada principal - 08.02.2015

IDENTIFICACIÓN
 PERÍMETRO: Histórico-Artístico.
 PROPIETARIO: Felipe Feijoo Fontecha y familia.
 COORDENADAS GEOGRÁFICAS:
 42°31'21.3" N 7°31'01.2" W.

DATOS CRONOLÓGICOS
 ÉPOCA CONSTRUCCIÓN: Anterior a 1900.
 INTERVENIONES: Sí, retirada del revoco y cambio de cubierta
 USO ORIGINAL: Comercio y residencia.
 USO ACTUAL: Residencia abandonada.
 ESTADO DE CONSERVACIÓN: Malo.

DATOS TIPOLÓGICOS
 ALTURAS: PB (337,39 m²), PA(361,58 m²) y PBC (228,02 m²).
 CONSTRUCCIONES LATERALES: Edificación de la misma altura en la cara oeste.
 IMPLANTACIÓN: Terreno de 767 m², sin inclinación. Puerta de entrada +0,30 sobre la cota de la calle.
 COMPARTIMENTACIÓN: PB constituida por la cuadra (1), la bodega (2) y el almacén (3). PA destinada a vivienda. PBCa desván.
 TIPOLOGÍA ESPACIAL: En la PB se sitúa la cuadra, la bodega y el almacén. Se accedía al piso superior a través de las escaleras interiores. En la PA la estancia más utilizada era la cocina (4), dormitorios (5) y las salas de estar-salaón (6).

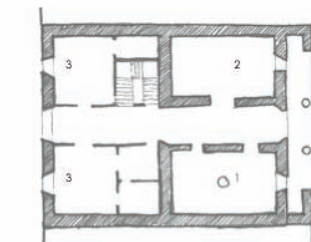


Fig. 26: Planta Baja (PB)

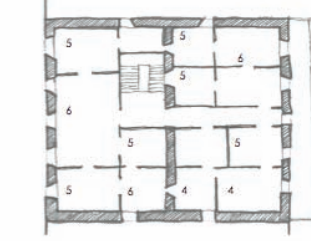


Fig. 27: Planta Alta (PA)

En cuanto al barrotillo, es una técnica constructiva local que consiste en la colocación de tablas de madera muy estrechas, de largo total de la pared que se quiera cubrir, separadas entre 10 y 20 cm y entrelazadas con madera fina trenzada. Los huecos se rellenan con la mezcla de barro y paja, posteriormente encalada.

Tras estudiar y analizar los muros de los casos de estudio, se observa una evolución de los sistemas constructivos. Concretamente en el caso 2 se observa una evolución de la técnica tradicional del pallabarro al incorporar cantos rodados, sustituyendo la mezcla común de paja y barro, así como en la particular colocación de la armadura triangular frente a las armaduras verticales típicas de esta técnica constructiva (fig. 6).

A través de la observación directa de este sistema constructivo se ven dos claras diferencias en cuanto a los refuerzos estructurales. Por un lado están los muros de tapia con refuerzos estructurales a través de elementos horizontales de madera, como son el caso 1 (fig. 7), el 5, el 6 y el 8. Y, por otro, están los muros de tapia sin refuerzos estructurales, como son los casos de estudio 3 (fig. 8), el 4 y el 9.

En el caso 2 y en el 7, no se puede afirmar que posea algún tipo de refuerzo estructural con elementos horizontales de madera, debido a que el revoco del muro exterior está en mejores condiciones que el revoco del resto de los casos de estudio, por lo que no existe una superficie sin revoco en la fachada de suficiente tamaño como para comprobarlo. Se constata una evolución de la cultura constructiva, por la inserción en algunas edificaciones de los elementos horizontales de madera, y por la utilización de diferentes tierras para construir el muro de tapia.

Fig. 5 Segunda parte de la ficha tipo de los nueve casos de estudio

CASOS DE ESTUDIO | FICHA 01-B



Fig. 28: Detalle barrotillo interior - 14.09.2005



Fig. 29: Fachada trasera - 19.04.2006

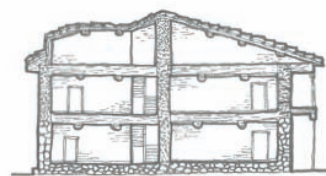


Fig. 30: Sección Longitudinal

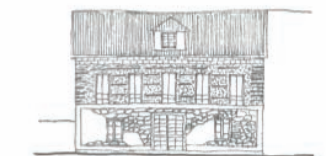


Fig. 31: Alzado Norte

MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS
 ALBAÑILERÍA EXTERIOR: Mampostería de piedra en PB, PA y PBC en tapia reforzada con elementos horizontales de madera.
 ALBAÑILERÍA INTERIOR: Tabiques de barrotillo de madera.
 PAVIMENTOS: PB, solera de tierra compactada. En la cocina, losas de pizarra de grandes dimensiones. En el resto de la edificación, madera de castaño.
 CARPINTERÍA: Madera. Dinteles y jambas en piedra en PB, el resto en madera.
 ESTRUCTURA VERTICAL: Muro perimetral y muro central de carga, realizado en tapia.
 ESTRUCTURA HORIZONTAL: Con vigas de madera, viguetas del mismo material y entablado de madera.
 CUBIERTA: Estructura de entramado de madera, compuesta por vigas y viguetas de madera, tejas de cerámica curva. Presencia de alero de madera.
 REVESTIMIENTOS EXTERIORES: PB revocada y pintada. Inexistente en PA y PBC.
 REVESTIMIENTOS INTERIORES: Divisiones interiores guarnecidas con mortero de cal.
 ESCALERAS: Interiores, con pasos y estructura de madera.
 GALERÍA: Situada en PB, estaba en perfecto estado antes de las obras de una edificación de obra nueva en la parte norte de la parcela.



Fig. 6 Tapia del caso 2, pallabarro con cantos rodados



Fig. 7 Tapia del caso 1, con elementos horizontales de madera



Fig. 8 Tapia del Caso 3, sin refuerzos estructurales

Los referidos elementos de madera aparecían colocados entre las tongadas y como refuerzo en las esquinas de las construcciones. Se puede suponer que la utilización de refuerzos estructurales a través de elementos horizontales de madera en las esquinas fuese influencia de los maestros constructores de piedra, los cuales utilizaban los tizones como refuerzo en las esquinas para mantener unida la estructura en estos puntos conflictivos.

Probablemente las edificaciones de los nueve casos de estudio fueron construidas por tres tipos de constructores diferentes debido a que se observan tres maneras distintas de realizar la misma técnica constructiva. Esta cuestión se sostiene debido a que los constructores estaban acostumbrados a trabajar de manera semejante, del modo en que les habían enseñado, por lo que casi nunca abandonaban sus costumbres, aplicando de manera igualitaria y repetitiva los mismos materiales y técnicas constructivas.

CONCLUSIONES

Dando respuesta al objetivo relativo al marco muestral se identificaron 200 construcciones realizadas en tierra. Gracias a los resultados del inventario, se puede constatar la gran cantidad de edificaciones de tierra existentes en el ámbito urbano de Monforte. Las edificaciones inventariadas se sitúan en dos zonas delimitadas por el 'Plano Área de Rehabilitación Integral' de la Oficina Municipal de Rehabilitación de Monforte de Lemos. En la primera, la zona Histórico-Artístico, se inventarían 121 edificaciones, mientras que en la zona de Respeto se inventarían 79. Éstas se distribuyen en sus tres perímetros, 26 edificaciones en Ramberde, 25 en Carude y 28 en Praza do Piñeiro.

Con el trabajo de campo se verificó la existencia de más edificaciones fuera de los perímetros anteriormente citados, pero era necesario acotar geográficamente el área de estudio para dar respuesta a los objetivos planteados al comienzo de esta investigación.

Se observa la presencia de culturas constructivas en el sistema constructivo de la tapia utilizado en las edificaciones del patrimonio urbano de Monforte. Se verifica la relación directa entre los tres tipos de construcción con las tres culturas constructivas identificadas en la tapia, coincidiendo la cultura constructiva A con el tipo de construcción A, la cultura constructiva B con el tipo de construcción B y la cultura constructiva C con el tipo de construcción C.

Asimismo, se ha verificado la presencia de una cuarta cultura constructiva, donde se observa la sustitución del trenzado de paja con barro por los cantos rodados con argamasa de barro.

Finalmente exponer que a través de la realización del inventario se puede verificar y demostrar la existencia de construcciones de tierra en la comunidad gallega, concretamente en la ciudad de Monforte, pese a las premisas climatológicas y la tradición constructiva con materiales pétreos predominante. Se demuestra así que la arquitectura de tierra es posible en Monforte gracias al suelo sedimentario en el que se asienta, pudiendo obtenerse material de tierra para la construcción de tapia. Además, es posible gracias a los constructores que generación tras generación utilizaron y mejoraron, con su propia experiencia, el sistema constructivo de la tapia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Martínez, A. & Pérez, A. (1999). *Atlas climático de Galicia*. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia.
- Schulz, G. (1835). *Descripción Geognóstica del Reino de Galicia*. Madrid: Imprenta de los Herederos de Collado.
- Norma de Construcción Sismorresistente [NCSE-02] (2002). Disponible en: <http://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=BN0222>.
- Plan de Catalogación del Patrimonio Arquitectónico, facilitado por la Oficina Municipal de Rehabilitación de Monforte de Lemos.

HERITAGE AND VALUES IN EARTHEN CULTURAL LANDSCAPES

AUTHORS

Jonathan S. BELL

County of Los Angeles Department of Public Works, University of California of Los Angeles (UCLA), ICOMOS-ISCEAH, USA

Isabel KANAN

ex member of Brazil's National Historical and Artistic Patrimony Institute, ICOMOS-ISCEAH, Brazil

SUMMARY

Since 2008, the International Science Committee on Earthen Architectural Heritage has been conducting research on cultural landscapes that comprise earthen architecture to characterize their unique challenges and opportunities for preservation. The latest phase of the research has focused on determining key principles for the identification and managed protection of Earthen Cultural Landscapes (ECLs) through a survey conducted via professional heritage networks. With a total of 80 completed questionnaires from conservation practitioners, heritage researchers, planners, architects, and archaeologists from around the globe, the survey succeeded in capturing informed, diverse perspectives on the nature of ECLs and key challenges to their survival. Analysis of the responses resulted in the identification of defining parameters for cultural landscapes comprising earthen heritage and underscored major aspects of significance and perceived threats to their existence. This paper presents the results of the results and develops preliminary recommendations for the sustainable protection of ECLs for use by heritage professionals, government agencies, and local communities. The recommendations aim to encourage the establishment of protective policy, foster economic development, and enhance social status of ECLs. Future work will focus on refining these recommendations and integrating them into an illustrated Atlas of important ECLs around the world.

INTRODUCTION

The ICOMOS International Scientific Committee on Earthen Architectural Heritage (ISCEAH) is committed to the protection and conservation of earthen architectural, archaeological and cultural heritage. Through its activities, the committee shares experiences and contributes to different fields of study related to earthen heritage. Since 2008, ISCEAH's cultural landscape group has been investigating concepts of Earthen Cultural Landscapes (ECLs) and presenting its findings at Terra conferences (Mali, 2008 and Peru, 2012) and at the 2014 ICOMOS General Assembly in Florence. This paper discusses the latest phase of research and its implications for the protection and management of ECLs. The principal questions addressed are: Are ECLs distinct from other types of cultural landscapes? If so, what characteristics make them unique? What are the most significant challenges and opportunities for their preservation? What aspects of cultural resource management and conservation should be tailored for the protection of ECLs?

Given the challenge of defining cultural landscapes comprising earthen architectural heritage, this research employed qualitative methods to characterize ECLs as defined by heritage practitioners and researchers. A series of efforts to identify fundamental concepts and definitions led the group to develop a survey to capture the perspectives of informed professionals and distill these down into key principles and definitions. Since the first phase of the survey, a Spanish-language translation of the questionnaire has been disseminated through professional networks across

Latin America, Spain, and Portugal. Unfortunately, attempts to translate the questionnaire into Russian, Arabic, Chinese, and French were not completed in time for this paper. Nonetheless, the group has received 80 completed questionnaires to date and analyzed the compiled responses to determine agreed upon terminology, conceptual definitions, and current threats relevant to ECLs. These findings informed the development of guiding principles and recommendations for the identification, protection, and development of ECLs.

1. ECL SURVEY

The questionnaire was developed after a series of discussions at the Terra 2012 meeting in Lima and amongst ISCEAH members about key challenges in working with cultural landscapes, difficulties defining the nature of cultural landscape, and the particular considerations related to landscapes with earthen architecture. Draft questionnaires were developed and reviewed by ISCEAH members, resulting in the final design disseminated through professional heritage and research networks. The final questionnaire comprises five thematic sections: 1) demographics of respondents that include the professional disciplines and geographic areas in which they work, and their professional experience with earthen materials and landscapes; 2) defining concepts and factors of cultural landscapes ranked on a Likert scale

according to significance; 3) defining factors of and threats to ECLs specifically, ranked according to importance; 4) identification of key criteria for an Atlas of ECLs and suggestions for specific sites/places to be included; and 5) willingness to remain involved in the research and an opportunity to provide additional information, ECLs, or external references relevant to the research.

To date, the study has a total of 80 respondents from around the world with broad experience working in cultural heritage fields such as archaeology (46%), cultural landscapes (68%), vernacular architecture (71%), and historic towns and villages (51%)¹ (fig. 1). The respondents also have diverse geographical experience that includes South America (45%), Europe (41%), North Africa (30%), North America (24%), and the Middle East (20%) (fig. 2). Additional outreach to East Asia, South Asia, Central Asia, and Sub-Saharan Africa is necessary to round out the research and contribute to the development of an ECL Atlas, though a handful of respondents indicate having experience in all these regions. The survey also captures the opinions of professionals with experience in areas relevant to cultural landscapes that include teaching and instruction (63%), historical research (61%), physical conservation (49%), identification and nomination of sites (44%), and site management (38%), among others.



Fig. 1 Percentage of respondents indicating expertise in each of the areas listed above

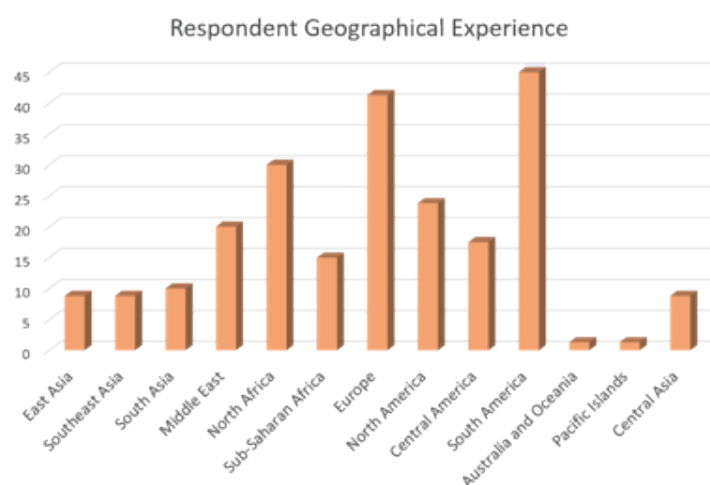


Fig. 2 Percentage of respondents indicating experience in listed regions

¹ For many of the questions in the survey, respondents were asked to select all choices that applied. For example, a single respondent may work in archaeology and vernacular architecture. Similarly, a respondent may have professional experience in multiple geographic locations. As a result, many percentages reported will not add up to 100%.

It is necessary to recognize that those who agreed to complete the survey were contacted through a snowball sampling method that relied on a network of colleagues contacting each of their networks and so on. Furthermore, the survey extends five pages with multiple open-ended questions and involved complex ranking, including 5-point Likert scales and “top 3” ratings (fig. 3). Given the nature of the sampling and the time commitment of the questionnaire itself, the resulting sample was surely skewed towards heritage professionals who self-selected to be involved because of previous experience and familiarity with ECLs. Therefore, lacking from the survey are perspectives of resident communities and other stakeholders who may not see cultural landscapes through a cultural lens.

2. CULTURAL LANDSCAPE CONCEPTS

The survey underscored fundamental concepts and definitions associated with cultural landscapes. In attempting to define the essence of cultural landscapes, respondents highlighted “combined works of nature and humans”, “evolution of human society within constraints of natural environment”, “cultural property”, and “vernacular architecture”. The integration of these specific concepts results in a definition of cultural landscapes that emphasizes humankind’s relationship to its environment, particularly as humans adapt to their surroundings and mark the land with physical expressions of this relationship. A key component of cultural landscapes is the interaction between human survival that requires the creation of shelter to protect from the elements and natural surroundings that simultaneously provide the resources for construction. Thus, cultural landscapes are the resulting expression of negotiation between humans and their environment, a balanced exploitation of resources to fend against sometimes fierce natural forces. At the same time, the function and physical structure serve to shape the social and cultural space in which local communities reside, further imbuing the interaction between humans and nature with significance. This concept is outlined by key landscape thinkers (Cosgrove, 1998, pp. 64-66; Cosgrove and Jackson, 1987, p. 96; Sauer, 1941, p.10).

In considering the significance of cultural landscapes today, the research revealed that many professionals see the concept as having the potential to bolster and broaden general heritage approaches. In particular, respondents equated the cultural landscapes with “consideration of heritage as dynamic and evolving within a physical and cultural context” and with “holistic approach to heritage work”. Additionally, there was support for the recognition of cultural landscapes as a “specific heritage category” that relates to “changing approaches to tourism”. One possible interpretation is that cultural landscape as a concept can impact the principles and practice of cultural heritage preservation and consumption, privileging the relationship of the cultural and physical within its environment. The application of the concept therefore has the capacity to alter decision-making related to the protection, management, and visitation of places of cultural importance by recognizing the defining characteristic of social space (i.e. the context within which human interaction and assignment of value takes place) as an overlay on the natural terrain. The Kharbaldas ruins of the 8th c. capital city Uighur Khanganate of Ordu-Baliq (fig. 4) lie within the Orkhun Valley Cultural Landscape World

7. Please rate the impact of each statement below on the definition, identification, and management of cultural landscapes, where 1 is MOST IMPORTANT:

earthen architecture reflects the colours and textures of the natural landscape	1	2	3	4	5
reliance on earthen building materials indicates a strong relationship between humans and the natural environment	1	2	3	4	5
earthen structures represent the capacity of humans to adapt to their environment	1	2	3	4	5
use of earth in building indicates human propensity to employ natural materials to create socio-cultural spaces	1	2	3	4	5
presence of earthen architecture binds tangible and intangible values to the natural environment	1	2	3	4	5
use of earth in building represents a strong sense of place	1	2	3	4	5
earthen structures are evidence of “oneness” with the land	1	2	3	4	5
the significance of extant earthen built heritage warrants concerted protection efforts	1	2	3	4	5
earthen structures add no more significance than any other type of structure within a landscape	1	2	3	4	5
every landscape is unique and represents a process of interaction between humans and nature	1	2	3	4	5

other (please specify) _____

Part III (technical)

8. Please select the THREE (3) most significant TANGIBLE aspects of earthen cultural landscapes that should be preserved, where 1 is MOST SIGNIFICANT:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Natural environment | <input type="checkbox"/> Evidence of circulation through landscape (e.g. paths, tracks) |
| <input type="checkbox"/> Built fabric | <input type="checkbox"/> Divisions of space (e.g. walls, boundaries, manmade clearings) |
| <input type="checkbox"/> Architectural groupings | <input type="checkbox"/> Sources of building materials (e.g. soil quarries, riverbeds) |
| <input type="checkbox"/> Layout of built structures within landscape | |
| <input type="checkbox"/> Spatial relationships between built and natural features | |

9. Please indicate any significant TANGIBLE aspect of earthen cultural landscapes not included above.

Fig. 3 Example of one page of questionnaire shared with respondents

Heritage Site in northern Mongolia and demonstrate this interaction between natural and cultural landscape.

Despite identifying certain common characteristics of the cultural landscape concept, the uniqueness of individual landscapes as a representation of the specific localized human interactions with nature clearly emerges from the research. A large majority (four-fifths) of respondents consider that “every landscape is unique and represents a process of interaction between humans and nature”. This statement suggests then that the significance of each cultural landscape is intrinsically bound to the ‘process of interaction’, which has presumably generated the landscape over time. As an apparent extension of this interpretation, more than two-thirds of respondents underscored that “reliance on earthen building materials indicates a strong relationship between humans and natural environment”, signifying that the group of earthen cultural landscapes have a particular significance as a social space interacting with its natural environment. There appears to be an emotional interpretation of the use of earthen building materials as an integration of the terrain itself into the constructed social space, heightening the relationship between humans and their environment. Wadi Do’an, Yemen is home to a number of villages nestled along the valley wall, such as Sif, Khaylla, and Al-Quwayrah, all composed of impressive earthen highrise structures that represent this concept (fig. 5).

3. ECLS AS HERITAGE

Tying the concept of cultural landscape defined above specifically to places that integrate earthen heritage exacerbates the problem of definition. Although ECLS are imbued with inherent commonality



Fig. 4 Kharbalgas, Mongolia, photo: Jonathan S. Bell

in the materials and basic technologies employed to create the earthen heritage, these landscapes are vastly diverse in their geography, composition, form, and socio-cultural contexts. Furthermore, particularities of the raw materials available (e.g. clay minerals, soil characteristics) and resulting building technologies (e.g. adobe, wattle and daub, rammed earth, excavation) are vastly diverse. As a result, defining universal concepts and parameters for landscapes that integrate earthen heritage represents a significant challenge.

The survey reveals that key tangible aspects of ECLS are the “spatial relationships between built and natural features”, “sources of building materials”, and “architectural groupings”. These characteristics underscore the emphasis placed on the relationship of earthen structures to their surroundings, which often include the soil quarries and riverbeds that are the source of the building materials. Similarly, the distribution and grouping of earthen structures across the terrain contribute to the significance and uniqueness of ECLS, as is the case with any cultural landscape. However, there appears to be a perceived need to categorize and consider ECLS independently of or as distinct from other cultural landscapes. One consideration highlighted by many respondents is the significant role of earthen structures in agriculture, irrigation, and water conveyance in many parts of the world. The unavoidable manipulation of earth in the creation of berms, ditches, terrace retaining walls and other formations intrinsic to agriculture, closely ties ECLS to agricultural land use and irrigation infrastructure. The terraced hillsides of the pueblo of Mocha in Chile (fig. 6) epitomizes the intimate relationship between earthen agricultural structures and the natural terrain. Another possible factor that distinguishes ECLS from other landscapes lies in the threats to their continuity, discussed below in Section 5.

When asked to rank key intangible characteristics of ECLS, survey participants continued to emphasize the human-environment nexus and underscored cultural practice. The most popular concepts were “transmission of knowledge”, “interactions between humans and nature” and “living traditions”, highlighting not only the relationship between humankind and its surroundings, but underscoring the traditional practices that take place and cultural identity that develops within the cultural landscape. In particular, the survey revealed that the relationship of humans to their environment is mediated through a technical know-how that facilitates the creation of earthen structures. The resulting technology becomes an intrinsic part of the ECL and is associated with the resident culture(s) that have historically valued the relevant transmission of knowledge. As a result, the relationship to the environment is expressed through the continuity of the building technology that ultimately becomes part of the cultural identity.



Fig. 5 Al-Hajarayn, Wadi Do'an, Hadhramaut Governorate, Yemen, photo: Pamela Jerome



Fig. 7 Dogon Village, Mali, photo: Isabel Kanan

The human connection to an ECL intrinsically relies on a mixture of value assignments that include the technical knowledge to access, extract, and use the resources available to create earthen structures. The earthen structures of the Dogon Valley in Mali (fig. 7) are representative of a continuing tradition and know-how adapted to its surroundings. Similarly, the traditional homes (yaodong) excavated from the hills of Sujia Village in Shanxi Province, China (fig. 8) reveal an innovative housing response to the compact loess soil of the region. According to survey participants, the values above represent the most significant aspects of ECLs to be preserved. Therefore, these factors are intrinsic to the nature of ECLs and contribute considerably to their overall significance, underlying a defining concept for the characteristics of these landscapes.

4. THREATS TO ECLS

The survey attempted to highlight specific threats to the continuity and preservation of ECLs, organizing questions to this end around environmental, socio-political, and economic categories. Environmental threats most highlighted by survey respondents include “changing land use”, “loss of habitability”, and “climate change”, bringing to the fore external forces that are altering past and present-day uses. Increased need for land due to urban development and agricultural expansion is placing pressure on ECLs, resulting in partial or total loss of physical heritage and displacement of resident communities. Similarly, the inability of residents to inhabit their traditional settlements due to climate change and socioeconomic forces results in abandonment of ECLs that severely threatens their continuity as living cultural landscapes and undermines their value as heritage. An abandoned 18th-19th c. adobe and rammed earth home in Barragem de Montargil, Portugal (fig. 9) provides a poignant example of the cost of neglect. At a much larger scale, the World Heritage Site of Nisa (fig. 10), in Turkmenistan, reveals the impact of a cataclysmic

Fig. 6 Mocha, Tarapacá, Chile, photo: Natalia Jorquera



event: having served as the seat of government of the great Parthian Empire for the first two centuries BCE, the site was largely abandoned after an earthquake destroyed it in the first decade BCE.

Socio-political threats underscored by the survey include the pressures and encroachment of urbanization and lack of formal recognition of earthen architecture and their landscapes. Respondents highlighted that the lack of recognition of earthen building techniques and forms as viable construction options often result in regulations and maintenance/repair practices that are detrimental to the survival of ECLs. Thus, building codes and architectural standards undermine earthen structures, on the one hand identifying them as incapable of meeting modern safety standards while not providing adequate guidelines for maintenance and repair on the other. Additionally, there is a sense that many places associate earthen structures and, by extension, their surrounding landscape with delayed economic development.

This interpretation of ECLs contributes to a variety of economic threats. The lack of a recognized and developed industry of earthen building and repair in many localities makes modern building materials and technologies far more affordable than continued maintenance or new construction of earthen structures. Since there are few market opportunities for traditional building practices, this also results in the loss of technical know-how and undermines the transmission of relevant knowledge. These realities mean that stewardship of earthen heritage has often become economically impractical and caused these landscapes to be associated with a lack of economic development rather than interpreted as the result of human ingenuity and interaction with the environment.

5. RECOMMENDATIONS AND NEXT STEPS

Relying on the definitions and key concepts that have emerged from this research, the landscape group aims to expand its preliminary ECL Atlas and establish standards for the identification and preservation of these unique and significant heritage places. While refinement of terminology and definitions is ongoing, fundamental concepts have emerged that will inform future recommendations and guidelines for the protection of ECLs. These are: 1) the significance of ECLs as representative of the negotiation between humans and their environment, with particular focus on the capacity of communities to exploit local resources to develop earthen structures; 2) the importance of the transmission of knowledge as intrinsic to the continuity of the building traditions and the survival of extant structures, which



Fig. 8 Sujia Village, Shanxi Province, China, photo: Jonathan S. Bell



Fig. 10 Nisa, Turkmenistan, photo: Natalia Turekolova

call for specific maintenance and repair techniques; 3) changes in the natural environment and land use threaten the continuation of ECLs and result in neglect and/or abandonment; 4) a lack of recognition of earthen architecture and its related landscape among policy-makers, developers, planners, and architects has relegated associated building materials and technology to the past and attributed its continuity in many places to a lack of economic development; and 5) economic forces and lacking industry related to earthen architecture threaten the capacity of ECL communities to uphold building traditions and maintain extant groupings of earthen structures.

Considering these major factors, we have developed preliminary recommendations for the future viability and managed protection of ECLs. These recommendations reach across sectors and call for the involvement of lawmakers, heritage professionals, and local residents and stakeholders to encourage the survival and prosperity of these places. They include: 1) compelling the tourism industry to interpret the interaction between humans and their environment, privileging the resulting cultural landscape over specific heritage buildings separate from their environment (e.g. highlight soil quarries as part of tours; interpret the color and texture of earthen structures in relation to local soils and clays; highlight building forms and layouts as responses to local climate and other contextual factors); 2) facilitating the development of an earthen building industry by supporting the transfer of knowledge and craftsmanship in coordination with marketing to local residents and owners of earthen properties, thus encouraging demand while ensuring the supply (e.g. government subsidies for training, licensing of approved earthen builders; tax breaks for repairs and rehabilitation carried out by licensed professionals); 3) collaborating with government officials, local planners, and policymakers to ensure building codes and regulations privilege extant building groups within ECLs and curtail inappropriate development or land use (e.g. establish requirements for building height, form and construction type; develop safety regulations and guidelines

relevant to earthen structures; promote tax breaks and other incentives to maintain appropriate development and land use); 4) encouraging local recognition of ECLs and their architectural components through designation and public messaging (e.g. designate earthen heritage and its surroundings as protected heritage; develop public outreach that highlights the value and benefits of earthen buildings and their groupings across a landscape); and 5) supporting research and innovation contributing towards the survival and continuity of ECLs through subsidized investigations (e.g. secure government or industry subsidies for academic and industrial research related to earthen building technology; encourage development of solutions to the challenges of climate change and other environmental threats).

The next phase of the research will refine the defining parameters and principles of ECLs and elaborate the guidelines for their management and protection for professional use. The final product will be a developed Atlas that serves as a general reference and illustrates the identified principles, threats, opportunities, and recommended strategies. The ISCEAH landscape group appeals to all heritage professionals, researchers, and government representatives interested in the endeavor for assistance in developing the final product through recommendations of ECLs to be included and additional considerations.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Cosgrove, D. (1998). *Social formation and symbolic landscape*. Madison, Wis.: University of Wisconsin Press.
- Cosgrove, D. and Jackson P. (1987). New Directions in Cultural Geography. In *Area*, 19, pp. 95-101.
- Sauer, C. (1941). Foreword to Historical Geography. In *Annals of the Association of American Geographers*, 31, pp.1-24.

Fig. 9 Barragem de Montargil, Portalegre, Portugal. Abandoned home, photo: Maria Fernandes



EL TABIQUE-ADOBILLO, UNA TÉCNICA SISMORRESISTENTE DE VALPARAÍSO

AUTORES

Natalia JORQUERA SILVA

Departamento de Arquitectura, Universidad de Chile

Rocío CISTERNAS OLGUÍN

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile

RESUMEN

La arquitectura del área histórica de Valparaíso, incluida en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO, está construida con una técnica mixta compuesta por un entramado de madera (tabique) relleno con un bloque de tierra conocido como “adobillo”. Esta técnica, nacida a mediados del siglo XIX cuando Valparaíso era el principal puerto del Océano Pacífico, permitió a las construcciones adaptarse a la intrincada topografía y sobrevivir a los numerosos terremotos que han afectado la ciudad. No obstante su importancia, el tabique-adobillo es desconocido para los habitantes y autoridades locales y no ha sido valorado como parte del patrimonio de la ciudad. En ese contexto y con la idea de poner en valor la técnica, durante el 2014 se desarrolló en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, la investigación “El rol del adobillo en la conformación del patrimonio de Valparaíso”. Así, el objetivo del presente artículo es dar a conocer la difusión geográfica de la técnica, las tipologías arquitectónicas que se basan en ella, y mostrar una caracterización completa de la técnica, haciendo énfasis en los aspectos que han permitido su buen comportamiento sismorresistente.

INTRODUCCIÓN

El área histórica de la ciudad de Valparaíso (fig. 1) incluida en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO en el año 2003, se conformó cuando producto de la independencia de la corona española (1818), la economía chilena se abrió a nuevos mercados mundiales y Valparaíso, gracias a su posición estratégica (33°03'S, 71°38'O), se transformó en el principal puerto del Océano Pacífico. La intensa actividad mercantil, hizo que a partir de 1820 llegaran a la ciudad “comerciantes provenientes de Europa, en particular ingleses, franceses y alemanes... [quienes] dejaron huellas de su permanencia, en la arquitectura y en el diseño de los edificios construidos en distintos puntos de la naciente ciudad puerto...” (Sánchez & Jiménez, 2011, p. 563), edificios que afrontaron el desafío de habitar la peculiar geografía de Valparaíso, compuesta de una bahía con una estrecha planicie costera y una serie de cerros alrededor que se yerguen conformando un anfiteatro natural. El habitar los cerros con viviendas que parecen colgar de ellos, fue posible gracias a la técnica de construcción mixta tabique de madera-adobillo, cuya flexibilidad y sistema modular de ensamblaje permitió adaptarse a la pendiente en variadas formas. Debido a que dicha técnica es protegida con coloridos revestimientos metálicos -que constituyen la imagen característica de Valparaíso-, esta técnica es poco conocida y valorada, no apareciendo mencionada en el expediente de Postulación de Valparaíso como Sitio del Patrimonio Mundial UNESCO (Consejo de Monu-

mentos Nacionales, 2003), ni tampoco en textos académicos ni de difusión. Esto explica el porqué no existen normas de edificación que promuevan la conservación de la técnica y porqué cuando se realizan labores de recuperación del patrimonio arquitectónico, lo primero que se hace es “vaciar del adobillo a las estructuras de madera, restándoles habitabilidad y dejándolas vulnerables a la deformación lateral en caso de sismo” (Jorquera, 2014, p. 34).

Fig. 1 Ubicación de Valparaíso, fuente: autores



1. METODOLOGÍA EMPLEADA

Para cumplir con los objetivos de conocer la difusión territorial del tabique-adobillo y poder caracterizar minuciosamente la técnica, se conjugaron métodos indirectos y directos de recolección de información. En cuanto a los métodos indirectos, se procedió a consultar la escasa literatura existente sobre la técnica (Guzmán, 1976; Waisberg, 1988; Mollen, 2013; Jorquera, 2014-2015), complementándola con información sobre la arquitectura y la historia de Valparaíso. Con ello se obtuvo una idea preliminar del origen y difusión del tabique-adobillo. A continuación, se revisó el archivo histórico de la Ilustre Municipalidad de Valparaíso, en el cual se encontraron algunos planos históricos de viviendas construidas en tabique-adobillo, así como sus respectivas especificaciones técnicas, gracias a las cuales se pudo obtener en detalle información sobre los materiales empleados, sus dimensiones y características. Todo lo anterior fue sólo la base para el exhaustivo trabajo de campo realizado, a partir del cual se obtuvo la mayor parte de la información; éste comenzó con la realización de un catastro de la totalidad de las viviendas de los dos cerros más antiguos de Valparaíso (alrededor de 160 viviendas), donde se identificó cuáles de ellas eran construidas en tabique-adobillo. Posteriormente, utilizando tablas de sistematización de información, se comparó las características de las viviendas (morfología, número de pisos, usos actual, etc.) para determinar las tipologías arquitectónicas que emplean el tabique-adobillo. Finalmente, se analizaron viviendas en ruinas y en proceso de rehabilitación para poder observar y medir directamente las estructuras de madera y los bloques de adobillo a la vista. Para completar toda la información, se realizaron entrevistas semi-estructuradas a profesionales que han realizado proyectos de rehabilitación en viviendas de tabique-adobillo y a habitantes de ellas.

2. ORIGEN Y DIFUSIÓN DE LA TÉCNICA

La técnica tabique-adobillo nació como repuesta a varios condicionantes del contexto histórico-ambiental de Valparaíso a mediados del siglo XIX: la necesidad de construir rápidamente una ciudad que aumentaba su población vertiginosamente; el desafío de habitar la intrincada topografía de la ciudad y de concebir estructuras sismo-resistentes; y la oportunidad que significó la abundancia de madera que llegó al puerto como lastre de las embarcaciones. Así, resulta interesante cómo se logró una gran libertad y variedad arquitectónica, propia de la multiculturalidad de los habitantes y del habitar orgánicamente la especial geografía de la ciudad, a través de una tecnología casi estandarizada, con estructuras de madera del mismo diseño y dimensiones, así como con un bloque estándar concebido para ser perfectamente encajado en el entramado, permitiendo “mayor liviandad de las fábricas, rapidez en la ejecución, menores costos...” (Duarte y Zuñiga, 2007).

En cuanto a la ubicación de la técnica, se determinó -de acuerdo a la información recolectada durante la primera etapa de la investigación-, que las áreas donde ésta apareció son las siguientes (fig. 2):

- los cerros de Valparaíso: concentrándose en aquellos de ocupación más antigua y de origen extranjero, siendo éstos los cerros Alegre, Concepción y Playa Ancha, cuyas viviendas se encuentran

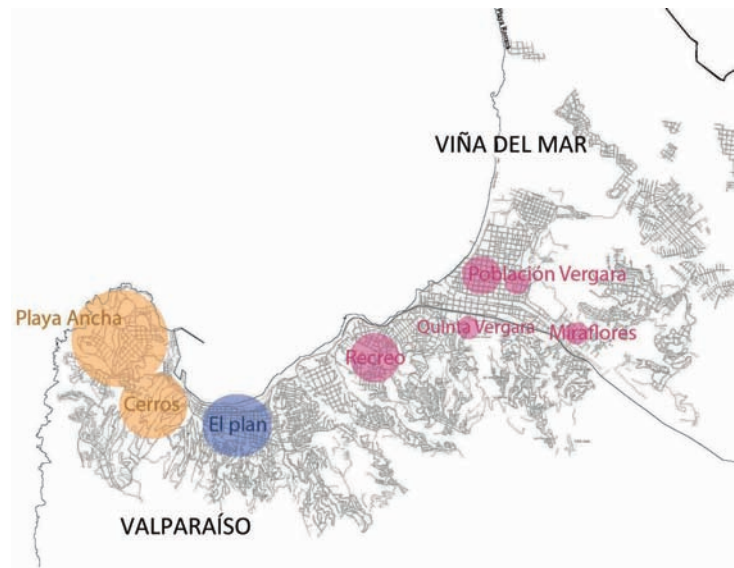


Fig. 2 Difusión del tabique-adobillo en la provincia de Valparaíso, fuente: autores

completamente construidas con entramado de madera relleno de adobillo, tanto en muros exteriores como interiores.

- el Plan de Valparaíso (parte baja de la ciudad): presentándose en muros interiores de edificios institucionales de carácter monumental, cuyos muros resistentes exteriores son de albañilería de ladrillo, razón por la cual la presencia de la técnica es menos evidente.
- Viña del Mar y Recreo (al norte de Valparaíso): presente en casos puntuales, como en conjuntos de viviendas y en algunos casos de arquitectura monumental.

Analizando las fechas de las edificaciones encontradas, sabiendo que la técnica apareció con posterioridad a la Independencia de Chile de España (1818) y considerando que la ocupación de los cerros Alegre y Concepción empieza en las décadas de 1820-1830, se establece dicha década como la de aparición de la técnica en la ciudad, habiéndose luego utilizado durante todo el siglo XIX y disminuyendo su uso con posterioridad al gran terremoto de 1906 que afectó Valparaíso. En dicho terremoto, si bien la técnica demostró un buen comportamiento estructural, empezó a ser paulatinamente reemplazada por nuevos materiales como el acero y el hormigón armado, disminuyendo aún más su uso con posterioridad a la apertura del Canal de Panamá en 1914, después de la cual Valparaíso empezó un proceso grave de decadencia económica que hizo que disminuyera el auge de la construcción.

3. PRESENCIA DEL TABIQUE-ADOBILLO EN LA ZONA PATRIMONIO MUNDIAL

Como se mencionó, es en los cerros Alegre y Concepción, es decir, los de más antiguo poblamiento del Área Histórica de Valparaíso inscrita en la Lista del Patrimonio Mundial, donde se concentra la mayor cantidad de edificaciones construidas enteramente en tabique de madera y adobillo. Gracias a la reconocida importancia patrimonial de dichos cerros, su arquitectura histórica se ha preservado de manera casi intacta -cambiando en muchos casos su uso pero no su configuración-, conservándose también la técnica en mayor grado respecto a los otros sectores. Las tipologías arquitectónicas que allí existen y que por lo tanto se encuentran construidas en tabique-adobillo, se diferencian principalmente por su manera de adaptación a la pendiente de los cerros (fig. 3): “Hay construcciones que se emplazan



Fig. 3 Diversas tipologías arquitectónicas construidas con tabique-adobillo, fuente: autores

reconstruyendo el plano horizontal por desmonte, relleno o construcción de un piso zócalo... Hay edificios colectivos consistentes en un volumen único articulado con un pasillo o calle interior que permite el acceso a los distintos niveles; el escalonamiento se produce en el interior y no se aprecia en el exterior. Está también la edificación en meseta: se aumenta el terreno horizontal disponible ampliando con excavaciones las terrazas naturales; si el plano horizontal es todavía estrecho se amplía mediante la construcción en voladizo o con pilares” (Consejo de Monumentos Nacionales, 2004, p. 33). Para determinar la presencia actual del tabique-adobillo en los cerros en estudio, se procedió a catastrar todas las viviendas históricas existentes para identificar su sistema constructivo predominante, a partir de la observación de aquellas partes de muros que en algunos casos se encontraban a la vista, del análisis del espesor de muros, la modulación de puertas y ventanas, y de la entrevista a algunos habitantes. Así, se determinó que la presencia del tabique-adobillo en toda la construcción o en los pisos superiores de la misma supera el 70% en ambos cerros (fig. 4), coincidiendo este porcentaje con la presencia de viviendas históricas construidas a mitad del siglo XIX.

4. DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

“... esta técnica representa un punto de transición entre los procesos artesanales de construcción y aquellos modernos y estandarizados, como resultado del proceso de industrialización incipiente que vivía la ciudad a mediados del siglo XIX...”¹ (Jorquera, 2015, p. 241).

Seguramente debido al hecho de que es conocido el arribo de gran cantidad de madera a Valparaíso, utilizada como lastre de las embarcaciones, se piensa que la arquitectura de Valparaíso está construida completamente en madera, desconociendo la importancia del bloque de adobillo. Así, importantes descripciones de la arquitectura de la ciudad como la que aparece en la *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World* aseveran “Todos los edificios son generalmente construcciones de madera tipo balloon-frame, con entablados de madera y planchas de zinc en la techumbre...”² (Munizaga, 1997,

¹ Traducción propia del original en inglés: “... this technique represents a transition point between artisanal construction processes and modern standard ones, as a result of the incipient industrialization process experienced by the city in the 19th Century”.

² Traducción propia del original en inglés: “All buildings are generally balloon-frame, timber construction, with wood planking and zinc sheet roofing...”

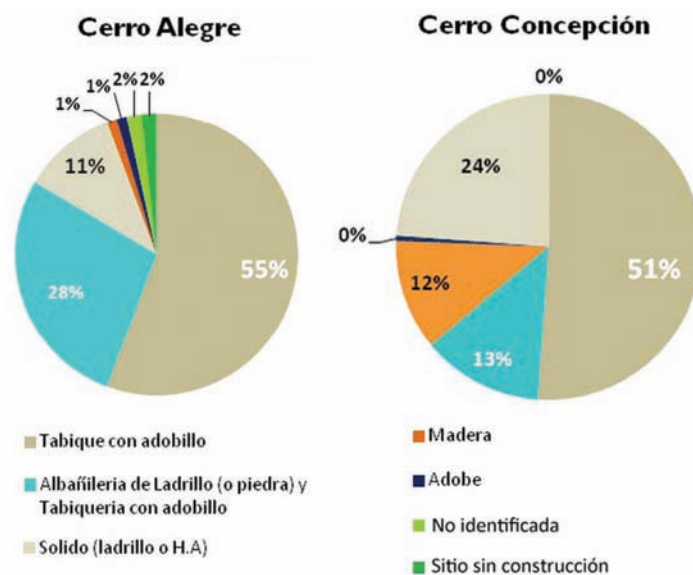


Fig. 4 Presencia del tabique-adobillo en los Cerros Alegre y Concepción, fuente: autores

p. 1661).

Recurriendo a las mencionadas fuentes indirectas, además del análisis directo de once viviendas en estado de ruinas encontradas en los Cerros Alegre y Concepción, ha sido posible realizar la caracterización de la técnica que se presenta a continuación (fig. 5).

4.1. ESTRUCTURA DEL SISTEMA TABIQUE-ADOBILLO

La estructura maestra del sistema tabique-adobillo es un entramado de madera compuesto por pies derechos, soleras y diagonales, donde los diversos niveles del edificio se encuentran separados por entrepisos también de madera; por esta razón no se trata de un sistema *balloon-frame* donde los pies derechos poseen la altura de todo el edificio, sino más bien un “*platform frame*”, donde los entrepisos hacen de plataforma que separan los distintos niveles. “Los pies derechos de la estructura se ubican a 50 cm de distancia, mientras las soleras y diagonales se ubican a distancia variable” (Cisternas, 2014, p. 53). Las secciones de los maderos varían en algunos casos, siendo las siguientes las encontradas:

- Pies derechos y diagonales del primer nivel: 4”x4”, 6”x4” o 3”x4”
- Pies derechos y diagonales de los siguientes niveles: varían entre 4”x4”, 4”x3”, 4”x5”

Adicionalmente existe una estructura auxiliar, compuesta por listones de 1”x1”, unidos a los pies derechos, cuya función es sujetar el bloque de adobillo a la estructura principal, evitando su vaciamiento en caso de sismos. Estos listones secundarios también se encuentran en las diagonales del tabique, entre las cuales los adobillos deben ser cortados.

En todos los casos analizados se encontró madera de roble llamado “roble pellín”, labrada manualmente.

4.2. BLOQUE “ADOBILLO”

El bloque de adobillo cumple el rol de relleno de la estructura, brindando el confort térmico y acústico de la edificación; adicionalmente el adobillo, gracias a sus dimensiones y sujeción a la estructura, actúa como arrostro de la misma frente a esfuerzos dinámicos.

El adobillo consiste en “adobe de forma especial que mide 10x15x50 cm y tiene en los extremos unas ranuras para alojar listones verticales de 1x1” (Guzmán, 1976, p. 102) (fig. 6) gracias a los cuales los bloques se sujetan a la estructura de madera (fig. 7). El nombre “adobillo” seguramente hace alusión al tamaño más pequeño de este bloque respecto a

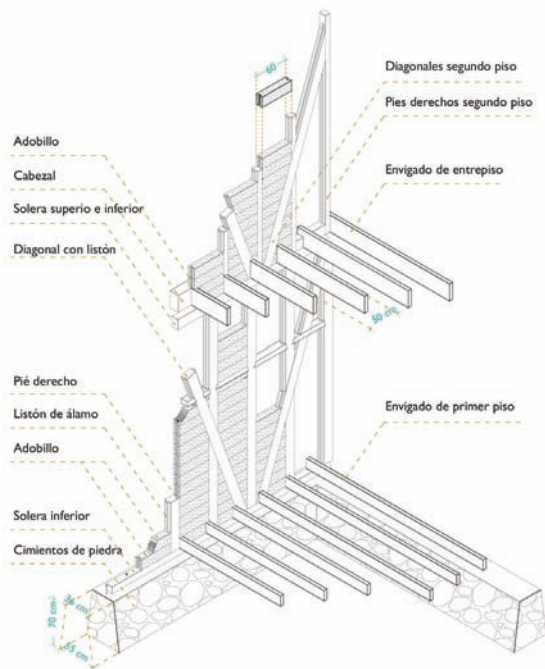


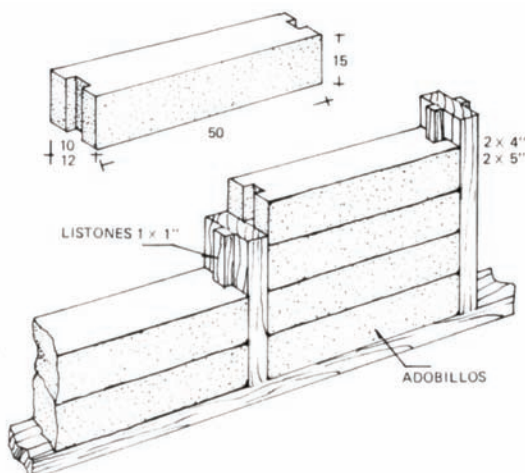
Fig. 5 Esquema isométrico técnica tabique-adobillo, fuente: autores

un adobe de Chile central, de dimensiones 10x30x60 cm. El bloque es confeccionado con tierra del lugar, compuesta por abundante arcilla (20-30%), arena y paja larga, todo secado naturalmente sin ningún proceso de cocción. En los bloques analizados no se encontró presencia de estabilizantes como arena añadida o cal. Los bloques de adobillos van asentados unos sobre otros con un mortero de pega confeccionado con la misma tierra del bloque pero sin paja; el espesor de dicho mortero es de alrededor de 1 cm.

4.3. SISTEMA DE SUJECIÓN DE LOS BLOQUES

A pesar de que los adobillos se encuentran sujetos a la estructura principal a través de los mencionados listones, en los casos analizados se encontraron otros sistemas adicionales de sujeción, cuya función es prevenir el volcamiento de los bloques en casos de sismos perpendiculares al plano, siendo éstos: alambres dispuestos en diagonal, listones de madera, mallas de acero de diferentes formas, o incluso elementos de reciclaje como placas metálicas sobrantes de industrias de tapas de bebida (fig. 8). Estos distintos medios de sujeción cumplen además la función secundaria de lograr una mejor adherencia del revoque de terminación de tierra a la estructura de madera (Cisternas, 2014).

Fig. 6 Detalle bloque adobillo, fuente: Euclides Guzmán, 1976



4.4. REVESTIMIENTOS

Madera y adobillo son recubiertos con un primer revoque grueso de tierra y paja, dispuesto sobre los elementos de sujeción antes mencionados; sobre él se realizan distintas terminaciones. Al interior se realizan otras dos capas de revoques de tierra, tamizadas en forma decreciente y con paja corta y sin paja respectivamente, sobre la cual se realiza una terminación de yeso y una capa final de pintura (fig. 9). En los paramentos exteriores, debido a la gran humedad de Valparaíso y a la salinidad propia de una localidad marítima, se encuentran distintos tipos de revestimientos que cumplen la función de proteger tanto a la madera de la estructura como al bloque de tierra, siendo el más común la plancha de zinc micro-ondulado –conocido como “calamina”- (fig. 10), o bien un simple entablado de madera, todo lo cual es finalmente pintado de colores vivos, dando la característica imagen a la arquitectura de Valparaíso.

5. SISMORRESISTENCIA DEL SISTEMA TABIQUE-ADOBILLO

A lo largo de su historia la ciudad de Valparaíso ha sido azotada por diversos terremotos que han provocado daños considerables en ella, siendo los más destructivos los terremotos “de los años 1730, 1751 con salidas de mar que devastaron el villorrio original y al inicio del siglo XX, el sismo del año 1906... un hito en la historia de la ciudad, la que quedó devastada y donde murieron más de 3.000 personas” (Sánchez & Jiménez, 2011, p. 584). A ello se suma que debido a la naturaleza del terreno, los sismos son especialmente destructivos, pues “Valparaíso, que por su emplazamiento, en parte sobre una antigua playa de arena, y por otra, cubierta por rellenos artificiales provenientes de escombros y sedimentos aportados por sus quebradas, está más expuesta a los efectos de los movimientos sísmicos” (Ibíd. p. 560).

Debido a esta fuerte acción sísmica, de las primeras edificaciones anteriores al siglo XIX no resta nada, siendo los edificios más antiguos de la ciudad aquellos construidos en tabique de madera-adobillo estudiados, lo que demuestra la eficacia de la técnica que posteriormente ha sobrevivido a los sismos de 1965, 1981, 1985 y 2010 que han azotado la ciudad.

La eficaz respuesta que ha demostrado la técnica tabique-adobillo frente a los sismos, se debe a “Las grandes propiedades elásticas de la madera, sus características de flexibilidad, liviandad y deformabilidad sin alcanzar el punto de rotura... Además los elementos de

Fig. 7 Detalle pies derechos de madera y bloque de adobillo ensamblado a ellos, fuente: autores



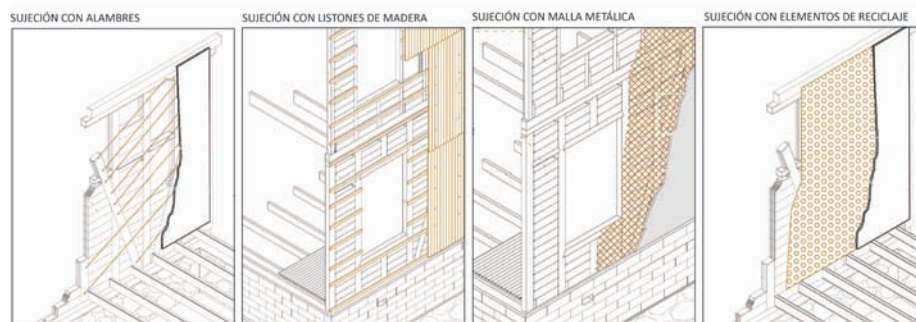


Fig. 8 Dibujo de los distintos sistemas de sujeción auxiliares, fuente: autores

entramado dividen la estructura en secciones, lo que previene la aparición de grietas en los elementos de albañilería³ (Dipasquale, Omar & Mecca, 2015: 236). De hecho, en otras zonas sísmicas del mundo como Turquía, Grecia, Portugal y Lisboa, existen técnicas similares al tabique-adobillo, basadas en entramados de madera rellenos de bloques de adobe, ladrillo o piedra, las cuales han sido consideradas como sistemas sismorresistentes tradicionales. Sin embargo, un aspecto que hace único al sistema tabique-adobillo es la conexión eficiente entre estructura y bloque, solución que es además mejorada con los elementos de sujeción adicionales mencionados (alambres, listones, etc.), que evitan los peligrosos vaciamentos de los bloques. Este aspecto es fundamental no sólo para la conservación del patrimonio arquitectónico, sino también para salvar vidas, pues si bien la caída de los bloques no provoca el colapso de la estructura, sí podría provocar pérdidas humanas, sobre todo en el caso chileno donde los bloques al ser de grandes dimensiones, pesan alrededor de 30kg cada uno. De hecho, en el terremoto de magnitud 8.8Mw que afectó la zona central de Chile en el año 2010, en Valparaíso no se verificaron ni daños graves en el patrimonio construido ni pérdidas humanas. Por último, cabe destacar, que muchas mejoras introducidas en años recientes en la búsqueda de un mejor comportamiento sismorresistente de las estructuras de tierra, se basan en evitar el vaciamiento de sus componentes, introduciendo sistemas de confinamiento o mejorando las conexiones, principios que se encuentran ya presentes en el sistema tabique-adobillo.

CONCLUSIONES

Como se ha visto, a pesar de ser una técnica poco conocida, el tabique-adobillo ha sido fundamental en la construcción de la arquitectura de Valparaíso: gracias a la versatilidad de la estructura de madera, la arquitectura pudo adaptarse a la intrincada topografía de la ciudad y pudo adquirir mayor altura acogiendo a la gran población que llegó a mediados del siglo XIX al otrora principal puerto del Pacífico. Además, cabe destacar el hecho de que con una única técnica se pudo construir variadas tipologías arquitectónicas para variados grupos sociales, siendo entonces una técnica al servicio de la diversidad cultural que caracterizó Valparaíso.

Por otro lado, la utilización de una estructura de madera permitió la apertura de grandes ventanas para dejar pasar una buena iluminación natural, mientras que el bloque de adobillo, confirió buenas condiciones térmicas y acústicas, otorgando la técnica en su conjunto buenas condiciones de habitabilidad, de acuerdo a los estándares que empiezan a perseguirse a fines del siglo XIX.

Respecto a la respuesta a los sismos, como se mencionó, la técnica ha demostrado un buen comportamiento a lo largo de más de ciento

cincuenta años, permitiendo la conservación del patrimonio construido y protegiendo la vida de sus habitantes, siendo un caso único en el contexto chileno.

Por último, dada la flexibilidad propia de una estructura entramado de madera, así como del bloque que está simplemente ensamblado a ella, es que la técnica permite hoy operaciones de transformación de la arquitectura, adaptándola a los nuevos usos y demandas de la vida actual, sin ser necesario demoler las edificaciones históricas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cisternas, R. (2014). *El adobillo de Valparaíso. Su rol en la conformación del patrimonio*. Prof. guía N. Jorquera. Seminario de Investigación, Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile, Santiago.
- Consejo de Monumentos Nacionales (2004). *Postulación de Valparaíso como Sitio del Patrimonio Mundial UNESCO*. Cuadernos del Consejo de Monumentos Nacionales, Segunda Serie N° 70, Santiago.
- Duarte, P. y Zuñiga, I. (2007). Valparaíso cosmopolita: los efectos de la disposición hacia la técnica como parte de un espíritu progresista del siglo XIX. En *Revista de Urbanismo* n°17. Ed. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Chile.
- Dipasquale, L., Omar, D. y Mecca, S. (2015). Earthquake resistant systems. En Correia, Dipasquale, Mecca (ed.). *VERSUS Heritage for tomorrow. Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture*. Firenze University Press, Florencia, p.233-239.
- Guzmán, E. (1976). *Curso elemental de edificación*, Universidad de Chile, Santiago.
- Jorquera, N. (2014). Culturas constructivas que conforman el patrimonio chileno construido en tierra. En *revista AUS Arquitectural/Urbanismo/Sostenibilidad*, n°16, Valdivia, p.28-33.
- Jorquera, N. (2015). Wooden frame fill with adobillo block. En Correia, Dipasquale, Mecca (ed.). *VERSUS Heritage for tomorrow. Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture*. Firenze University Press, Florencia, p. 241-242.
- Mollen, N. (2013). Revealing the cultural significance of historic urban landscapes: Valparaíso as a case of study. Tesis de Magister de la Eindhoven University of Technology, Eindhoven.
- Munizaga, G. (1997). Ports: Euro-Chilean (Chile). En Oliver, P., *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*, V.3, Cambridge, p. 1661.
- Sánchez, A. y Jiménez, C. (2011). Valparaíso: la ciudad-puerto más importante de Chile y la vulnerabilidad de su patrimonio arquitectónico a los riesgos sísmicos. En *revista de Estudios Geográficos*, Vol. LXXII, 271, pp. 559-589.
- Waisberg, M. (1988). *Casas de Playa Ancha: la vivienda de fines del siglo XIX en Valparaíso*. Chile: Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico.

Fig. 9 Imagen revestimiento interior del tabique-adobillo, fuente: autores



Fig. 10 Imagen revestimiento exterior del tabique-adobillo, fuente: autores



³ Traducción propia del original en inglés: 'The great elastic properties of wood, its characteristics of flexibility, lightness and deformability without reaching the breaking point... Moreover, timber elements divide the structure into sections, which prevent the spread of cracks occurring in portions of the masonry'.

ATLAS TIERRA ARGENTINA. TÉCNICAS Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS

AUTORES

Rodolfo ROTONDARO

Programa Arconti-IAA-FADU-UBA, Argentina

Mirta Eufemia SOSA

Guillermo ROLÓN

Stella Maris LATINA

Centro CRIATiC-FAU-UNT, Argentina

RESUMEN

Argentina ocupa un extenso territorio con diversidad de paisajes culturales y climas. A lo largo de su historia se han desarrollado técnicas de construcción con tierra como las mamposterías, los entramados y los sistemas monolíticos, que han generado diferentes expresiones arquitectónicas. El presente artículo aborda el trabajo de investigación referido a las técnicas y procesos constructivos de la arquitectura de tierra en el país. Los principales objetivos son identificar patrones tecnológicos desarrollados en el territorio desde épocas prehispánicas hasta la actualidad y editar un Atlas de la Construcción con Tierra de Argentina.

La metodología empleada consistió en: el registro y análisis bibliográfico; el estudio de casos de construcciones vernáculas y contemporáneas, y bienes patrimoniales; entrevistas a constructores y especialistas en diferentes disciplinas. Todo este material será volcado en un sistema cartográfico a través de una plataforma SIG con el fin de asociar y visualizar simultáneamente la información obtenida, para reflejar la existencia, distribución, diversidad y forma de producción de las técnicas constructivas en el territorio. Asimismo, se busca identificar las permanencias y cambios de la tecnología tradicional entre la arquitectura vernácula y la contemporánea.

INTRODUCCIÓN

En la Asamblea de la Red PROTERRA realizada en el año 2012 en Lima, durante el XII Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra, se decide realizar el Atlas de Arquitectura de Tierra de Iberoamérica. En concordancia con ello, dos de los autores (Rotondaro y Sosa) se comprometen a elaborar el Atlas nacional, con objetivos propios.

Se constituyó un equipo con investigadores y profesionales que trabajan en el tema, a fin de realizar un mapeo de la distribución y producción de las técnicas de construcción con tierra. Si bien en Argentina hay antecedentes del mapeo de materiales y técnicas (Kühn, 1924; Chiozza y Aparicio, 1961), los casos están referidos sólo a vivienda. Es recién en las décadas de 1970 y 1980 cuando la arquitectura de tierra adquiere relevancia en el campo disciplinar del patrimonio arquitectónico. A pesar de ello, no existía el interés particular en realizar un cartografiado, máxime considerando la diversidad cultural y natural del territorio argentino.

Es a partir de fines del siglo XX cuando comienzan a realizarse estudios sobre la distribución geográfica de tipos de arquitectura y tecnologías constructivas. Fueron los primeros antecedentes que describieron y delinearon un cartografiado y una descripción de las técnicas utilizadas en Argentina, destacándose entre ellos “Arquitectura de

Tierra en Iberoamérica” (Viñuales et al., 1994) y “Técnicas Mixtas de Construcción con Tierra” (Martins Neves 2003).

OBJETIVOS

El Atlas Tierra Argentina planteó como objetivos:

- Elaborar una base de datos sobre la producción bibliográfica, fotográfica y audiovisual de edificios y equipamientos construidos con tierra.
- Realizar un registro, sistematización y zonificación de la producción de las técnicas constructivas con tierra en el territorio, desde el período prehispánico hasta la actualidad.
- Desarrollar una base de datos empleando una plataforma SIG (Sistema de Información Geográfica) que permita la divulgación, consulta y actualización del Atlas.

1. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este extenso trabajo se constituyó un equipo vinculando grupos regionales de investigación de: Programa ARCONTI, de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la UBA;

CRIATiC, de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNT; Escuela de Arquitectura de la Universidad Nacional de La Rioja; Instituto de Investigaciones Geohistóricas de la Universidad Nacional del Nordeste, Chaco; e Instituto de Planificación y Hábitat Sustentable de la Universidad del Chubut. Asimismo, participan del proyecto profesionales independientes, organismos del Estado y estudiantes de arquitectura y arqueología de las universidades arriba mencionadas. Este equipo se encuentra coordinado por los grupos de Buenos Aires y Tucumán.

1.1. VARIABLES DE ANÁLISIS

Con el fin de orientar la investigación y organizar la información se adoptaron las siguientes variables de análisis:

- a) **Períodos históricos y prehistórico:** se identificaron la tecnología y la expresión arquitectónica vinculada a los períodos que vivió la región: prehispánico, colonial, republicano y contemporáneo.
- b) **Sistemas constructivos:** se consideraron las técnicas constructivas utilizadas en la construcción del hábitat incluyendo el equipamiento doméstico y productivo (corrales, hornos, estufas, otros); las demarcaciones en el territorio (cercos, terraplenes, fortificaciones, diques, andenes de cultivo); y los edificios declarados Monumento Histórico Nacional por la Comisión Nacional de Museos, Monumentos y Lugares Históricos (CNMMyLH).

1.2. ETAPAS DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

- a) **Registro bibliográfico-documental:** se efectuó mediante la búsqueda y recopilación de información bibliográfica: documental, fotográfica, cartográfica y audiovisual, en bibliotecas de organismos públicos nacionales, universidades, centros de investigación e Internet. La información obtenida se registra en un gestor bibliográfico.
- b) **Registro de campo:** el relevamiento de edificios y equipamientos se realizó con la misma fichas diseñadas para volcar la información recogida (Anexo I). Incluye datos geográficos, históricos y técnicos de los edificios, imágenes, croquis y entrevistas a pobladores, constructores, profesionales, docentes e investigadores vinculados -directa o indirectamente- con la producción de arquitectura.
- c) **Recopilación y análisis de datos:** teniendo en cuenta las fuentes de registro se confeccionó una base de datos a partir de la información obtenida, considerando variables de análisis cualitativas, cuantitativas y de geo-referenciación. Se emplearon los programas Google Earth y GIS, ambos del Sistema de Información Geográfico (SIG) que permite utilizar la misma base cartográfica de trabajo, entrecruzar la información de los datos registrados, y asociar otras informaciones cartográficas disponibles (clima, orografía, fitogeografía y población). En el análisis de datos también se consideraron factores culturales y ambientales.
- d) **Divulgación:** los resultados obtenidos serán comunicados a través de medios gráficos y audiovisuales en formato papel y digital según el avance de la investigación.

2. RESULTADOS

Los resultados que se presentan en esta esta investigación corresponden al avance realizado hasta el momento, aproximadamente el 60% del total.



Fig. 1a Sitios arqueológicos, edificios y lugares declarados Monumentos o de interés Históricos Nacionales por la CNMMyLH / 1b Cabildo de Salta, Museo Histórico del Norte Argentino (adobe) / 1c Iglesia de San Pedro, Fiambalá, Catamarca (adobe)

a) **Registro bibliográfico-documental:** para el registro bibliográfico se consideraron casos específicos o delimitaciones territoriales en las que se identificó la descripción técnica de las soluciones constructivas y su referencia temporal. Las fuentes bibliográficas consultadas corresponden a publicaciones en revistas especializadas, actas de congresos, capítulos de libros y libros específicos de arqueología, arquitectura y patrimonio arquitectónico en tierra.

En la Introducción se mencionan dos publicaciones destacadas: “Arquitectura de Tierra en Iberoamérica” y “Técnicas Mixtas de Construcción con Tierra”. La primera es un trabajo de investigación realizado por el Grupo de Recopilación de la Red Temática XIV.A HABYTERRA, del Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED, constituido por representantes de Argentina (Viñuales), Brasil (Martins Neves), El Salvador (Flores) y Paraguay (Ríos). Documenta las técnicas constructivas de tierra utilizadas desde la antigüedad hasta la actualidad en 56 fichas que sintetizan las técnicas de cada país, y presenta información sobre los centros de estudio, la bibliografía y los glosarios. El registro abarca a países hispanoamericanos: Argentina, Bolivia, Brasil, El Salvador, Ecuador, Guatemala, Panamá, Perú, Uruguay y Venezuela.

En la segunda publicación, dos autores realizan aportes. Viñuales (2003, pp.65-72) describe una de las técnicas mixtas de Argentina, del Nordeste, que emplea la palma caranday (*Copernicia Campestris Burm*). Es una región subtropical húmeda con invierno corto y verano caluroso, con grandes ríos e importantes litorales fluviales. Se comenta el empleo de la palma en las soluciones constructivas de muros y cubiertas de viviendas populares de esta zona; el entramado menor de ramas y vegetales; y el mortero de barro con paja picada para los rellenos. La autora menciona aspectos históricos del poblamiento de la región y las características arquitectónicas de dichas viviendas.

Por su parte, Sosa (2003, pp.73-88) resume las técnicas mixtas presentes en la arquitectura popular rural del Noroeste argentino, región con diversidad de climas y asentamientos. Menciona y detalla las variantes en las técnicas de “quincha”, “enchorizado” y “palo a pique” utilizadas en muros y cubiertas. Se emplean troncos, ramas, cañas, arbustos y fibras vegetales, mezcladas con barro en cubiertas (“torta de barro”) y revoques. La autora detalla la estructura del “palo a pique”, compuesta por columnas y vigas, sus diferentes materiales, elementos y tipos de uniones. En los techos, de una y dos pendientes describe materiales, elementos y técnica constructiva, tanto de la estructura soportante como en la cubierta con barro.

En el campo de la arqueología se obtuvo información de revistas

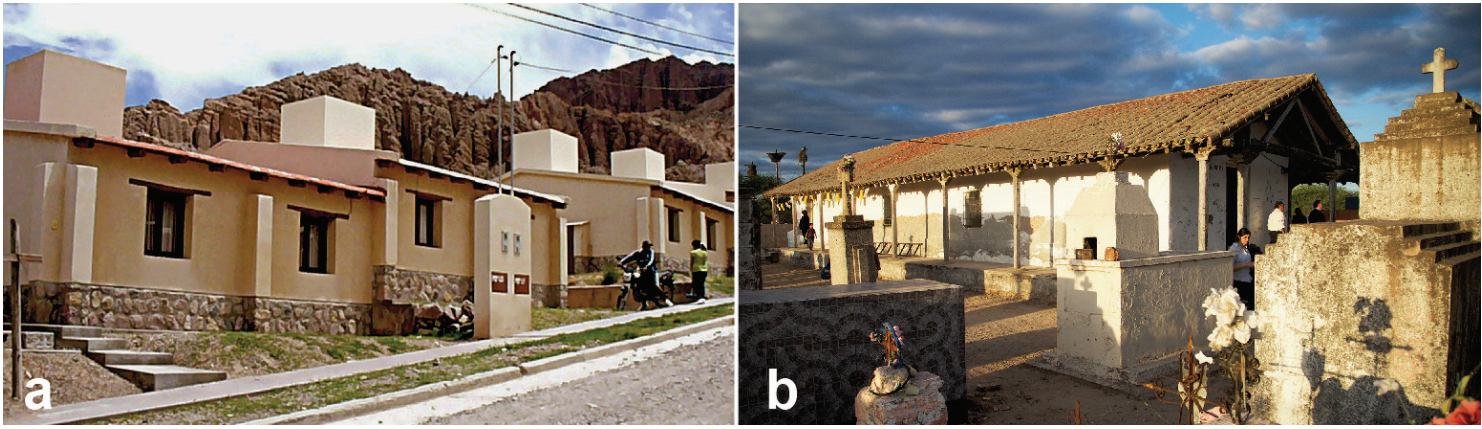


Fig. 2a Barrio de Viviendas en la Quebrada de Huamahuaca, Jujuy (adobe) / 2b Capilla de la Virgen del Rosario en Sotelo, Departamento de Río Hondo, Santiago del Estero (adobe)

científicas y de Atlas o Mapas Arqueológicos Provinciales (Provincias de La Rioja, Chaco, Misiones, Jujuy) que dan cuenta de sitios arqueológicos en distintas regiones del país.

En el marco de la arquitectura correspondiente a los períodos colonial, republicano y contemporáneo, se identificaron y diferenciaron -conforme al espacio temporal y geográfico- cambios y transformaciones de tipos arquitectónicos, de soluciones constructivas y de innovaciones tecnológicas (Rotondaro, 2007, 2014; Latina y Sosa, 2014).

Para el abordaje patrimonial se tuvo en cuenta, principalmente, la documentación elaborada y resguardada por la CNMMyLH (De Masi y Mena, 2008), del Ministerio de Cultura de la Nación. Esto implicó entrevistas con funcionarios y delegados provinciales que tienen a su cargo el control y seguimiento de los bienes dentro de su jurisdicción. La CNMMyLH cuenta actualmente en su registro con 167 bienes protegidos, entre monumentos nacionales, sitios arqueológicos y lugares históricos, donde se observa el empleo de alguna técnica de construcción con tierra (fig. 1a). Este guarismo representa el 21 % de los bienes protegidos a nivel nacional. En la región Noroeste del país es donde se tiene constancia de la mayor producción de arquitectura de tierra, cantidad que asciende al 58% de los bienes protegidos (fig. 1b y 1c).

Se elaboró un glosario técnico que resultó de la consulta de términos publicados en distintos artículos y libros (Armellini et al., 1969; Di Lullo, 1969; Viñuales et al., 1994; Sosa, 2000), de las entrevistas realizadas y del trabajo de campo que consta en las fichas del registro arquitectónico. A su vez, se tuvieron en cuenta las particularidades regionales, voces indígenas, definiciones y vocablos técnicos de lenguas originarias que se hablan en el país (guaraní, quichua, wichi y otras). Estos términos contemplan definiciones propias de las técnicas constructivas, de componentes y elementos constructivos, como así también, nombres vulgares de materiales vegetales empleados en los entramados. Algunos de ellos son, por ejemplo: “adobón”, para designar un adobe de dimensiones importantes; “barro ñaú”; “champa”, para designar un terrón con césped recortado del suelo que se usa como mampuesto; “chorizo”, para nombrar la técnica de

haces de paja embarrada tejidos en cueros o alambres horizontales tensos; “entortado”, para designar el barro que se emplea en las cubiertas de torta de barro; “guaila” o “guaylla”, para nombrar la técnica de cubierta que usa paja embarrada; “Iby-atambé”, del guaraní ig-bíg-hatá-mbé: tierra achatada y dura; “tumbadillo”, un cielorraso formado por cañas revocadas con un barro muy liviano; entre otros. Hasta el momento se registraron alrededor de doscientos términos empleados en la arquitectura de tierra en Argentina.

Con relación a las normas existentes se recopilaron, analizaron y localizaron documentos jurídicos y técnicos de distintas provincias y municipios que legislaron sobre la construcción natural y la construcción con tierra. Estos documentos incluyen ordenanzas municipales, secciones de códigos de edificación, declaraciones de interés, y declaratorias en el ámbito del Patrimonio, que se constituyeron en la base de un marco normativo más amplio.

b) Registro de campo: para el abordaje de los casos de estudio se empleó la misma ficha de relevamiento mencionada en la metodología, conteniendo las siguientes variables de análisis: nombre del edificio y año de construcción, período histórico, fechas de intervención en el caso de los edificios declarados Monumento Histórico, distribución geográfica, zona sísmica, tipología arquitectónica, uso actual y original, geo-referenciación, características de los muros y techos, características de la técnica constructiva y modelo de gestión, entre otras. Las fichas fueron realizadas por los integrantes del equipo de trabajo siguiendo un instructivo y un ejemplo tipo del registro de una obra. En su elaboración intervinieron estudiantes, becarios, investigadores, profesionales de universidades e instituciones estatales y privadas de las regiones de Noroeste (NOA), Noreste (NEA), Cuyo, Centro y Patagonia, distribuidas en las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, Mendoza, Chaco, Corrientes, Formosa, Córdoba, Buenos Aires y Chubut.

Hasta el momento se recibieron 132 fichas que se encuentran en proceso de análisis. Reflejan el resultado de la autoconstrucción popular

Fig. 3a Vivienda en Yavi Chico, Jujuy (tapial y adobe) / 3b Vivienda en Bella Vista, Tucumán (Entramado de quincha)



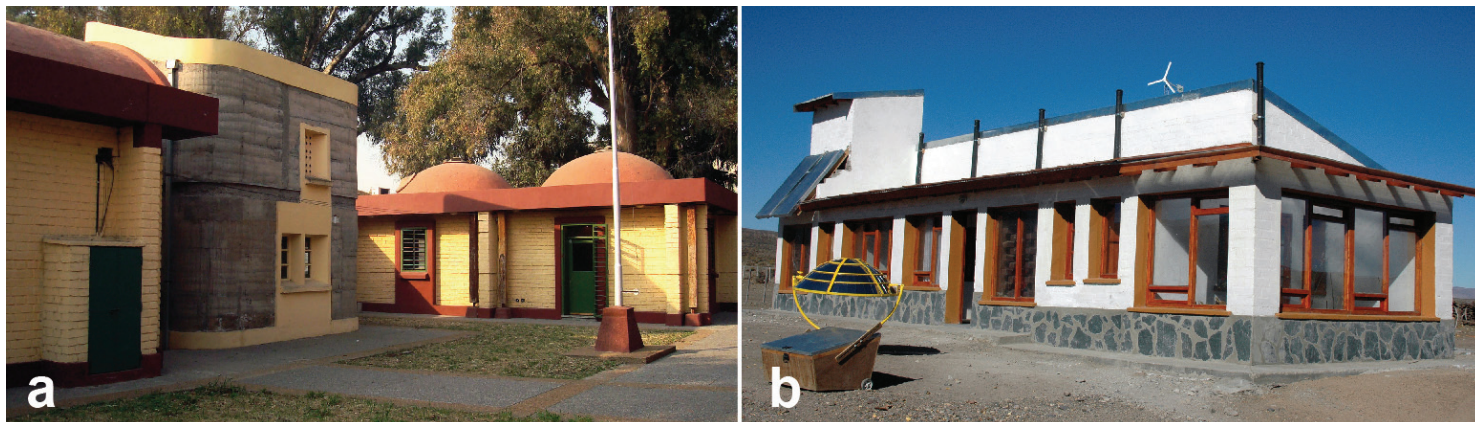


Fig. 4a Conjunto CRIATiC (BTC y tapial estabilizados) / 4b Vivienda en comunidad rural de Cushamen, Chubut (BTC estabilizado)

(vivienda, equipamiento y otros edificios), obras públicas y privadas, prototipos de investigación y de gestión multisectorial: organizaciones vecinales, ONGs, cooperativas, municipios, proyectos internacionales, organismos de Ciencia y Técnica (fig. 2a y 2b).

Al orientar la investigación teniendo en cuenta los períodos históricos se logró diferenciar las características de la producción según el contexto histórico y social y según la región geográfica.

A partir de indagar las técnicas constructivas en las distintas regiones se pudo identificar las características que adoptó la producción de la arquitectura de tierra en el territorio. Con el análisis de los datos recopilados, se logró precisar el grado de avance de la tecnología de construcción con tierra. Según el sitio de estudio, se observaron variaciones en la distribución y concentración de las técnicas, desarrollo o innovación tecnológica, la vigencia o la pérdida de tradiciones y de algunas prácticas populares.

Las técnicas constructivas fueron diferenciadas y clasificadas de la siguiente forma:

- Tradicionales: mamposterías de champas, adobes; entramados de quincha, enchorizado, estanteo, palo a pique; tierra apisonada (fig. 3a y 3b).
- Contemporáneas: a) mejorada: tapia estabilizada, torta mejorada, quincha modulada, revoques estabilizados; b) con innovación: mampostería de bloques de tierra comprimida BTC, bloques de paja embarrada, bloques de tierra aligerada y tierra vertida (fig. 4a y 4b).

Paralelamente al registro de fichas se realizaron entrevistas filmadas a especialistas en temas de arquitectura de tierra y maestros constructores, con el objetivo de enriquecer la investigación desde distintos puntos de vista y aspectos. Se abordaron temas como patrimonio, modelos de gestión, nuevas tecnologías, historia de la construcción de tierra, procedimientos constructivos vigentes y la formación geológica de suelos.

c) De la Recopilación y análisis de datos: las dos vías de obtención de datos (bibliográfico-documental y de campo) presentaron dificultades particulares que fueron superándose con el objetivo de unificar la información registrada en una base de datos común. En general, y dada la sistematización del registro, la información recabada a partir de las fichas de arquitectura fue la que resultó más completa. A partir de éstas se diseñó una ficha resumen (Anexo II) que sintetiza cada caso analizado. Los equipos de Buenos Aires y Tucumán llevan a cabo esta etapa de recopilación y análisis.

En ésta primera instancia, la geo-referenciación se realiza por medio del programa Google Earth, de fácil manejo para la identificación y localización. Por otra parte, la indicación de los valores de variables adoptados para cada registro se ingresan en una planilla de cálculo Excel. Las variables que están vinculadas específicamente con las

técnicas constructivas se reajustan en la medida que se incorporan nuevas categorías, mediante un esquema clasificatorio de técnicas constructivas, tarea en sus inicios (fig. 5).

3. CONSIDERACIONES FINALES Y EXPECTATIVAS FUTURAS

Del análisis realizado hasta el momento se puede identificar y valorar que sigue presente el uso de las técnicas y los procesos constructivos de la arquitectura de tierra en Argentina. Las tecnologías tradicionales, mejoradas o con innovaciones, están claramente vigentes y muy utilizadas en las regiones del Noroeste argentino y Cuyo. En la Patagonia su empleo se remonta a mediados del siglo XIX -momento de la estabilidad poblacional en el lugar- y se ha incrementado en los últimos veinte años. En el centro del país, especialmente en la región de Córdoba y la pampa húmeda, aumentó su uso en la última década y en la actualidad se observa un incipiente desarrollo en las regiones bonaerense y mesopotámica (fig. 6a y 6b).

A partir del análisis de los casos y de sus aspectos ambientales y culturales se pudo concluir, entre otras cuestiones, que en la arquitectura contemporánea con técnica constructiva tradicional persiste el estrecho vínculo entre la producción constructiva y la expresión arquitectónica. Es evidente que en la tecnología tradicional el conocimiento

Fig. 5 Esquema clasificatorio de técnicas constructiva en Argentina

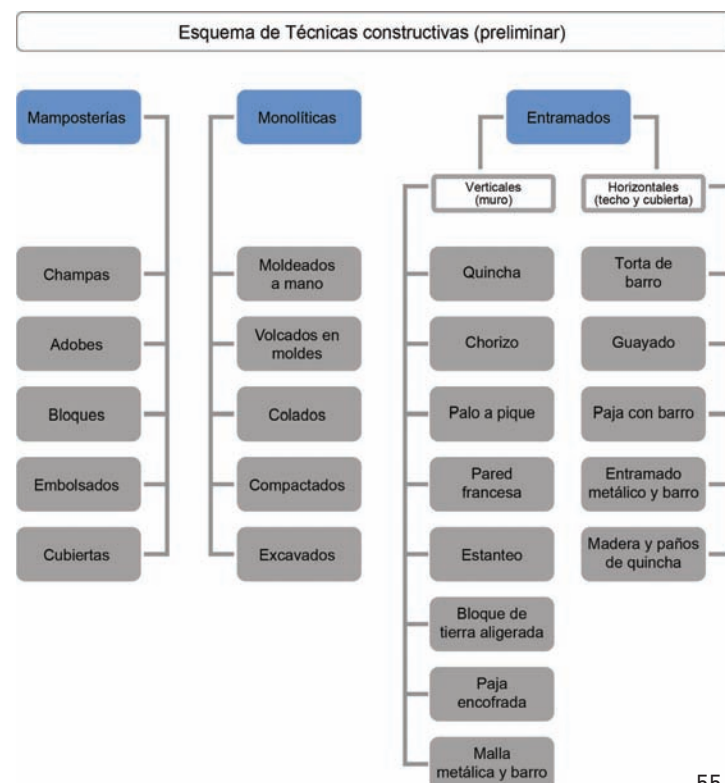




Fig. 6a Sede de "Conjunto Urbano", San Martín, Buenos Aires (adobe) / 6b Vivienda en Ayacucho, Buenos Aires (adobe)

empírico y de transmisión generacional permanece casi intacto, con poca o ninguna modificación, en particular en los lugares más aislados. Así como también, las innovaciones se han venido generando con las mejoras en la accesibilidad y las comunicaciones, el desarrollo científico-tecnológico en este campo temático, y la revalorización de la arquitectura de tierra en general (fig. 7a y 7b).

Otra conclusión importante que parte del análisis de la bibliografía, las entrevistas y los relevamientos de campo, es la vigencia de dos lenguajes técnicos diferentes: el popular y el técnico-científico. En esta instancia se identificaron similitudes y diferencias entre los términos que definen las técnicas y los materiales, así como de los procedimientos constructivos. Se registraron vocablos originarios de culturas prehispánicas que se mantienen vigentes y son utilizadas por sus descendientes. "Adobe" es el término que más extensión geográfica y cultural presenta, y "entramado", de origen contemporáneo no popular, el que se presta a mayores variables y tipos constructivos. De considerar estas técnicas -más frecuentes en el territorio- y otros tipos constructivos en la producción de la arquitectura, se pudo elaborar un primer cuadro clasificatorio de las técnicas constructivas en Argentina.

Con el proyecto Atlas Tierra Argentina se pretende:

- Demostrar la vigencia de la arquitectura de tierra en el país, con técnicas y procesos constructivos tradicionales -arquitectura vernácula- y con técnicas y procesos con innovaciones -arquitectura contemporánea- en otros;
- Actualizar el conocimiento de la producción existente sobre el tema.
- Publicar un material de referencia de fácil acceso para la consulta y estudio de la arquitectura de tierra en las distintas regiones de Argentina.
- Integrar este Atlas a otros proyectos de Atlas de Arquitectura de Tierra Iberoamericano según la propuesta surgida en la Asamblea del XII SIACOT en el año 2012.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Armellini, O., Cópola, H., Iglesias Molli, G. y Rosso, R. (1969). *Tipos predominantes de vivienda natural en la República Argentina*. FADU, Universidad de Buenos Aires.

Chiozza, E. y Aparicio, C. (1961). Vivienda rural. En: Aparicio, F. y Difrieri, H. (Eds.), *La Argentina: Suma de Geografía*. VII: 420-562. Buenos Aires, Ediciones Peuser.

De Masi, O. y Mena, M. (Coord.) (2008). *Monumentos históricos nacionales y otros declarados de la República Argentina*. Fundación Fondo para el Patrimonio Argentino.

Di Lullo, O., Garay, L. (1969). *La vivienda popular de Santiago del Estero*. Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán.

Kühn, F. (1924). *Material de observación para la ecogeografía argentina; algunos tipos de viviendas rurales*. Buenos Aires, Conicet.

Latina, S.M., Sosa, M. (Eds.) (2014). *Atlas de la construcción con tierra y su producción en el NOA*. CRIATiC, FAU – UNT, Tucumán.

Martins Neves, C. (Ed.) (2003). *Técnicas mixtas de construcción con tierra*. Proyecto XIV.6 PROTERRA-CYTED.

Rotondaro, R. (2007). *Arquitectura de tierra contemporánea: tendencias y desafíos*. Apuntes, 20 (2). Bogotá, p. 342-353.

Rotondaro, R. (2014). *La influencia de la innovación tecnológica en las tradiciones constructivas y proyectuales. El caso de la arquitectura de tierra contemporánea del noroeste argentino*. Tesis Doctoral. FAU – UNT, Tucumán.

Sosa, M. (2000). *La arquitectura de tierra en el noroeste argentino. Parte 1*. Tesis Máster DPEA Architecture en Terre CRATerre-ENSAGrenoble, Francia.

Sosa, M. (2003). Construcción con tierra cruda. Sistema de entramado. Técnicas mixtas tradicionales del noroeste argentino. En: Martins Neves, C. (Ed.). *Técnicas mixtas de construcción con tierra*. Proyecto XIV.6 PROTERRA-CYTED, p. 73-88.

Viñuales, G., Neves, C., Flores, M. y Ríos, M. (1994). *Arquitectura de tierra en Iberoamérica*. Buenos Aires. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

Viñuales, G. (2003). Palma Caranday y tierra. Técnicas mixtas en el nordeste argentino y construcción con tierra. En *Técnicas mixtas de construcciones con tierra*. Proyecto XIV.6 PROTERRA-CYTED, p. 65-72.

Fig. 7a Vivienda en El Volcán, Jujuy (adobe) / 7b Vivienda en Cafayate, Salta (adobe)



SOUTHWESTERN SAUDI ARABIA EARTHEN CONSTRUCTION TECHNOLOGIES

AUTHORS

Pamela JEROME

Columbia University GSAPP
Architectural Preservation Studio, USA

Mohammad Yosof AL-AIDAROOS

ISCEAH (International Scientific Committee on
Earthen Architectural Heritage), Saudi Arabia

SUMMARY

Traditional construction technologies are being lost in the Gulf region, where modernization has been rapid. In Saudi Arabia, there are still examples of interesting earthen-construction techniques, and one that may be unique. In the 'Asir area, a region that is mountainous and rainy, *al-ragaf* is a combination of layers of cob interspersed with rows of projecting flat stones to shed rainwater. A related system, *madameek*, was typical in the neighboring region of Najran. Both systems were used to build tower houses. These technologies are well suited for the local environment, and are specific to the raw materials and climatic requirements. Over the past few decades, there has been widespread abandonment of these construction methods in favor of modern systems. As a result, knowledge of traditional construction has been lost. There appears to be little desire on the part of the Saudi population to be trained in labor-intensive construction technologies, posing another serious threat to the loss of this intangible heritage. Nevertheless, because these unique building systems evolved to be in complete harmony with their environment, they need to be studied as important examples of vernacular construction.

INTRODUCTION

There are many traditional building techniques within Saudi Arabia, categorized as follows (al-Aidarooos, 1989):

- Central Area: Mostly desert, mud bricks are used for construction, and most buildings incorporate an internal courtyard.
- Eastern Province: Mud-brick construction is utilized, but these structures include wind catchers, which increase the air velocity to minimize humidity.
- North Province: Cob (*madameek*) techniques are used as well as stone in some ancient areas.
- Western Area: Along the Red Sea coast, coral stone and wood were mainly used.
- Southern Area: This area is rich in building techniques. In Najran, *madameek* is used; in Al-Bahah, mainly stone; in Jazan, mud bricks and straw; and in 'Asir, stone and *al-ragaf* (cob with slates).

SOUTHWESTERN SAUDI ARABIA

At the northern border of Yemen, southwestern Saudi Arabia is impacted by biennial monsoons. This mountainous region that abuts the Red Sea coast experiences regular rainfall, contains the highest mountains, and is home to lush vegetation and wildlife.

In the provinces of 'Asir and Najran to the east, stone and cob were used as construction materials for traditional tower houses. Tower houses evolved for defense in tribal regions, but also to permit the maximum arable land to be used for agricultural purposes (Jerome, et al., 1999). The cob-construction in Najran (fig. 1), which averages

90 mm of rainfall per year but is prone to flash floods (MOMRA, 2010), is *madameek*. It is identical to that used in northern Yemen. In 'Asir, which receives 340 mm of rain per year (MOMRA, 2010), a different technology developed, *al-ragaf*, utilizing slates inserted between lifts of cob to deflect rainwater (fig. 2).

1. TRADITIONAL CONSTRUCTION TECHNOLOGY

'Asir is located in the highlands. The area on the Red Sea coast is the Tihama. Najran borders the Empty Quarter, but is referred to

Fig. 1 Farming compound built using cob (*madameek*) in Najran





Fig. 2 Farming compound using cob and slate (*al-ragaf*) construction in 'Asir

as “garden of the desert” because of its fertile dry riverbed (*wadi*) (Ishteeaque and Al-Said, 2008). Vernacular-construction responses occurred to meet distinctive climates and cultures. Along the Tihama, mud huts with thatched roofs speak to close contact with Africa (MOMRA, 2010). In Najran, thick cob walls regulate interiors from heat and cold extremes prevalent in deserts. In the highlands, this technique was augmented with projecting rows of stones. There are also stone buildings in parts of 'Asir.

A stone foundation is laid as a moisture barrier. The stones are often stacked without mortar, thereby inhibiting capillary rise from groundwater or flash floods (Jerome, 2010).

Fig. 3 Detail of an *al-ragaf* wall in section showing construction method



Fig. 4 Concrete-block foundation repair in Najran has caused salt damage

1.1. MADAMEEK

Cob utilizes gravelly soils mixed with chopped straw as fibrous reinforcing and shrinkage compensator, and water. In the UK, the material was mixed by men underfoot and allowed to sit for two days. This was formed into pasty balls and pitched up onto a stone foundation while a mason on the wall rammed them into place. The pitching and ramming continued until a 60-90 cm lift was completed. A cob parer trimmed the sides, aligning vertical surfaces. Each lift was allowed to dry before placement of the subsequent lift (Williams-Ellis, 1916).

In southern Saudi Arabia, the mixture (*al-khalba*) is trodden by cattle in a proportion of 2 parts mud: 1 part sand. Chopped straw is added. The following day, it is ready for usage. A foundation is dug and constructed of stone. Lifts (*al-badaa*) are worked in 50-cm lengths, 40-60 cm in height. In between lifts, a layer of sand is broadcast for leveling. The lifts are turned up 20 cm at the corners, keeping the lifts parallel where they meet. Floors and roofs are mud supported on wood beams and cane. Wood scuppers evacuate rainwater. Windows are picked out on the exterior with lime plaster (MOMRA, 2010; Al-Saud, 2011b). Buildings are two-to-nine stories tall (Ishteeaque and Al-Said, 2008). The exterior is mud-plastered. Lime plaster is often applied to the ground floor, roofs and parapets as waterproofing (Jerome, 2000).

1.2. AL-RAGAF

In 'Asir, slates (*al-ragaf*) are embedded at the top of each lift projecting outwards with a downward slope (fig. 3). These buildings, residential or grain storage, are typically square in floor plan (Ishteeaque and Al-Said, 2008; Sieghartsleitner, 2012), between 40-80 square meters, and three-to-five stories tall. Watchtowers can be taller. The walls are battered, reducing in thickness as they rise. The exteriors are mud plastered. The buildings are densely constructed, providing shadow for narrow lanes (MOMRA, 2010).

Besides urban areas and villages, this technique is used in farmstead compounds. Clusters are found adjacent to agricultural fields. Similar *madameek* compounds exist in Najran province. Many have been abandoned, or are repaired with modern materials, like sheet-metal roofs (Sieghartsleitner, 2012) or cement-based repairs (fig. 4). Although sheet-metal roofs are reversible, cement is considered incompatible because of salt-contamination risk.



Fig. 5 Lime plaster was traditionally used to pick out exterior details

1.3. DECORATIVE TECHNIQUES

The exteriors and interiors of madameek and al-ragaf buildings were often decorated. This includes picking out details with lime plaster, serving both decorative and protective purposes (fig. 5). Entire bands of white were created of each row of windows. Parapet crenellations are treated with lime plaster. The exteriors may also be brightly painted in horizontal stripes (fig. 6) with oil-based paints.

Interior decorations were executed by women. Elaborate geometric motifs were applied as interior decoration inside stone and *al-ragaf* buildings. Women embellished the public rooms, the art a reflection of the female head of the house (MOMRA, 2010; Alhababi, 2012). This craft is being revived (Al-Hababi, 2012), particularly in Rijal Alma'a, a village in 'Asir with traditional stone complexes (fig. 7).

For madameek buildings, the exterior and interior decorations were executed in plasterwork relief (fig. 8). This is very similar to the traditional northern Yemeni treatment of cob buildings and that of southern mud-brick tower houses in the Hadhramaut region (Jerome, 2006) (fig. 9).

2. LOSS OF TRADITION

With the oil boom, Saudi Arabia's economy departed from its traditional nomadic, agrarian, and maritime-based activities. A population shift occurred from the countryside to the urban centers where jobs were available. A gradual abandonment of villages and rural areas happened, and modern construction technology became firmly established in cities from the 1950s onward (Al-Saud, 2011b), to the detriment of historic centers. Population expansion in urban centers also created pressure for rapid development, further condemning traditional architecture through urban renewal.

Modern construction methods eventually permeated provincial cities, and impacted villages and farming communities. Concrete was favored as modern, fashionable and desirable, but also because it did not require cyclical maintenance. Concrete, however, is a poor insulator and requires air-conditioning and heating unlike vernacular buildings.

Recognizing the loss of built cultural heritage brings nostalgia. By the 1990s, projects were commenced to restore traditional buildings and monuments under royal patronage and the government. Prince Sultan Bin Salman Bin Abdulaziz Al-Saud became personally involved in the revival of mud construction using a farmhouse, Al-Udhaibat, near Riyadh.



Fig. 6 Al-ragaf buildings are sometimes lime-plastered and painted



Fig. 7 Interior decoration in a Rijal Alma'a stone building

2.1. REVIVING TRADITIONAL CONSTRUCTION – AL-UDHAIBAT

The restoration of Al-Udhaibat resulted because of Prince Sultan's personal commitment. Utilizing trial and error for reviving traditional technologies, the restoration also experimented with new systems, like the use of compressed-earth blocks for consolidation of the foundation and load-bearing walls. Other experimentation included the addition of naturally hydraulic lime to the mud mixture, and the addition of low-sulfate cement; both failed and were abandoned. The restoration was also used as an awareness-raising mechanism.

When the project began in the late 1980s, there were still local master masons with knowledge of traditional technologies. Master mason Abdulla Ibn Hamid's know-how proved invaluable. Under Ibn Hamid's direction, the restoration progressed and incorporated different vernacular elements, including wind-catcher systems, domes and vaults, post and beam construction. Lime plaster provided protection and traditional decoration (Al-Saud, 2011b).

2.2. REPAIR METHODS

For cob buildings, repairs are made by northern Yemenis who have immigrated to the area and still possess the traditional knowledge. Repairs are inhibited by the lack of materials and the dependence on modern materials. The top-floor room leaks in the recently restored historic Al-Emara Palace in the city of Najran. Review of the roof above revealed a rubberized membrane below a thin layer of mud, exposed and compromised with punctures (fig. 10). Instead of traditional lime-putty plaster, the tops and bases of the parapets were coated with what appeared to be white cement-based plaster that had detached from the mud plaster.

Prince Sultan mentions the unsuccessful mixing of naturally hydraulic lime with mud to enhance its performance (Al-Saud, 2011b). Yet from ancient times, lime was used as an additive to elevate water resistance of rammed-earth structures in the 4000 BCE Longshan culture in China (Deng, 1985). Lime increases the mechanical strength of soil with age. A 300-year-old lime-modified rammed-earth structure in Shaanxi province, China had a compressive strength of 100 kg/sq cm versus 8 kg/sq cm for a similar mixture with a 28-day cure (Su-De, 1985).

From Prince Sultan's description, the lime employed was hydrated rather than lime putty (Al-Saud, 2011b). Hydrated lime is a "dry

flocculent powder resulting from the treatment of quicklime with sufficient water to satisfy chemically all the calcium oxide present" (Lazell, 1915). It is considered easier to mix with cement to create lime-modified cement-based plasters and mortars. Hydrated limes do not make great binders and are used to weaken cement mortars and plasters, and make them more workable. Hydrated lime cannot be compared to lime putty, which is far superior in its consistency, workability, and binding abilities (McAfee, 2009). Non-hydraulic lime putty can be made hydraulic by adding pozzolans, like volcanic ash, a northern Yemeni tradition to create waterproof finishes (*qudad*) (Al-Radi, 1997).

Lime putty is no longer available in Saudi Arabia. However, just to the south, in the Hadhramaut province of Yemen, excellent quality high-calcium lime putty is manufactured on an industrial scale in Mukallah, and on a smaller scale in Wadi Hadhramaut and its tributary valleys (Jerome, et al., 1999). Many developed countries continue to produce lime putty; for instance, in Greece, high-calcium lime putty is the norm.

The authors also visited Al-Ghat, a mostly abandoned mud-brick village 240 km northwest of Riyadh that is being converted into a heritage destination. The Pakistani foreman experimented with elastomeric paints applied directly to exterior mud plaster. The coating failed quickly, thereby not causing damage to the mud plaster by trapping moisture. The foreman was also coating mud-plaster surfaces with a silicone-based concrete formwork-release agent. This will also fail. Successful restoration of traditional structures uses similar materials to those originally used. Lime is compatible because it is highly porous, therefore, does not inhibit vapor transmission, and similar thermal movements to mud.

3. RESTORATION AND REUSE STRATEGIES

Before Mada'en Saleh's inscription in 2008 on the World Heritage List, Saudi Arabia had little contact with international agencies, such as ICOMOS, UNESCO or Aga Khan Foundation. This was followed by Al-Dir'iyyah in 2010 (Al-Saud, 2011a) and Jeddah in 2014. With the establishment of the Saudi Commission on Tourism and Antiquities (SCTA) in 2000, renamed the Saudi Commission on Tourism and National Heritage (SCTH), interest in built heritage increased. SCTA

developed the National Project for the Conservation and Development of Architectural Heritage in collaboration with municipalities to create a comprehensive survey. However, there are still minimal national guidelines, policies and procedures for treatment of historic properties (Al-Saud, 2011a).

Prince Sultan, president of SCTH, described a community-based training-program initiative, Tamkeen, realized as part of the restoration of Al-Udhaibat. This was more successful than introducing heritage preservation into the architectural curriculum of Saudi universities. Sixty-day summer programs were established (Al-Saud, 2011b).

3.1. ADAPTIVE REUSE AND INVESTMENT

One issue is what to do with abandoned traditional structures once they are restored. Al-Emara Palace in Najran and Shadda Palace in Abha are now museums (MOMRA, 2010). How many monument-museums are sustainable? How many lifeless villages-tourist destinations are sustainable? Where does the funding come from to develop sustainable heritage conservation?

A big question is how to encourage the private sector to view investment in built cultural heritage as an economic opportunity. Currently, the government of Saudi Arabia is the main investor. At some sites, a Build-Operate-Transfer (BOT) model has been used, but in the case of Jeddah, it is the municipality who is responsible for restoration and the beneficiaries of BOTs. The national government provides technical support. SCTA has also created holding companies. This model was used for the restoration and enhancement of Al-Dir'iyyah. One of the major hurdles is the premise that the main purpose of conserving built heritage is for tourism, but there is a lack of interest among investors in the economic viability of tourism (Al-Saud, 2011a).

CONCLUSION

In addition to the loss of vernacular construction knowledge and traditional compatible materials, very few Saudis appear interested in learning the labor-intensive processes that were used to build *madameek* and *al-ragaf* structures. This is a serious handicap for restoration in the region, and in Saudi Arabia in general. Rather than import Pakistanis to perform these tasks, the kingdom could look to their Yemeni colleagues, where traditional technologies have not been lost.

Whereas Prince Sultan successfully restored Al-Udhaibat for his personal use, buildings in Najran and 'Asir do not tend to be readily adaptable to modern lifestyles. Unlike large Yemeni houses, their footprints are small and the rooms cramped and dark. If entire groups of buildings are restored, they could be reused as a compound, for instance as a boutique hotel, with each "suite" a building.

Another issue with restoration is context. If monuments are all that survive, they become islands surrounded by modern buildings and lose significance because of the loss of context. At the 2005 General



Fig. 8 Interior relief decorations at Al-Emara Palace in Najran

Assembly of ICOMOS in Xi'an, China, the *Xi'an Declaration on the Conservation of Setting of Heritage Structures, Sites and Areas* was adopted in recognition of the loss of context in Chinese cities due to rapid modernization (ICOMOS, 2005).

The attempts to introduce specific training in historic preservation in Saudi architecture schools failed, but are still ongoing. This is not surprising. In the US, preservationists have unsuccessfully pressured the National Architectural Accrediting Board to make historic-preservation courses a requirement for undergraduate architecture schools. Most architects do not design in a vacuum. They design in existing built environments; many of these are historic. Should not architects receive training about the sensitive insertion of modern structures in traditional environments?

In 2010, Prince Sultan established the National Built Heritage Center to concentrate on the conservation of heritage structures, towns and monuments throughout the kingdom of Saudi Arabia. The Center's role is also to enhance awareness about built heritage, and to encourage local communities to protect and conserve their heritage. A new law of Antiquities, Museums, and Built Heritage was approved to protect the heritage of Saudi Arabia. Many best-practice international excursions have been organized over the last 10 years to educate municipal-level decision-makers about the importance of the built heritage and the advantages of rehabilitating it. The National Built Heritage Center has prepared many training courses for local communities and university students about restoration and protection of built heritage.



Fig. 9 Interior relief decorations in a tower house in Seyoun, Yemen



Fig. 10 Compromised rubberized membrane on Al-Emara Palace's roof

Other than tourism, are there no other uses for restored buildings in Saudi Arabia? In the US, designation of historic districts drives property values up. Many people prefer to live in older buildings because they have more character and are typically located in low-rise neighborhoods, considered more human in scale. Of course, the structure of the system to encourage historic preservation is very different in the US, where most restoration is performed through private-sector investment. US tax laws encourage philanthropy; the gifting of money by corporations and wealthy individuals to charitable organizations benefits many NGO-run historic sites. There are also historic-preservation tax credits, at the national and, often, state level, equivalent to 20% each if the properties being developed are on the National or State Register for Historic Places and the restoration follows the *Secretary of Interior's Standards for Rehabilitation of Historic Properties* (US Secretary of State, 1983). These are used to incentivize developers of historic properties, thereby making their restoration and reuse economically profitable. This system works well in the US, but it is unclear if this model can be successfully applied elsewhere.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Al-Aidaroos, M.Y. (1989). The traditional treatment of climate conditions in the kingdom of Saudi Arabia, *CIB 89. XIth International Congress*, US Center for Building Technology, Gaithersburg.
- Al-Hababi, H. (2012). The art of women in 'Asir (Saudi Arabia), *AAS Working Papers in Social Anthropology*, Vol. 25.
- Alhababi, H.M. (2012). The art of women in traditional architecture of Asir, *Research & Heritage2*, Saudi Commission for Tourism and Antiquities, Riyadh.
- Al-Radi, S. (1997). *The 'Amiriya of Rada: The history and Restoration of a Sixteenth-Century Madrasa in the Yemen*, Oxford University Press, Oxford.
- Al-Saud, N.B.M.B.F. (2011a). Difficulties of financing built heritage conservation in Saudi Arabia, *Research & Heritage*, Saudi Commission for Tourism and Antiquities, Riyadh.
- Al-Saud, S.B.S.B.A. (2011b). Mud buildings in Saudi Arabia: A private experience, *Research & Heritage*, Saudi Commission for Tourism and Antiquities, Riyadh.
- Deng, Q. (1985). Traditional measures of moistureproof in raw soil architecture in China. In *Proceedings of the International Symposium on Earth Architecture*, Architectural Society of China, Beijing.
- ICOMOS. (2005). *Xi'an Declaration on the Conservation of Setting of Heritage Structures, Sites and Areas*, <http://www.icomos.org/xian2005/xian-declaration.htm>.
- Ishteeaque, E.M. and Al-Said, F.A. (2008). *The Native Architecture of Saudi Arabia*, Riyadh Municipality, Riyadh.

- Jerome, P. (2010). After the flood: Devastation of the traditional earthen architectural landscape in the Hadhramaut Valley of Yemen; Can mudbrick buildings be made more resistant to climate change? In Fernandes, M., Correia et al., *Terra em Seminário 2010. 6.o Seminário Arquitectura de Terra em Portugal. 9.o Seminário Ibero-Americano de Arquitectura e Construção com Terra*, Argumentum, Lisbon.

- Jerome, P., Borelli, C. and Chiari, G. (1999). The architecture of mud. Construction and repair technology in the Hadhramaut region of Yemen, *APT Bulletin*, Vol. 30, No. 2-3.

- Jerome, P. (2006). Community building and continuity of tradition: The decoration of mud-brick surfaces in the Hadhramaut region of Yemen. In Rainer, L. and Bass Rivera, A., *The Conservation of Decorated Surfaces of Earthen Architecture*, J. Paul Getty Trust, Los Angeles.

- Jerome, P. (2000.) The use of lime plasters for waterproofing and decoration of mudbrick buildings in Yemen, *Terra 2000. 8th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architecture*, James & James (Science Publishers) Ltd., London.

- Lazell, E.W. (1915). *Hydrated lime: History, Manufacture, and Uses in Plaster – Mortar – Concrete. A Manual for the Architect, Engineer, Contractor and Builder*, Jackson-Remlinger Ptg. Co., Pittsburgh.

- McAfee, P. (2009). *Lime Works. Using Lime in Traditional and New Buildings*, Associated Editions, Dublin.

- Ministry of Municipal and Rural Affairs (MOMRA). (2010). Architectural heritage of southern region, *Architectural Heritage of the Kingdom of Saudi Arabia. Authenticity and Contemporality*, MOMRA, Riyadh.

- Sieghartsleitner, D.I.A. (2012). Building traditions in Asir, *Research & Heritage2*, Saudi Commission for Tourism and Antiquities, Riyadh.

- Su-De, Z. (1985). Researches on the improvement and development of immature soil engineering in China. In *Proceedings of the International Symposium on Earth Architecture*, Architectural Society of China, Beijing.

- US Secretary of State. (1983). *Secretary of Interior's Standards for Rehabilitation of Historic Places*, <http://www.nps.gov/tps/standards/rehabilitation/rehab/stand.htm>, accessed 6 October 2015.

- Williams-Ellis, C. (1916). *Building in Cob, Pisé and Stabilized Earth*, Country Life Limited, London.

LA RESTAURACIÓN DE LA ARQUITECTURA MILITAR DE TAPIA EN ANDALUCÍA, ESPAÑA (1980-2011)

AUTORES

Lidia GARCÍA-SORIANO
Camilla MILETO

Fernando VEGAS LÓPEZ-MANZANARES
Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universitat
Politécnica de València, España

Amparo GRACIANI GARCÍA
Universidad de Sevilla, España

RESUMEN

Se realiza un estudio de los proyectos de intervención que, con fondos públicos, se han llevado a cabo en Andalucía desde 1980 sobre construcciones militares ejecutadas en tapia. En concreto, se consideran más de medio centenar de casos a partir de la información recogida en el Archivo de la Dirección General de Bienes Culturales de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía. Por la envergadura de las construcciones defensivas, su relevancia urbanística y paisajística y sus valores simbólicos, la mayor parte de las intervenciones que se han llevado a cabo en edificios de tapia financiadas por la administración autonómica andaluza desde la asunción de las competencias patrimoniales, se han realizado sobre construcciones defensivas. En consecuencia, el estudio de las políticas de intervención y los criterios y técnicas de actuación aplicados es plenamente representativo de las tendencias generales en esta comunidad autónoma. Dicho estudio ha precisado de la elaboración de una base de datos integrada por unas fichas que recogen las características propias de cada intervención. El amplio marco cronológico transcurrido, más de tres décadas, aporta la necesaria perspectiva histórica para realizar este análisis.

INTRODUCCIÓN

Cuando hace más de treinta años se desarrollaron las primeras experiencias de intervenciones en edificios de tapia en España (Muralla de Niebla, 1979), apenas existía un corpus de conocimiento sólido sobre la técnica constructiva y sus particularidades, pero aún menor era el conocimiento sobre la variedad de posibles intervenciones a realizar en el patrimonio arquitectónico monumental de tapia y sus potenciales resultados futuros. Con el paso del tiempo, los propios técnicos que han realizado intervenciones en este tipo de arquitecturas han ido experimentando diferentes criterios y proponiendo diversas técnicas en relación con sus propios conocimientos y experiencias previas, con la voluntad de intentar alcanzar el mejor resultado posible (Mileto, Vegas, 2014).

Este trabajo de investigación nace con el objetivo de realizar un estudio y análisis global de las distintas experiencias en la restauración de la arquitectura de tapia llevadas a cabo en la comunidad autónoma andaluza, siempre de forma consciente de las propias limitaciones del estudio, que lo han acotado tanto temporalmente (1980 a la actualidad) como en las fuentes de investigación empleadas, incluidas en el Archivo Central de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía. En esta investigación se analizan las intervenciones que se han ido realizando en la arquitectura militar de tapia en el territorio andaluz, tanto en lienzos de murallas como en fábricas

de castillos, torres, alcazabas, etc., financiadas con fondos autonómicos de la Junta de Andalucía, considerando las técnicas constructivas empleadas y los criterios de intervención seguidos en cada caso.

1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

En el análisis de casos de estudio se ha aplicado un método cualitativo sobre la base de una amplia información recopilada y adquirida a través de las fuentes directas (los propios edificios restaurados) e indirectas (bibliografía, documentación de archivo, documentación de proyectos, etc.). Así pues, en la investigación desarrollada se han seguido tres fases:

1. Recopilación de la información. La información de partida ha sido la disponible en la base de datos del Patrimonio Inmueble del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico (IAPH). Entre sus registros, se realizó una primera selección por tipología, teniendo únicamente en cuenta la arquitectura militar por ser ésta en la que la técnica de la tapia es más frecuente. Así pues, se partió de un listado integrado por las torres, castillos, alcazabas y murallas. De este listado general se seleccionaron los edificios que habían sido

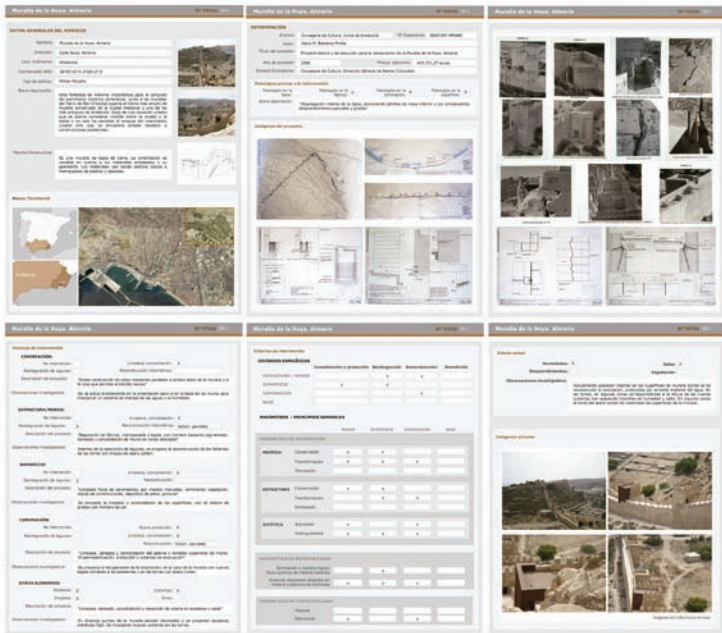


Fig. 1 Ficha empleada en la catalogación de casos de estudio

objeto de una restauración, reduciéndose la muestra a 131 expedientes de intervención. De ellos, se seleccionaron exclusivamente aquellos edificios construidos con tapia, obteniendo un grupo de 65 intervenciones sobre 46 edificios diferentes.

2. Catalogación y análisis de los casos, reflexión y puesta en común. Se ha realizado un análisis pormenorizado y una evaluación de los casos de estudio con un método multidisciplinar, a partir de la elaboración de una ficha detallada para cada intervención, generando una base de datos que ha permitido el análisis cruzado de los casos, considerando las técnicas de intervención y los criterios de actuación. La ficha se ha estructurado en cinco partes: una primera parte que incluye los datos generales del edificio y de su técnica constructiva; una segunda en la que se recogen los datos generales del proyecto de intervención; una tercera que hace referencia a las intervenciones, analizándolas en las distintas zonas del muro (base/cimentación, estructura/muro, superficie y coronación); una cuarta parte en la que se analizan los criterios de intervención; y finalmente, en la última y quinta parte de la ficha se realiza un pequeño análisis del estado actual del edificio y sus posibles patologías (fig. 1) (García Soriano, Mileto, Vegas, 2014).
3. Extracción de conclusiones y producción del corpus de conocimiento. A través de la ficha se ha generado una base de datos en la que se sistematizan todos los casos de estudio para poder realizar una reflexión global que permita extraer conclusiones.

2. ANÁLISIS TEMPORAL Y GEOGRÁFICO DE LOS CASOS DE ESTUDIO

2.1. ESTRUCTURA TEMPORAL DE LOS EXPEDIENTES

Las intervenciones seleccionadas corresponden a un periodo amplio, cubriendo prácticamente todo el marco temporal del estudio (1985-2009). No obstante, las más abundantes corresponden a la década de los noventa, periodo en el que las comunidades autónomas adquieren plenas competencias en materia de cultura y son ellas quienes gestionan las intervenciones en su patrimonio. Del análisis de los expedientes por décadas se evidencia que 5 expedientes corresponden a los años 80 (un 11% de la muestra), 18 a los 90 (38% del total)

y 24 expedientes a los 2000 (un 51%). Se trata por tanto de una distribución que va en aumento progresivo. Un análisis anual de la muestra permite comprobar que los expedientes más antiguos seleccionados corresponden a la segunda mitad de los años 80, tras el traspaso de competencias a las comunidades autónomas, momento en el que las intervenciones en edificios militares de tapia son más limitadas. Respecto a la siguiente década, las intervenciones en este tipo de edificios aumentan considerablemente aunque no se trata de una distribución homogénea en el tiempo. Durante el último periodo las intervenciones son constantes y siguen aumentando, registrándose en 2006 un número importante de proyectos en edificios militares de tapia (fig. 2). Así pues, esta distribución temporal de tendencia creciente refleja la aportación de las comunidades autónomas a la conservación del patrimonio y cómo con el paso del tiempo las administraciones autonómicas han ido mejorando en sus competencias y promoviendo y desarrollando sus propios planes de actuación.

2.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS EXPEDIENTES

La distribución territorial es muy homogénea, es decir, existen intervenciones en todas las provincias andaluzas. De este modo, se han registrado 7 intervenciones en Almería y Granada, 6 en la provincia de Sevilla, 5 en Córdoba, Huelva y Jaén, y 2 intervenciones en Cádiz y Málaga. Esta distribución no es extraña puesto que la tapia es una técnica constructiva que en la arquitectura militar monumental se encuentra repartida por todo el territorio andaluz (fig. 3).

3. ANÁLISIS DE LOS CRITERIOS DE INTERVENCIÓN

Con el objetivo de realizar este estudio de los criterios empleados en las intervenciones, el análisis se ha centrado en cada una de las partes del edificio con las que se ha trabajado durante toda la investigación. La toma de datos se ha estructurado en dos apartados: los criterios específicos de intervención (conservación, reintegración, reconstrucción y demolición) y los principios de la teoría de la restauración (conservación de la materia auténtica, mínima intervención, reversibilidad, compatibilidad material, compatibilidad estructural, durabilidad, actualidad expresiva y/o distinguibilidad, neutralidad (Carbonara, 1997; Jokilehto, 1999; Earl, 2003; Doglioni, 2008).

En estos proyectos las actuaciones en los muros han sido tanto de limpieza y consolidación, como de reintegración y de reconstrucción. En el caso de los revestimientos, en cambio, las intervenciones han sido fundamentalmente de consolidación y limpieza, mientras que en las coronaciones han sido frecuentes también las reconstrucciones parciales (fig. 4).

Las actuaciones en la cimentación no son muy frecuentes, y existe un número importante de casos (más del 58%) en los que no se interviene. Cuando se proponen trabajos en la cimentación, éstos han sido fundamentalmente reconstrucciones (12 casos) tanto parciales como totales, siendo menos frecuentes los trabajos de reintegración y de limpieza y consolidación (sólo 4 casos).

Respecto a las intervenciones en los muros, las propuestas fueron tanto de limpieza y consolidación, como de reintegración y de reconstrucción, en proporciones similares. Así pues, en este grupo se han detectado 27 casos en los que se propusieron trabajos de limpieza y consolidación de los muros, 27 en los que se realizaron reintegraciones y 28 en los que se propusieron reconstrucciones de volúme-

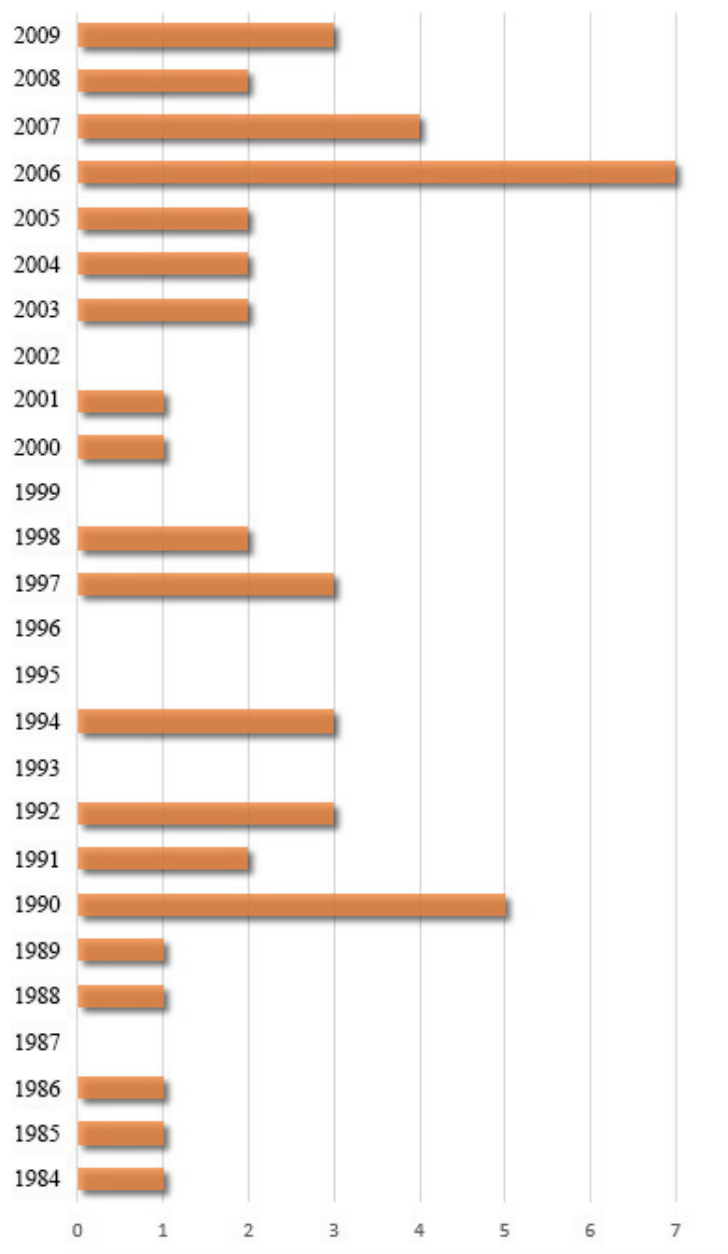
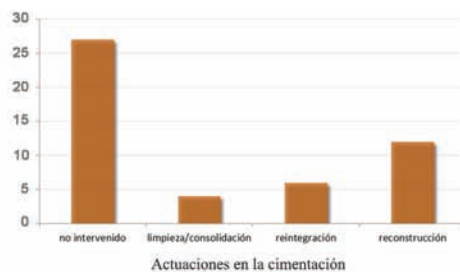


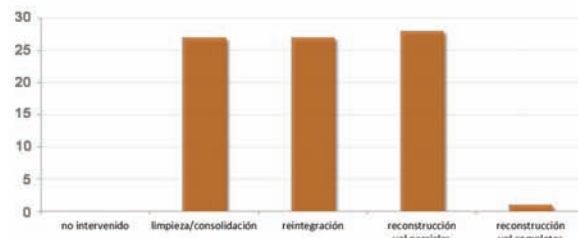
Fig. 2 Distribución temporal anual de los expedientes seleccionados

nes parciales. Las reconstrucciones extensivas no fueron demasiado frecuentes aunque se han detectado en algunos casos puntuales (los más antiguos de la muestra). Ejemplos de este tipo de intervenciones son las realizadas en el Castillo de Moguer en 1990 y en el Castillo de Cartaya pocos años después, en 1992 (fig. 5). Estas intervenciones de principios de los años 90 siguen siendo heredadas de criterios restauradores más propios de la década anterior que poco a poco fueron cediendo el paso a una línea de actuación más conservadora. Las intervenciones en las superficies fueron de tendencia más con-

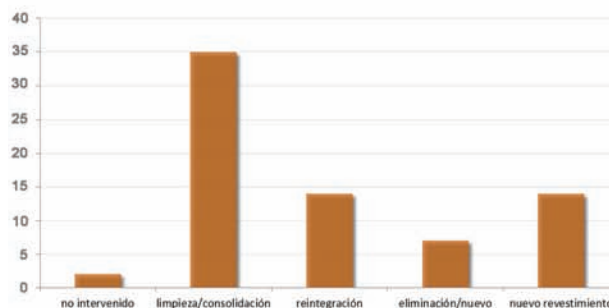
Fig. 3 Distribución geográfica de los proyectos de intervención seleccionados



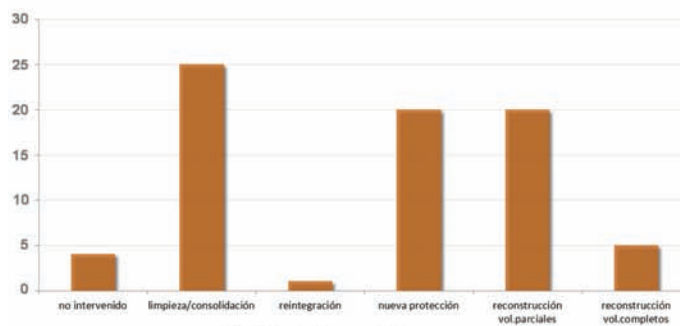
Actuaciones en la cimentación



Actuaciones en los muros/estructura



Actuaciones en las superficies



Actuaciones en la coronación

Fig. 4 Esquemas de distribución de los criterios de intervención

servadora respecto a las realizadas en otras zonas. La mayor parte de las intervenciones en las superficies fueron de limpieza y consolidación (35 casos) siendo menores las intervenciones en las que se realizan reintegraciones (14 casos) y nuevos revestimientos. En estas intervenciones fueron menos frecuentes las tareas de eliminación de superficies, aunque sí se han detectado en algunos casos en los se proponen eliminaciones superficiales que suelen ser frecuentes en los ejemplos en los que se ha comentado que se realizaban reconstrucciones importantes en los muros, con unos criterios menos conservadores. También tendían a eliminarse los materiales utilizados en reparaciones anteriores que se consideraban incompatibles (fábricas de ladrillo, morteros de cemento, etc.) para dejar las fábricas vistas tras su consolidación (Graciani, Canivell, 2014).

En cuanto a las intervenciones en la coronación, las actuaciones más importantes fueron las de consolidación (25 casos) y reconstrucción de volúmenes parciales (20 casos), siendo las de reconstrucción de volúmenes totales menos frecuentes. Generalmente, las reconstrucciones parciales en la coronación fueron pequeños completamientos con los que se trataba de completar la última hilada de tapia, y las nuevas se ejecutarían con materiales similares apoyadas sobre ellos.



Fig. 5 Intervención en el Castillo de Cartaya



Fig. 6 Imagen actual del Castillo de Orce, Granada

Se trataba, por tanto, de un criterio de intervención en el que se buscaba la protección de los restos y el completamiento volumétrico parcial en algunos casos.

Un parámetro importante al que se hace referencia con el paso del tiempo es el de la reversibilidad de la intervención. En algunos casos, este criterio aparece explícitamente en la memoria de proyecto; no obstante, las reversibilidades no es fácil de conseguir, ya que normalmente las nuevas estructuras se adosan o se apoyan en las preexistentes, alterándolas, por lo que es muy difícil que la intervención pueda revertirse y volver al estado original previo a la actuación. En estas intervenciones, también se buscaba la integridad cromática entre la intervención y la preexistencia, de modo que ambas armonizaran. Desde los proyectos más antiguos, se perseguía esta armonía y para ello se proponía ejecutar la intervención con técnicas constructivas similares a las tradicionales. Un caso concreto es la intervención en 1984 en el Castillo de Orce (fig. 6). El momento de finales de la década de los 80 es un punto crítico en cuanto a los criterios de intervención, la línea conservadora ya se está imponiendo a nivel teórico, pero lo cierto es que en la práctica, las reconstrucciones son aún muy frecuentes. Una imagen clara de esta situación es la intervención en la Torre de la Alcazaba Qadima en 1991 en la que se había proyectado una intervención que pretendía reconstruir completamente la torre, y en el nuevo proyecto se propone sólo la reconstrucción de las partes más conflictivas, las esquinas y coronación de los muros (fig. 7). Se puede afirmar que a medida que las intervenciones son más actuales, los criterios propios de la línea más conservadora se van imponiendo frente a las reconstrucciones propias de la línea restauradora que se daban más frecuentemente en la década de los 80 y principios de los 90.

4. ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS PROPUESTAS

En la mayoría de los proyectos seleccionados en el Archivo de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía se propone realizar las nuevas intervenciones con el empleo del sistema constructivo original, haciendo hincapié, ya desde los proyectos más antiguos, en la importancia de realizar los nuevos muros con encofrados similares a los tradicionales. Un ejemplo es el caso de la intervención realizada en el Castillo de Cartaya en 1992, en el que la variante constructiva original es la tapia con refuerzo de ladrillo en esquinas y huecos, y la intervención propone reintegrar cada una de las zonas con el mate-

rial correspondiente. Además, la solución constructiva prevé para la unión de las nuevas tapias con el material preexistente, la ejecución de unos cajeados previos en el muro existente, a modo de colas de milano, que puede ser considerada como heredera directa de la solución que estaba proponiendo en ese momento Ismael Guarner González en la Muralla de Niebla (1990).

La búsqueda de mejorar el agarre del nuevo material dará lugar a un repertorio de diferentes e interesantes soluciones constructivas. Una tendencia en los proyectos de los años 90 propone la mejora del agarre con el picado de la superficie existente. No obstante, es posible afirmar que la solución más recurrente, tanto en los proyectos de los años 90 como en los más actuales es la que se basa en el empleo de varillas y mallas metálicas, generalmente de acero inoxidable o galvanizado. En todas estas intervenciones, es también frecuente incorporar el cemento blanco a la masa en diversas proporciones. Durante la primera década del siglo XXI esta línea de actuación ha seguido siendo la más frecuente, un ejemplo es la intervención del Castillo de Aroche en 2005 (fig. 8). En 2008, en una fase más actual de intervención en la Muralla de Niebla, las varillas de acero inoxidable siguen siendo la solución adoptada. En esta intervención se emplearon las mismas varillas en "U" ancladas al tresbolillo mediante un mortero polímero, que se emplearon también de forma similar previamente en el Castillo de Paderne (Portugal) (Canivell, Graciani, 2014). En algunos de los proyectos más recientes, se propone la solución de las estacas de madera como alternativa a las varillas de acero inoxidable, buscando en los materiales tradicionales la compatibilidad material con la preexistencia.

CONCLUSIONES Y RESULTADOS

El progresivo interés por el estudio de la técnica constructiva tradicional de la tapia que se detecta a partir de finales del siglo XX ha contribuido sin duda a una mayor comprensión del sistema constructivo y a una sensibilización hacia el patrimonio construido con esta técnica. Este creciente conocimiento ligado a una mayor conciencia patrimonial y a una mayor experimentación en materiales y obras caracteriza el periodo de intervenciones que ha abarcado este trabajo de investigación.

Así pues, tras el desarrollo de este trabajo se ha podido detectar claramente un progresivo empleo de las técnicas tradicionales tanto en la ejecución de los muros como en las intervenciones de reposi-



Fig. 7 Imagen actual de la Torre de la Alcazaba Qadima de Granada

ción de las superficies. El empleo de la misma técnica constructiva se evidencia desde las primeras intervenciones de los años 80, pero es quizá en los materiales donde se ha avanzado más en estos años, reduciéndose el empleo de materiales contemporáneos como el cemento, y quedando patente en la mayoría de los casos más recientes la necesidad de trabajar con materiales tradicionales compatibles con los preexistentes.

Por otra parte, cabe señalar también que a lo largo del periodo estudiado ha ido aumentando no sólo la preocupación por intervenir de una manera más compatible a nivel material y estructural, sino también ha aumentado el respeto a la materia del edificio, las huellas de su construcción y su historia. Cada vez son más los casos de intervenciones que tratan de conservar la materia original del edificio completando las lagunas sin pretender alcanzar el aspecto unitario y completo de la arquitectura recién construida. Al mismo tiempo,

Fig. 8 Intervención en el Castillo de Aroche



cada vez son más numerosos los esfuerzos por reducir el impacto de la fábrica de nueva construcción. La búsqueda de una mayor integración de los nuevos añadidos en el contexto de la fábrica antigua a través de la investigación en los colores de las tierras y los áridos o el tratamiento de las texturas superficiales a través de picado, rayado, estarcido, etc. muestran una creciente conciencia de la necesidad de integrar la intervención, materializándose en propuestas mucho más respetuosas con el material original.

Una reflexión clara de este trabajo de investigación es que la restauración realizada entra a formar parte del ciclo de vida del edificio, y de las transformaciones de la materia. Es importante tener en cuenta el factor de envejecimiento de los materiales que se emplean en la intervención, no solo por su durabilidad técnica sino también en el respeto del edificio que se ha pretendido poner en valor con la propia intervención. El envejecimiento de los elementos y materiales aportados en la intervención influye notablemente en la imagen y en el propio valor del edificio. Es necesario tratar de evitar todas aquellas intervenciones que envejecen rápidamente y procurar utilizar materiales compatibles y duraderos como son los materiales tradicionales cuya durabilidad está garantizada por los siglos de su empleo.

NOTA

Este estudio se ha desarrollado durante una estancia de investigación en la Universidad de Sevilla, financiada por el MINECO del Gobierno de España, (EEBB-I-12-05874, proyecto BIA 2010-18921). La investigación fue supervisada por los profesores Amparo Graciani y Jacinto Canivell. Este trabajo forma parte de la tesis doctoral "La restauración de la arquitectura de tapia de 1980 a la actualidad a través de los fondos del Ministerio de Cultura y del Ministerio de Fomento del Gobierno de España. Criterios, técnicas y resultados" realizada por Lidia García-Soriano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carbonara, G. (1997). *Avvicinamento al restauro*, Liguori, Napoles, pp. 451-510.
- Canivell, J. & Graciani, A. (2014). Muralla de Niebla, Huelva (1984-2008). En Mileto, C. & Vegas, F., *La restauración de la tapia en la Península Ibérica. Criterios, técnicas, resultados y perspectivas*. Valencia / Lisboa: TC Cuadernos / Argumentum, pp. 212-217.
- Doglionni, F. (2008). *Nel restauro. Progetti per le architetture del passato*, Marsilio, Venecia, pp. 85-103.
- Earl, J. (2003). *Building Conservation Philosophy*, Donhead, Dorset, pp. 80-118.
- Jokitehto, J. (1999). *A History of Architectural Conservation*, Elsevier, Londres-New York, pp. 295-304.
- García Soriano, L., Mileto, C. & Vegas, F. (2014). La restauración de la tapia en España a través de las financiaciones ministeriales. En Mileto, C. & Vegas, F., *La restauración de la tapia en la Península Ibérica. Criterios, técnicas, resultados y perspectivas*. Valencia / Lisboa: TC Cuadernos / Argumentum, pp. 62-69.
- Graciani, A. & Canivell, J. (2014). Andalucía Occidental. En Mileto, C. & Vegas, F., *La restauración de la tapia en la Península Ibérica. Criterios, técnicas, resultados y perspectivas*. Valencia / Lisboa: TC Cuadernos / Argumentum, pp. 70-81.
- Mileto, C. & Vegas, F. (2014). Introducción. En Mileto, C. & Vegas, F., *La restauración de la tapia en la Península Ibérica. Criterios, técnicas, resultados y perspectivas*. Valencia / Lisboa: TC Cuadernos / Argumentum, pp. 12-19.

ÉLABORATION D'UN LEXIQUE AMAZIGHE-ARABE-FRANÇAIS DE L'ARCHITECTURE EN TERRE DES VALLÉES PRÉSahariennes DU MAROC

AUTEUR

Mohamed BOUSSALH

Centre de Conservation et de Réhabilitation du
Patrimoine Architectural des Zones Atlasiques
et Sub-atlasiques CERKAS, Ouarzazate, Maroc

RÉSUMÉ

Les architectures en terre qui font partie de la culture matérielle et immatérielle des vallées présahariennes du Maroc ne cessent de subir les effets destructeurs de la folklorisation et du désintérêt des habitants et des institutions. Néanmoins, ces architectures construites en pisé et en adobe représentent un savoir traditionnel parfaitement élaboré de procédés techniques de construction parvenant à combiner judicieusement des matériaux tels que la terre, le bois et la pierre. Elles sont en outre entièrement appropriées aux conditions bioclimatiques et socio-économiques locales. Afin d'en rendre compte, nous avons commencé un travail inédit et d'envergure qui consiste en l'élaboration d'un lexique des termes liés à cette architecture en langue amazighe (berbère), traduit en arabe et en français, à partir des inventaires des constructions en terre menés dans les régions de l'Atlas et des vallées présahariennes du Maroc¹. Quatre thématiques ont été abordées : les matériaux locaux ; leur mise en œuvre ; le matériel utilisé ; les espaces construits comme produit final.

La réalisation de ce lexique s'inscrit dans des objectifs spécifiques de compréhension et d'amélioration de la connaissance des architectures en terre et de préservation des traditions architecturales locales. Ce lexique prend en considération la conception des différents espaces bâtis en terre comme un système intégré dans une vision d'ensemble de l'édifice. Cette approche vise à accorder plus d'importance aux relations entre ces espaces et aux phénomènes sociaux qui s'y attachent.

INTRODUCTION

Le projet d'élaboration d'un lexique amazighe lié au patrimoine bâti s'inscrit dans le cadre de la valorisation du patrimoine culturel marocain en terre. Le choix du thème n'est pas dû au hasard, mais c'est un choix réfléchi vu la diversité et la richesse de la culture matérielle et immatérielle des zones amazighes. Plus largement, le patrimoine bâti est l'une des composantes essentielles du patrimoine marocain. Son intégrité et son authenticité sont approuvées à travers des constructions exceptionnelles, utilisant des matériaux locaux. Ces patrimoines sont considérés comme des lieux de mémoire. Ils permettent aux habitants d'avoir des repères spatiaux, socio-culturels et symboliques. Cependant, les pratiques ancestrales sont affectées par les changements et n'échappent pas aux influences, aux modifications et à la disparition de certaines d'entre elles, aboutissant à la perte de composantes architecturales.

Les bonnes pratiques illustrées par le présent lexique devraient être appliquées au cours des travaux de conservation, de restauration,

de réhabilitation et même dans les nouvelles constructions. De tels travaux nécessitent la connaissance des matériaux et des techniques de construction, mais aussi des métiers et des compétences locales. Ce lexique sera également un outil pédagogique de sensibilisation, de formation et d'aide à la décision destiné à toutes les personnes et les institutions concernées par la pérennité du patrimoine culturel et naturel des régions présahariennes. Ce document est notamment destiné aux habitants locaux, aux communes rurales de la région, aux associations, aux établissements scolaires, aux institutions concernées (culture, habitat, aménagement du territoire, tourisme, etc.), aux entreprises publiques et privées et aux maalems (maçons professionnels).

1. UNE ARCHITECTURE EN HARMONIE AVEC LA NATURE ET LA CULTURE

L'architecture en terre des vallées présahariennes du Maroc est dynamique. Les constructions expriment la maîtrise de la nature par les habitants. Chaque construction à l'intérieur des villages est en relation avec son environnement. Elle établit des rapports avec le climat (les formes des constructions permettent d'assurer un certain confort

¹ Depuis les années soixante-dix du 20^e siècle, un nombre important de travaux d'inventaires a été réalisé par le ministère de la Culture, par des chercheurs et ensuite par le Centre de Conservation et de Réhabilitation du Patrimoine Architectural des Zones Atlasiques et Sub-atlasiques à partir de 1994. Pour plus d'information, voir Boussalh, M. (2009). Quel avenir pour les architectures en terre au Maroc, EdicomEdizioni, pp 263-264. Boussalh, M. (2007). L'inventaire systématique par photographies aériennes des architectures de terre des vallées présahariennes du Maroc, Editions de l'Espérou. Pp 313-321.

thermique) ; avec le milieu (adaptation à un milieu hostile) et avec les ressources (matériaux disponibles et utilisés selon des techniques de construction). Par conséquent, l'architecture est une réponse aux conditions du milieu. C'est un produit culturel issu de la relation entre les habitants et leur milieu, les ressources naturelles, le paysage et le climat. En effet, les savoir-faire constructifs vernaculaires sont totalement intégrés dans l'écosystème. Ils sont basés sur des techniques ancestrales millénaires. Les constructions obéissent à une certaine logique qui se manifeste à travers des conditions spécifiques.

Le patrimoine architectural en terre de ces régions est en train de subir l'usure du temps, mais aussi des dégradations liées à l'intervention humaine. Celle-ci peut être destructrice et ravageuse. Des mesures de conservation sont urgentes et *sine qua non*. Cette conservation ne doit pas être inscrite dans une vision de momification et muséification, mais elle doit être dynamique et prendre en considération les exigences de la vie actuelle. L'objectif n'est pas d'enfermer les habitants dans l'histoire, mais de les accompagner et de les inciter à prendre conscience des dangers des changements et de leur montrer l'intérêt de leur patrimoine culturel et naturel. De ce fait, le lexique n'est qu'un outil d'aide à la compréhension des manières saines utilisées par les prédécesseurs. Il indique les voies à suivre pour continuer à utiliser les techniques et les matériaux locaux. Autrefois, les habitants s'efforçaient de maintenir une harmonie entre l'espace construit et le milieu naturel. Aujourd'hui, la région est toujours à la recherche de cet équilibre qui passe par la revalorisation des savoir-faire et l'encouragement des techniques ancestrales.

Si les divers matériaux employés par les habitants sont étroitement liés aux ressources, aux techniques, aux croyances et aux formes de pensée, leur mise en œuvre permet une meilleure intégration dans le paysage. Ils présentent des avantages inestimables pour l'économie, la technologie, la politique et l'environnement.

Dans les régions des vallées présahariennes, la terre, la pierre et le bois sont généralement utilisés : la terre et la pierre pour les structures, les élévations et les ossatures des différentes constructions, le bois pour les toitures et les linteaux.

Les matériaux et les techniques de construction utilisés témoignent d'une grande habileté et d'une maîtrise des techniques de construction et de l'adaptation de divers matériaux pour répondre aux conditions climatiques austères.

2. UNE ARCHITECTURE MENACÉE

Cette architecture est aujourd'hui en état d'abandon et la majorité des constructions est dans un état de ruine. En plus, le nombre de kasbahs et de ksour abandonnés ou en état de ruine augmente sans arrêt, bien que paradoxalement ils représentent des potentialités économiques dans la région.

Au cours des dernières décennies, l'explosion démographique, l'introduction de nouveaux modèles liés à l'espace et de nouvelles valeurs culturelles, ont apporté de nouveaux concepts de logements qui ont défigurés l'architecture vernaculaire des vallées. Ce nouveau modèle a favorisé un habitat horizontal avec de grandes cours et un seul

niveau. Les apports de la modernité ont aussi exigé l'introduction de nouveaux espaces, comme des garages pour voitures. Le déplacement des constructions suit les routes goudronnées abandonnant l'espace bioclimatique des palmeraies.

Les nouveaux matériaux et les nouvelles techniques constructives coexistent -pas toujours d'une manière harmonieuse-, avec les techniques traditionnelles vernaculaires.

En général, l'architecture de ces vallées, d'une valeur culturelle universelle, disparaît progressivement. Entre l'oubli et le délaissement total, les constructions en terre, et surtout les techniques de construction, sont à la recherche d'un nouveau souffle.

3. PRÉSENTATION DE L'ESPACE, OBJET DU LEXIQUE

Le présent lexique concerne les vallées présahariennes qui représentent des entités géographiques, historiques, sociales et patrimoniales d'une importance primordiale au Maroc. Ces vallées avaient un rôle important durant des siècles sur différents plans et actuellement elles sont à la recherche d'un nouveau dynamisme.

Caractérisées par un climat semi-aride, un relief accidenté et une végétation clairsemée, ces vallées sont des bandes verdâtres qui se dirigent vers les milieux désertiques. Ce sont des cuvettes alluvionnaires formées au cours des temps géologiques et alimentées par des oueds qui maintiennent la vie dans ces contrées semi-désertiques. Ces vallées que sont celles du Dra, du Magoun, du Dadès, du Todgha, du Ferkla, du Ghris et du Ziz ont des ressources limitées basées sur une agriculture de subsistance et autrefois sur le commerce caravanier. La croissance démographique des dernières décennies a accentué cette précarité économique et a provoqué un exode vers les grandes villes du Nord ou vers l'Europe. L'émigration n'a pas eu seulement des répercussions économiques, mais elle a introduit des modèles étrangers et de nouvelles valeurs culturelles et architecturales.

Ces palmeraies, malgré leur dureté géologique et climatique, sont des territoires qui renferment des richesses culturelles exceptionnelles avec un brassage ethnique important. En effet, au cours d'une histoire prospère, riche et mouvementée, les vallées étaient des carrefours du commerce caravaniers entre la région du Sahel (Mali, Niger, Burkina, etc.) et l'Afrique du Nord. Elles étaient également des carrefours de cultures et d'ethnies. Des lieux de brassages qui ont engendré une culture constructive assez spécifique. Cette culture se manifeste dans des chefs-d'œuvre illustrés par des ksour et des kasbahs. En effet, dans ces vallées une architecture vernaculaire d'une grande valeur patrimoniale est érigée sur des itinéraires transsahariens autrefois actifs.

4. DESCRIPTION DU PROJET

Le lexique amazighe lié au patrimoine bâti en terre n'est pas seulement un inventaire classique des matériaux de construction et de leur mise en œuvre. Ce n'est pas non plus un rassemblement de terminologies en vigueur dans la région. Ce lexique est basé sur la description de l'état

actuel des villages communautaires et sur leur analyse profonde en se référant à une démarche ethno-architecturale systémique dans l'objectif de faire ressortir les mécanismes de fonctionnement des espaces habités (usage, organisation, présentation) en relation avec le tissu social (rapports sociaux avec la structuration de l'espace). Il s'agit de dégager les valeurs, les normes et les traditions qui président au fonctionnement de chaque espace (la nature symbolique des espaces, l'importance de l'emplacement et de l'orientation, etc.). Cette démarche ethno-architecturale permettra de déterminer les liens entre l'espace, l'architecture, le social et le symbolique qui est le langage par lequel les habitants expriment leurs désirs et leurs contraintes. Ces domaines qui interviennent dans l'organisation de l'habitat vernaculaire en terre des vallées présahariennes seront analysés selon une vision globale et cohérente de la réalité, en considérant les différents espaces bâtis en terre comme un système intégré où s'imbrique la recherche d'une vue d'ensemble. Cette vision tendra à accorder plus d'importance aux relations entre ces espaces et les phénomènes sociaux qui s'y attachent.

5. OBJECTIFS ET RETOMBÉES DU PROJET

La réalisation de ce lexique s'inscrit dans des objectifs spécifiques de compréhension et d'amélioration de la connaissance du patrimoine bâti en terre et de la préservation des traditions architecturales locales. Les retombées suivantes sont visées :

- constituer un lexique des techniques, des matériaux et des espaces bâtis ;
- mettre en valeur l'originalité du patrimoine bâti à travers le lexique ;
- préserver les éléments patrimoniaux (matériels et immatériels) de

l'architecture amazighe ;

- valoriser les pratiques techniques ancestrales liées au patrimoine bâti et aux savoir-faire accumulés à travers le temps ;
- promouvoir les zones rurales pour les rendre plus attractives culturellement ;
- aider les autres institutions qui œuvrent dans ces régions et les sensibiliser à l'importance de l'architecture en terre et aux matériaux vernaculaires surtout dans la situation actuelle.

6. MÉTHODOLOGIE

Ce travail est basé sur un inventaire des architectures de terre dans les régions amazighe des vallées présahariennes du Maroc. Les constructions dans ces vallées sont des éléments témoignant de l'identité culturelle des habitants. À cet effet, un nombre important de terminologies amazighe est utilisé pour désigner les différents lieux et espaces bâtis. Chaque nom est chargé de messages techniques, historiques, sociaux, anthropologiques et symboliques. En ce sens, les lieux bâtis sont des espaces de mémoire décrits selon la composition, la forme, la fonction. Nous en donnons quelques exemples en trois langues (amazighe / arabe / français) :

Les types d'habitat, d'espaces et de lieux

- igherm / ksar / village communautaire
- tighermt / kasbah / demeure seigneuriale (fig. 1)
- ighermagadir / makhzen / grenier collectif
- tadchert / village
- tigmimi-taddart / manzel / maison

Fig. 1 Tighermt / kasbah / demeure seigneuriale, photo : Boussalh





Fig. 2 Louh/about/technique de construction utilisée largement dans l'Atlas et les vallées, photo : Barjali

- tazeqqa / maison de terre en terrasse
- tazdeght / habitation
- adghar / endroit
- tasoukt / ruelle, allée
- ahanou / chambre, grenier
- assarag / cour extérieure, cour intérieure
- tamsryt, tadwarit / salle de réception

Les éléments architecturaux

- Aghrab n louh / mur en pisé
- Akfaf / auvent
- Tafrawt / gargouille
- Assksel / fenêtre
- Taggourt / porte
- Tigjdit / poutre

Les techniques de construction

- louh, about/pisé (fig. 2)
- adobe/technique de briques crues
- tataoui/technique de planchers traditionnels

Les éléments décoratifs

L'architecture de terre est caractérisée par la richesse de son répertoire ornemental composé de formes géométriques simples et complexes (damiers, chevrons, losanges, etc.)

Frises d'arcature

Arcatures

Panneaux d'arcatures

Bandeaux en briques crues

Les matériaux de construction (fig. 3)

- Akal / terre utilisée pour le mortier
- Aloud / mortier, boue
- Assegou / Pierre rougeâtre utilisée pour la décoration
- Tamssalt / enduit en terre
- Attoub / briques crues
- Azrou / Pierre

Outils (fig. 4)

- Lmerkez / dame
- Takhbbat / battoir
- Achakour / pioche

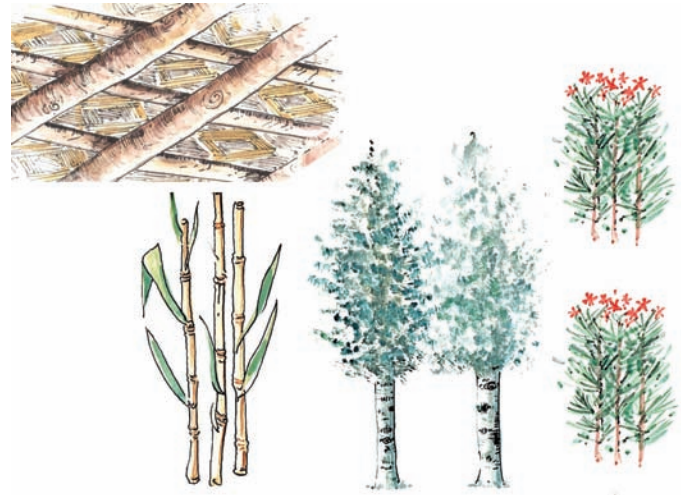


Fig. 3 Matériaux de construction des plafonds, dessins : Mallal

Structuré selon un ordre alphabétique, le lexique est tout d'abord étudié dans la langue amazighe, avec sa désignation en arabe et en français. La première étape consiste à consulter les documents bibliographiques et les études qui ont traité le sujet (comme celles d'Émile LAOUST, Henri TERRASSE, André ADAM, André PARIS, Jacque-MEUNIER, etc.), ainsi que les travaux de recherches académiques faits par des étudiants surtout dans l'ethnolinguistique, l'anthropologie et les études amazighes. Cette étape est renforcée par des enquêtes ethnographiques auprès de certains habitants, des artisans (*màalems*) de la construction vernaculaire, etc. Cette phase est plus importante et en même temps assez délicate parce que les connaissances sont transmises oralement. Et jusqu'à aujourd'hui la tradition orale continue de véhiculer des informations sur les matériaux et leur utilisation et les techniques de construction.

Fig. 4 Quelques exemples d'outils utilisés pour la construction traditionnelle, dessins : Mallal





Fig. 5 Plafond tataoui, photo : Barjali



Fig. 6 Plafond en roseaux composé de six lits, photo : Boussalh

La troisième étape est celle de la réalisation de relevés architecturaux, de dessins et des prises de photos pour expliquer et illustrer le sujet. La terminologie amazighe est étudiée selon son origine et son évolution dans le temps et dans l'espace avec ses différentes variantes.

7. UN EXEMPLE DE TERMINOLOGIE

T comme technique de construction

Tataoui

Le *tataoui* (fig. 5 et 6) est un nom masculin qui désigne un plancher traditionnel et une forme de décoration typique aux kasbahs et à certains espaces. En fait, cette technique sert à identifier la fonction et le statut de certaines constructions. Il était utilisé dans les grandes demeures seigneuriales, dans des bâtiments culturels comme les mosquées et des espaces socio-économiques comme les greniers. Il était rare de le trouver dans des maisons simples.

L'origine de cette technique semble être située dans la région de Tata au sud-est du Maroc, d'où le nom de *tataoui*.

Le plafond *tataoui* est formé de baguettes de laurier rose teintées de couleur naturelle (surtout le noir, le rouge et le jaune ou le blanc). Elles sont disposées selon une trame géométrique rigoureuse ayant pour base le carré ou le losange selon un tracé plus ou moins complexe, superposant un ou plusieurs lits. Ces baguettes ne sont ni clouées ni attachées, mais simplement disposées d'une manière jointive et maintenues en place sous le poids d'un mortier de terre. Les couleurs naturelles sont obtenues à partir de l'antimoine (pour le noir), d'une roche argileuse, *assegou* (pour le rouge) et des œufs (pour le jaune). Les branches du laurier sont découpées et trempées dans l'eau pendant 24 heures pour qu'elles deviennent flexibles. Ce matériau est un anti-termite puisque c'est un arbuste de la famille des Apocynacées, originaire de la rive sud de la Méditerranée caractérisée par la présence d'hétérosides cardiotoniques.

En plus du *tataoui*, il existe des plafonds en roseaux. Les plus simples consistent à couvrir les solives d'une nappe de roseaux attachés d'une manière jointive. Nous trouvons également des plafonds en roseaux exécutés selon la technique du *tataoui*, en disposant des lits successifs suivant la même décoration exception faite de la couleur.

Une fois le travail de structure achevé, la surface du plancher est remplie d'une couche de terre damée suivie d'une autre couche de terre et de chaux également damée et parfaitement lissée. La finition est réalisée avec une fine couche de chaux foncée au galet. C'est ce qui

constituera le revêtement du sol appelé *dess*.

Un soin particulier est donné au plancher de la terrasse où les pentes doivent être bien travaillées pour ainsi évacuer les eaux vers les gargouilles. Celles-ci sont sous forme de saignées le long du mur ou taillées dans le bois avec un large débord.

La terrasse est régulièrement entretenue. Après chaque saison de pluie, il faut déboucher les gargouilles, colmater les fissures, corriger les pentes si le plafond a subi un quelconque fléchissement pour éviter toute stagnation des eaux. Ce travail est jusqu'à présent le seul garant de la pérennité de l'ouvrage. Mais les bâtiments demandent un entretien régulier.

CONCLUSION

Aujourd'hui, le modèle d'urbanisme et d'architecture contemporaine est en rupture radicale, du point de vue technique et fonctionnel, avec le modèle traditionnel. Il est donc temps de mener une action de sauvegarde et de valorisation du patrimoine architectural en terre des vallées présahariennes. Pour ce faire, la reconnaissance de ce patrimoine est la première démarche de ce travail. Une seconde étape est la valorisation et l'amélioration du cadre bâti existant. Vient ensuite une troisième étape qui consiste en l'amélioration de la production architecturale et l'adaptation des constructions nouvelles à l'environnement physique, humain, et aux besoins du développement local. Telles sont les étapes de ce travail qui ne sera jamais achevé, il sera toujours enrichi et revu pour qu'il soit actuel.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adam, A. (1950). *La maison et le village dans quelques tribus de l'Anti-Atlas*, Hespéris, Rabat.
- Boussalh, M., et al. (2005). *Conservation manual for earth architecture heritage in the pre-Saharan valleys of Morocco*, UNESCO.
- Boussalh, M. (2011). *Le décor architectural en terre crue du Sud-Est du Maroc : entre technique, esthétique et symbolisme*, Editions de l'Espérou.
- Laoust, E. (1983). *Mots et choses berbères*, Calques, Rabat.
- Laoust, E. (1935). *L'habitat chez les transhumants du Maroc central*, Hespéris, Rabat.
- Meunié, J. (1962). *Architectures et habitats du Dadès : Maroc présaharien*, Librairie Klincksieck, Paris.
- Paris, A. (1925). *Documents d'architecture berbère*, Collection Hespéris, Larose, Paris.
- Terrasse, H. (2010). *kasbas berbères de l'Atlas et des oasis*, Actes sud/CJB.

L'HABITAT TROGLODYTIQUE DE CHAÂBET CHEMLELI : UNE ARCHITECTURE DE TERRE FACE AUX LIMITES D'ADAPTATION

AUTEURS

Houda DRISS
Fakher KHARRAT

ENAU-PAE3C (École Nationale d'Architecture et d'Urbanisme de Tunis)
Unité de recherche : Patrimoine Architectural et Environnemental :
Connaissance, Compréhension, Conservation), Tunisie

RÉSUMÉ

La Tunisie est riche en matière d'architectures spécifiques, notamment le village de Chaâbet Chemleli situé aux Monts de Matmata au sud-est tunisien. Il est reconnu par son habitat souterrain creusé verticalement dans la terre. A travers ce travail, nous présentons d'abord les spécificités de cette architecture en terre creusée en ayant recours à la méthode typo-morphologique. Nous procédons ensuite à la comparaison de l'habitat troglodytique du sud-est tunisien avec les troglodytes creusés en puits en Chine, ce qui a montré des ressemblances et des différences au niveau de l'organisation fonctionnelle, au niveau de l'apparence ainsi qu'au niveau des matériaux et des savoir-faire relatifs à la construction. Enfin, l'architecture en négatif de Chaâbet Chemleli, bien qu'elle soit adaptée à son contexte naturel, montre des limites à l'adaptation aux nouveaux modes de vie. Ceci a mené à l'introduction de nouvelles formes bâties qui ont assouvi certains besoins ; cependant elles ont créé d'autres problèmes de perte de spécificité et de forte consommation d'énergie. Un retour réfléchi à l'architecture de soustraction pourrait créer une nouvelle spécificité et assurer un meilleur respect de l'environnement.

INTRODUCTION

La Tunisie abrite plusieurs architectures régionales qui ont été générées par l'interaction de divers milieux géographiques naturels et de différentes structures socio-culturelles. Mais ces architectures risquent de disparaître suite à l'abandon ou aux transformations aléatoires qu'elles subissent. Elles sont aussi substituées par de nouvelles formes bâties qui rompent avec le paysage culturel. Les habitations troglodytiques en terre creusée du sud-est tunisien n'échappent pas à ce sort.

La région de Chaâbet Chemleli est située dans la partie nord des contreforts de Djebel *Dahar*, au sud-ouest de la délégation de la Nouvelle Matmata (Gabès). Elle appartient à l'étage bioclimatique aride. Le soubassement géologique est formé par une argile sableuse qui favorise le creusement des maisons. La terminaison orientale de la chaîne du *Dahar*, [...], portant le nom de Matmata, a été le siège d'un comblement loessique au cours du Pléistocène (Sghari, 2012). Les autochtones sont des berbères arabisés qui ont fui l'invasisseur en provenance de la plaine. Ils s'activaient dans les secteurs agricole et artisanal.

À travers ce travail nous nous proposons, d'abord, de déterminer les spécificités architecturales des habitations de la région de Chaâbet Chemleli. Nous avons eu recours à la méthode historique qui consiste en la consultation de revues de littérature ainsi qu'à la technique du relevé. La collecte des données est assurée également par la méthode d'enquête, précisément, par la technique de l'entrevue directe. Cette technique permet d'interroger la population cible (personnes âgées) d'une façon semi directive. Les données sont traitées

par la méthode typo-morphologique qui s'intéresse à l'implantation, à l'organisation de l'espace, au vocabulaire architectural ainsi qu'aux matériaux et techniques de production de l'espace. Nous menons ensuite une étude comparative avec l'architecture troglodytique en Chine. Enfin, nous essayons de montrer les limites d'adaptation de l'architecture en terre creusée de Chaâbet Chemleli aux contextes actuels.

1. PRÉSENTATION DES SPÉCIFICITÉS ARCHITECTURALES DES HABITATIONS TROGLODYTIQUES EN TERRE CREUSÉE A CHAÂBET CHEMLELI

L'architecture troglodytique a été associée, pendant longtemps, au monde des ténèbres et des enfers. Cependant, elle a connu un regain d'intérêt, comme les architectures dites primitives, vers la fin des années 50 du siècle précédent pour les qualités qu'elle présente. D'une part, c'est une architecture bioclimatique qui contribue au confort thermique et acoustique de ses occupants ; d'autre part, intégration architecturale dans le paysage, économies générales de la construction utilisant le matériau en place, variété et richesse des espaces architecturaux produits, jeux de lumière et de matériaux, sont autant de dimensions de cette architecture (Loubes, 1984). Les habitations se traduisent par une « architecture en négatif », creusée dans la masse, qui privilégie l'espace intérieur obtenu par soustraction de matière, et laisse disparaître son volume externe confondu avec le paysage (Trebbi, Bertholon, 2007).

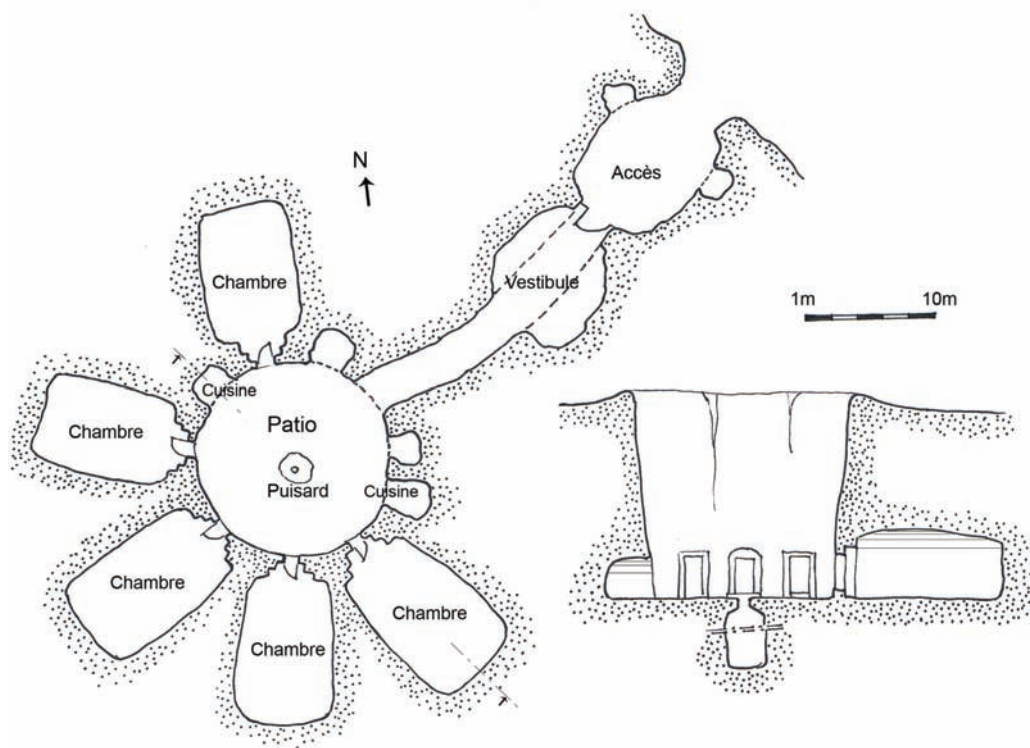


Fig. 1 Plan et coupe d'une habitation en terre creusée au sud tunisien

1.1. LE PRINCIPE D'IMPLANTATION

La région se caractérise par un paysage « lunaire » présentant des petites collines entourées par quelques chaînes de montagne. Ces collines sont creusées verticalement pour donner le type d'habitations introverties, à patio. Ces maisons sont invisibles à première vue. Le panorama donne l'impression de traverser une zone parsemée de quelques nouvelles constructions et de quelques palmiers ou oliviers. Mais en réalité, on est en présence d'un village à caractère rural et dispersé. On est dans le village et on ne voit pas le village (Loubes, 1988).

1.2. LE PRINCIPE D'ORGANISATION DE L'ESPACE

L'habitation abrite des espaces pour les humains et d'autres pour les bêtes (fig. 1). Ces maisons sont occupées par des familles élargies où on trouve les parents et leur descendance masculine mariée. Les membres d'une grande famille restent groupés et partagent la récolte agricole dans une société reconnue par son austérité face à la pénurie des ressources disponibles. De plus, la région est fortement touchée par le phénomène de migration à cause du caractère aléatoire du secteur agricole (rareté et irrégularité des précipitations) ; le mari part à la recherche d'une autre source de revenu (dans les grandes villes ou à l'étranger) et l'épouse et les enfants restent chez le grand-père sous sa protection et son pouvoir.

La maison est accessible par un vestibule qui mène au patio central. Ce couloir d'accès est aménagé de part et d'autre par des excavations qui servent d'abri pour les animaux et d'entrepôt pour les outils agricoles, éloignés des espaces réservés aux humains. La cour centrale articule les différentes composantes de la maison (chambres, cuisine(s) et greniers) et constitue son unique source d'aération et d'éclairage. On y exerce les activités ménagères quotidiennes comme elle sert de lieu de rencontre. Les pièces d'habitation sont accessibles à partir du patio à travers un petit « sas » en descendant une marche. Cette transition permet de mieux préserver l'ambiance thermique à l'intérieur de la pièce, et l'épaisseur de la paroi sur le patio contribue à la stabilité de l'ouvrage. La chambre est un espace plus intime et à usages multiples : on y trouve le lit conjugal au fond, alors que l'espace de séjour et de

sommeil des petits enfants est plus proche de la porte. Le nombre des unités d'habitation correspond à celui des familles élémentaires qui habitent la maison, variables de trois à plus de dix chambres. La maison est de nature extensible ; c'est-à-dire à chaque fois qu'un fils se marie, on creuse une nouvelle pièce. Parfois, le nombre de pièces dépasse la capacité d'accueil du patio. On procède alors au creusement d'un deuxième patio, accessible à partir du premier, et sur lequel vont être ouvertes les nouvelles pièces d'habitation. Cette disposition donne naissance à un nouveau sous-type qui est une habitation « composée » à deux ou même à trois cours (fig. 2).

L'espace de cuisson se matérialise par une niche creusée au niveau du patio, peu profonde pour évacuer les fumées. C'est un espace commun à toutes les femmes qui occupent la maison. Les ustensiles et les jarres de stockage des provisions sont rangés dans les pièces d'habitation ; ils sont considérés comme des biens de valeur. Un grenier est aménagé à l'étage pour le stockage des olives, introduites par un orifice au niveau de la toiture. Le grenier est accessible du côté du patio par des escaliers, par des éléments scellés dans les parois ou simplement par des petites encoches pour placer le pied. L'existence d'un grenier est un indice de richesse de la famille ; elle possède des champs d'oliviers et elle a besoin d'espace, au sein de l'habitation, pour stoker les olives. Les toilettes, considérées comme impures, sont toujours disposées à l'extérieur de l'habitation. Un système de collecte d'eau pluviale (puits perdu) est aménagé au centre du patio pour empêcher l'inondation de celui-ci.

1.3. LE VOCABULAIRE ARCHITECTURAL

La maison est de forme organique concentrique : la forme d'une fleur à nombre variable de pétales. Le patio est de forme circulaire ou ovoïde et il est profond de 6 à 10 m. L'intérieur est accessible par un long tunnel qui permet de préserver l'intimité des habitants et de rattraper la différence de niveau moyennant une pente descendante vers l'intérieur. Sur ce puits d'air et de lumière donnent des portes qui mènent aux chambres profondes de presque 7 m, larges d'environ 3 m et ayant une hauteur de 2,2 m.

L'habitation prend la couleur de l'argile sableuse rougeâtre où elle est creusée. Les parois intérieures de la cour centrale (à mi-hauteur) et des pièces d'habitation sont blanchies à la chaux ce qui améliore la luminosité de ces espaces enterrés.

Les habitants produisaient leurs meubles à partir de hampes de palmier qu'ils assemblent selon plusieurs formes puis les enrobent par un mélange d'argile et de gypse. Par ces motifs décoratifs, ils façonnent leurs lits, leurs étagères murales...

L'eau de pluie, rare et précieuse, est acheminée vers une citerne souterraine dont les parois sont enduites à la chaux. Ce réservoir est implanté au niveau de la partie basse à l'extérieur de la maison. Il est précédé par un regard de filtration.

1.4. MATÉRIAUX ET TECHNIQUES DE PRODUCTION DE L'HABITAT

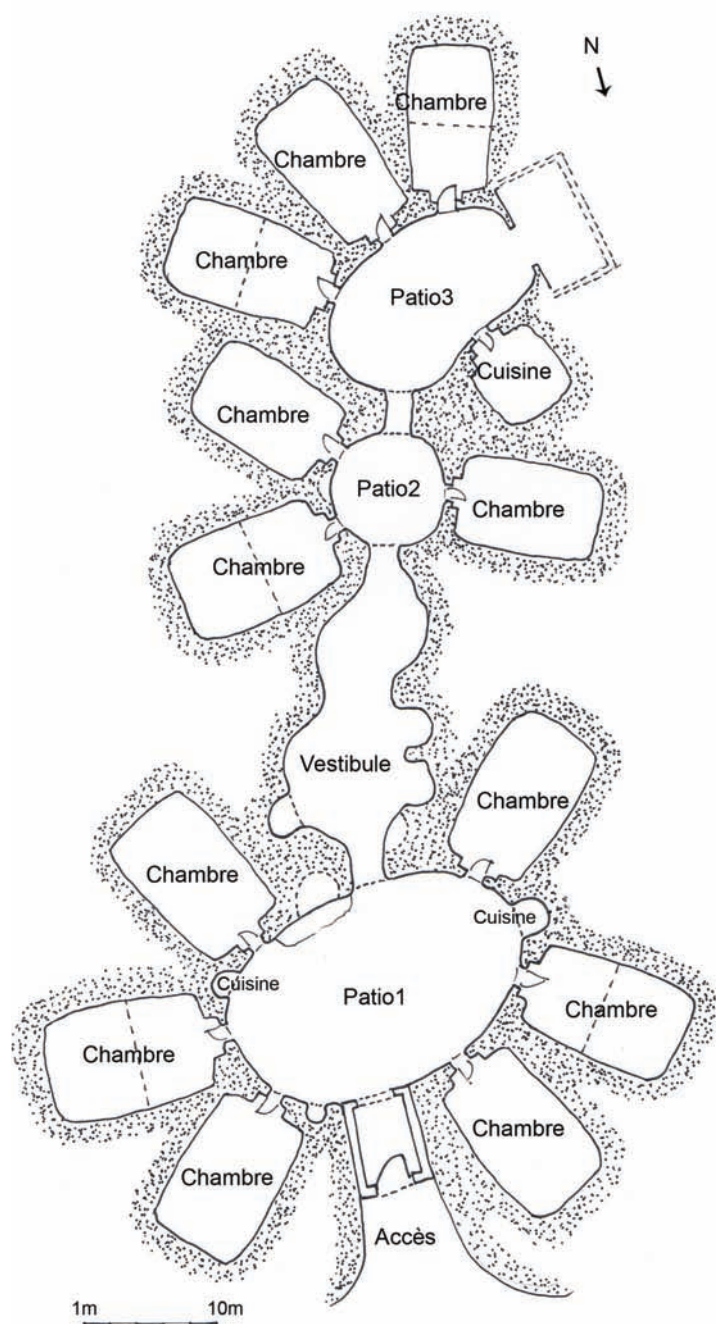
Ce type d'habitat ne peut être produit qu'en présence d'une petite colline préexistante en terre argilo-sableuse (löss) qui se tient par

elle-même. La réalisation d'une habitation est un acte social qui se base sur l'entraide collective où les amis et les proches participent au creusement qui se fait de haut en bas. On commence par l'excavation de la cour centrale et on transporte les terres enlevées autour de celle-ci. Les murs du patio sont légèrement en fruit, faisant un angle de 5 à 10° pour assurer la stabilité des parois et empêcher la chute des terres. Les greniers sont creusés au fur et à mesure que le patio. Ensuite, on excave le tunnel d'accès qui permet de faire sortir les terres extraites des pièces d'habitation qui sont excavées en dernier lieu. Elles sont creusées latéralement et elles sont munies d'un plafond en voûte parabolique qui permet la décomposition et la transmission des charges sans risque d'effondrement (Aouadi, 1984) (fig. 3).

Les portes sont les uniques ouvertures dans l'habitation, elles sont en un seul volet et elles sont façonnées en planches de bois de palmier assemblées par des branches en bois d'olivier, matériaux locaux disponibles sur site.

La réalisation d'une habitation troglodytique en terre creusée est conditionnée par plusieurs paramètres notamment l'âge des dépôts de löss. Un löss ancien sera plus dur à creuser mais offrira une meilleure sécurité qu'un löss plus récent, donc plus tendre (Loubes, 1988). La période du creusement est, aussi, à prendre en considération étant donné que la quantité d'eau retenue par la terre peut changer son comportement mécanique. Nul n'ignore [...] que l'on s'abstienne de creuser en hiver, lorsque la pluie détrompe le sol, de ce fait lourd et difficile à travailler (Libaud, 1986).

Fig. 2 Exemple d'une habitation « composée »



2. COMPARAISON AVEC L'ARCHITECTURE TROGLODYTIQUE EN TERRE EN CHINE

Le troglodytisme latéral est plus fréquent dans le monde que le troglodytisme vertical. Ce dernier se trouve, essentiellement, en Tunisie, en Lybie, en Chine et en France (Doué-la-Fontaine). Les trois premiers présentent un habitat en terre creusé dans le löss, alors que pour la France, les habitations sont creusées dans le falun, épaisse couche de roche calcaire. Les habitations en Lybie constituent la continuité de celles se trouvant en Tunisie, implantées d'ailleurs sur la même chaîne de montagnes. Pour cela, la comparaison est menée plutôt avec les maisons chinoises.

En ce qui concerne le schéma d'organisation fonctionnelle, les espaces, dans les deux pays, s'articulent autour d'une cour centrale qui constitue la scène des différentes activités ménagères et qui dessert, en même temps, les chambres, la (ou les) cuisine(s) et l'espace de stockage de la provision alimentaire. Les maisons du sud tunisien sont accessibles par un tunnel couvert et en pente descendante vers l'intérieur pour rattraper le niveau. Ce tunnel est aménagé par des excavations abritant les bêtes et le matériel agricole. Cependant, en Chine, l'accès se fait sur une rampe ou sur des escaliers découverts et les animaux sont abrités dans un espace excavé qui donne sur le patio comme les autres pièces. Les latrines, chez les chinois, sont situées à l'intérieur de l'habitation et ouvrent sur le patio alors que pour les tunisiens, les toilettes sont toujours refoulées vers l'extérieur.

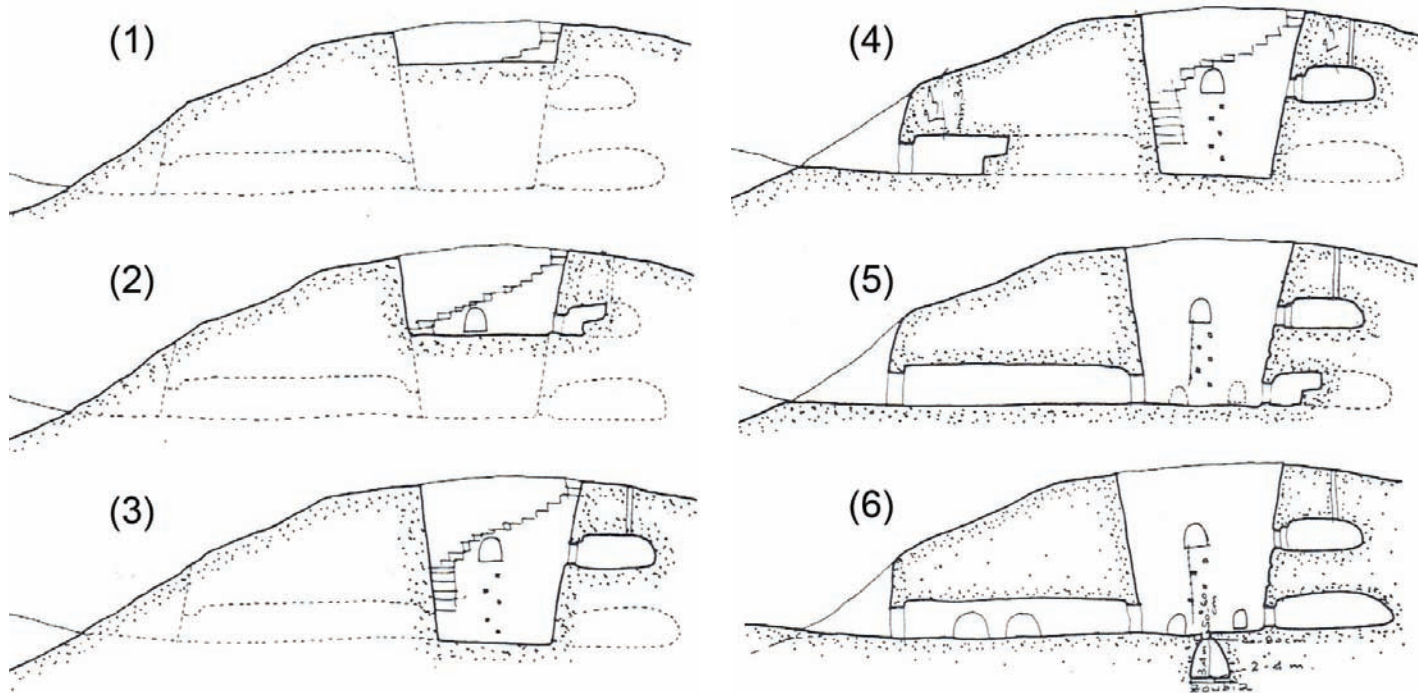


Fig. 3 Différentes étapes de creusement d'une habitation troglodytique au sud tunisien

Quant au vocabulaire architectural, les logements dans les deux régions se dissimulent dans le ventre maternel de la terre. Les maisons chinoises sont perceptibles à travers leurs cours carrées et elles se caractérisent par un tracé en plan régulier (fig. 4). L'orthogonalité étant la règle en Chine [...] depuis la pièce de base jusqu'au plan de l'habitation (Loubes, 1988). Les habitations tunisiennes sont repérées moyennant leurs patios circulaires et elles ont un plan constitué de formes plus organiques. Les portes constituent les uniques ouvertures sur le patio. Par contre, en Chine, les façades sur cour comportent des portes et des fenêtres.

Concernant les matériaux et les techniques de production des espaces, en Tunisie ainsi qu'en Chine, on commence par le creusement du patio de haut en bas. Les qualités mécaniques du loess en Chine sont très similaires aux limons loessiques de Matmata (ibid). Les tunisiens creusent les greniers (en étage) au fur et à mesure que se déroule le creusement du patio. Les pièces d'habitation sont réalisées latéralement dans les parois du patio. Les chambres sont obtenues uniquement par l'acte de soustraction de terre. Cependant, les pièces dans les habitations chinoises sont obtenues par le creusement et par la construction. On procède à la réalisation d'une percée peu profonde dans la paroi de la cour et au fur et à mesure qu'on creuse, on consolide la voûte à l'aide de briques et/ou de pierres taillées. Une chambre a environ 6 m de profondeur et 3 à 3,5 m de largeur. Une année après le creusement et la consolidation de la pièce, on procède à la construction de la façade qui sépare l'intérieur de l'extérieur. Il faut en effet que le tassement des pierres clavées puisse se faire, bloquant définitivement le vaisseau voûté (Loubes, 2003). Cette façade, formant un panneau en arc ou en voûte d'ogive, est réalisée en briques et/ou en pierres, elle est munie d'une porte et d'une (ou de deux) fenêtre(s) pour l'aération et l'éclairage de la pièce.

Les habitations troglodytiques en terre creusée, en Tunisie ainsi qu'en Chine, entièrement excavées ou en partie creusées et en partie construites ont contribué au confort thermique des occupants

et ont participé à la création d'un microclimat adouci à l'intérieur des pièces habitables. Ces réponses architecturales ont également constitué une enceinte favorable pour les pratiques socio-spatiales des groupements humains aussi différents les uns des autres. En fait, le patio est le support de plusieurs activités féminines (la préparation des repas, la mouture des grains, le séchage des figues et olives, la confections des habits...) ou masculines (la réparation du matériel agricole, confection des silos en alfa...) ou encore familiales et communes (la rencontre, la consommation des repas, la réception d'amis et de proches...). Les chambres, étant des espaces plus intimes, ont servi pour le sommeil, le repos, la garde des petits enfants ainsi que pour cacher les biens de valeurs.

3. LIMITES A L'ADAPTATION DE L'HABITAT TROGOLODYTIQUE DE CHAABET CHEMLELI AU MODE DE VIE ACTUEL

Les autochtones se sont alignés aux conditions du milieu naturel pour produire leur espace habitable. Le manque des matériaux de construction sur le site les a poussés à sculpter un habitat qui va en adéquation avec les caractéristiques physiques du soubassement géologique. De plus, c'est un habitat bien adapté aux conditions climatiques. L'enveloppe, par son épaisseur, se caractérise par une bonne inertie thermique ce qui assure le confort thermique dans une région présaharienne au climat semi-aride et où les températures d'été peuvent atteindre 53°C.

Ainsi, cette architecture a montré une bonne adaptation à l'environnement naturel mais elle n'est pas adaptée au mode de vie contemporain.

La structure économique et socioculturelle a connu plusieurs mutations à partir de la deuxième moitié du XX^e siècle. La population ne s'activant plus uniquement dans le secteur agricole et artisanal, il y a eu développement du commerce, du service et de l'industrie, notamment celle des matériaux de construction. Cette période cor-

respond également à une politique de modernisation du pays qui vise à élever le niveau de vie de la population en généralisant la scolarisation et en offrant un accès gratuit aux soins médicaux. Ces changements ont eu des impacts directs sur les habitations. Les anciennes maisons en terre creusée sont dévalorisées et elles sont devenues le signe de la pauvreté, de l'indignité et de l'insalubrité. En fait, le sol du patio et des chambres ne sont pas revêtus ; ils sont à l'état brut et les espaces intérieurs se trouvent peu protégés contre les intempéries (boue, poussière...). Sur le plan de la commodité et de l'usage, ces habitations ne sont pas alimentées en eau potable. Elles ne sont pas non plus raccordées au réseau d'électricité qui permet l'utilisation des équipements électroménagers et l'accès aux différents réseaux de communication et à l'information (télévision, téléphone, antenne parabolique, internet). Pour cela, certaines pièces bâties en pierre commencent à apparaître. On passe ultérieurement à la réalisation de nouvelles demeures entièrement construites sur la même parcelle familiale avec des matériaux industrialisés. Ces dernières sont devenues signe de modernité, de confort et d'estime sociale.

Le changement du mode de vie était à l'origine de l'abandon des habitations creusées et l'apparition de nouvelles formes construites qui présentent à leur tour des limites d'adaptation au contexte climatique. Elles se trouvent surchauffées en été à cause de l'inadéquation des matériaux de construction utilisés (brique, béton, acier). Pour retrouver le confort thermique « perdu », les habitants occupent simultanément les deux types d'habitation avec un retour partiel volontiers aux anciens logements. Une ou deux chambres dans l'habitation troglodytique sont entretenues et maintenues propres pour passer la sieste en été et les autres chambres sont, désormais, réservées aux bêtes. La préparation et la consommation des repas, la rencontre et la réception des amis et des proches se déroulent plutôt dans l'habitation récente.

CONCLUSION

L'architecture en terre creusée de Chaâbet Chemleli est une architecture doublement spécifique. D'une part, c'est une architecture-sculpture engendrée par la soustraction de la matière ; d'autre part, elle n'abuse pas son environnement naturel et elle a assouvi, pour des siècles, les besoins physiques de ses usagers, comme elle a respecté leurs systèmes de représentation du monde. Cependant, avec le développement des modes de vie et avec les mutations socio-culturelles, cet héritage architectural ne répond plus aux exigences de la population actuelle. Cette situation a mené à l'abandon (total ou partiel) des habitations traditionnelles et à leur substitution par des habitations construites en matériaux industrialisés. Même une majorité des maisons récentes connaissent une occupation saisonnière puisqu'elles appartiennent aux migrants qui rentrent dans leur région d'origine pour passer des vacances ou pendant certains événements religieux ou sociaux. Ceci explique davantage l'introduction des normes de confort auxquelles sont habitués ces habitants dans leurs résidences en ville. La situation est généralisée sur l'ensemble des villages troglodytiques situés au sud-est tunisien. Cette réalité est due, en fait, à l'aspect répulsif de la campagne de ces régions qui ne retiennent pas la main d'œuvre active et ne présentent pas de possi-

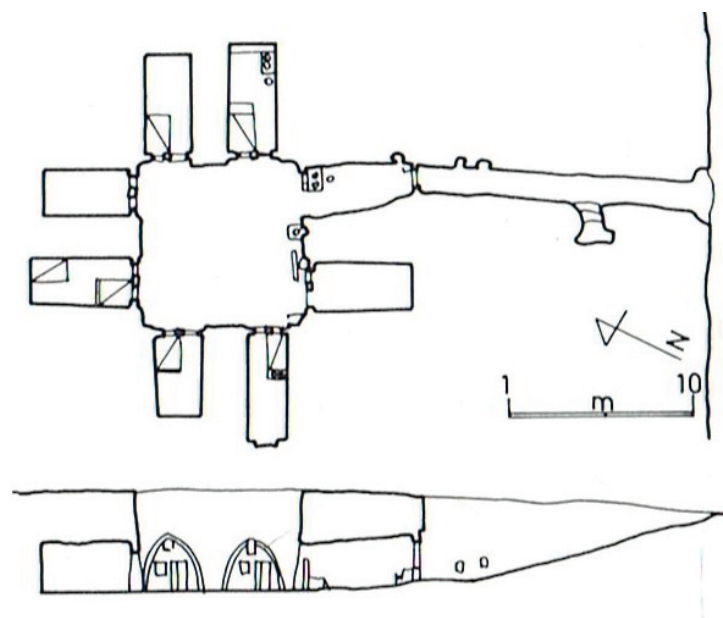


Fig. 4 Plan et coupe d'une habitation en terre creusée en Chine

bilités d'emplois. Face à l'aridité du climat et la rareté et l'irrégularité des précipitations, l'état doit intervenir pour soutenir le secteur agricole afin de maintenir la population d'origine dans ces régions qui ont souffert pendant longtemps de la marginalisation. L'architecture en terre creusée peut, à son tour, constituer un pôle d'attraction et contribuer au développement régional par l'instauration d'un circuit de tourisme culturel qui prend en charge un ensemble de villages troglodytiques. La mobilisation de plusieurs profils (citoyens, politiciens, architectes, sociologues...) s'avère indispensable pour mener des réflexions sur la réhabilitation de l'architecture creusée existante ou sur la recherche d'une nouvelle formule d'un nouveau troglodytisme contemporain adapté aux caractéristiques naturelles et humaines. La concentration des efforts permettra de préserver ce patrimoine et d'échapper au risque de perte de la spécificité.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aouadi, Z., (1984). *La construction et les constructions dans les monts troglodytes*, ITAAUT, Tunis.
- Libaud, G., (1986). *Symbolique de l'espace et habitat chez les Beni-Aïssa du sud tunisien*, CNRS, Paris.
- Loubes, J-P. (1984). *Archi troglo*, Parenthèse, Paris.
- Loubes, J-P. (1988). *Maisons creusées du fleuve jaune : L'architecture troglodytique en Chine*, Créaphis, Bellegarde.
- Loubes, J-P. (2003). *Voyage dans la Chine des cavernes*, Arthaud, France.
- Sghari, A. (2012). Un morphosite troglodytique à Matmata (Tunisie présaharienne) : le rôle décisif de la sculpture géomorphologique et de la sédimentation tertiaire. Dans C. Giusti (Ed.), *Géomorphosites 2009 : imagerie, inventaire, mise en valeur et vulgarisation du patrimoine géomorphologique*, Paris-Sorbonne Université, Paris.
- Trebbi, J-C. et Bertholon, P., (2007). *Habiter le paysage, maisons creusées, maisons végétales*, Alternatives, Paris.

CONSERVATION ET GESTION DU PATRIMOINE

HERITAGE CONSERVATION AND MANAGEMENT

CONSERVACIÓN Y GESTIÓN DEL PATRIMONIO

Les présentations autour de ce thème ont souligné plusieurs réalisations positives : le savoir-faire local existe toujours dans de nombreux contextes et un nombre beaucoup plus important de travaux de conservation sont réalisés en parallèle avec des fouilles archéologiques. Une nouvelle génération de praticiens, concernés par les questions de développement et de coopération, cherche à mieux tenir compte des agendas sociaux, culturels, environnementaux et économiques.

Certaines faiblesses ont été soulignées. Premièrement, concernant les projets de conservation, qui manquent souvent d'approche holistique. Deuxièmement, concernant les experts internationaux qui oublient encore de renforcer les capacités des acteurs locaux, générant ainsi peu d'impact sur la résilience locale et la durabilité à travers leurs actions. Troisièmement, concernant certaines régions, où les compétences traditionnelles et l'artisanat ont disparu en raison d'un manque général de motivation quant à leur redécouverte et leur transmission.

En conclusion des articles, plusieurs recommandations communes se dégagent. Tout d'abord concernant la nécessité de renforcer les capacités locales afin de consolider l'expertise et d'assurer la pérennité des pratiques. L'intégration des collectivités locales en tant que principaux bénéficiaires des projets de conservation encourage le transfert de connaissances, le partage d'expériences et la formation sur le site, créant du lien entre les générations et les genres. L'implication des populations est essentielle, tout comme la participation d'un large éventail de parties prenantes, comprenant les autorités locales, les artisans et les professionnels, pour encourager le soutien et la viabilité des projets à long terme. En outre, la nécessité d'encourager la collaboration entre experts et artisans dans l'objectif de renforcer les compétences, partager les bonnes pratiques et élaborer des lignes directrices pour le développement de projets est abordée. Ce partage d'expériences peut avoir lieu dans le cadre de séminaires, colloques ou via les médias sociaux et internet. Aussi, il est recommandé de mettre en œuvre des politiques de tourisme culturel durables, en habilitant des professionnels du patrimoine qualifiés à maîtriser les nouveaux développements touristiques et à influencer les modes de visite. Dernier point abordé, mais non le moindre : la nécessité de renforcer les approches interdisciplinaires.

RESTAURACIÓN DE LA IGLESIA DE SAN PEDRO DE ATACAMA

AUTORES

Beatriz YUSTE MIGUEL
Cristian HEINSEN PLANELLA

Fundación Altiplano MSV, Perú

Julio VARGAS NEUMANN

Pontificia Universidad Católica de Perú

RESUMEN

La iglesia de San Pedro de Atacama, Chile, data de mediados del siglo XVIII y pertenece al estilo artístico Barroco Andino. La iglesia ha sufrido sucesivos incendios, sismos e inundaciones que han ido provocando daños acumulativos graves en sus muros de adobe.

El proyecto de intervención, que desarrolla la Fundación Altiplano Monseñor Salas Valdés (FAMSV), se ajusta al espíritu y criterios universales de conservación adoptadas por ICOMOS, respecto a las prácticas tradicionales y técnicas modernas para la conservación patrimonial de construcciones de tierra en áreas sísmicas. El proyecto, desarrollado con participación comunitaria, bajo la modalidad de escuela taller, se basa en criterios de desarrollo sostenible y fortalecimiento local.

Desde junio de 2014, y durante un año, se interviene de forma integral en la iglesia de San Pedro de Atacama respetando la profunda importancia que el monumento posee para la comunidad usuaria y los criterios de diseño basados en la resistencia, estabilidad y comportamiento sísmico de la estructura, utilizando una nueva solución de refuerzo, comprobada en mesa de simulación sísmica.

INTRODUCCIÓN

En 2013 FAMSV asume del Gobierno Regional de Antofagasta la sub-ejecución del proyecto de restauración de la iglesia de San Pedro de Atacama a partir de la experiencia lograda en el *Plan de Restauración del Conjunto Patrimonial de Iglesias Andinas de Arica y Parinacota*. La propuesta corresponde a la actualización de un diseño previo de la Dirección de Arquitectura MOP. En ella colaboran referencias mundiales en conservación del patrimonio en tierra, como Pat Taylor de Nuevo México, Julio Vargas Neumann de Perú, así como destacados arquitectos de la Universidad Católica del Norte,

autoridades, personalidades, miembros de la comunidad atacameña y parroquial. El diseño del nuevo proyecto se adapta a los criterios y técnicas modernas de conservación patrimonial de construcciones de tierra.

En mayo de 2014, y tras años de espera, la comunidad de San Pedro vio finalmente aprobado por el Consejo de Monumentos Nacionales el nuevo proyecto de restauración actualizado. Desde entonces y durante un año se ejecuta la nueva propuesta de intervención, en base a un modelo de preservación del patrimonio vivo y de desar-

Fig. 1 La iglesia en los años 50



Fig. 2 Inundación de 2008





Fig. 3 Techo de par y nudillo con entablado de cactus

rollo sostenible y fortalecimiento de la comunidad usuaria. Luego de una breve descripción del valor patrimonial y el estado de conservación de la iglesia de San Pedro de Atacama, se presenta el proyecto de intervención actualizado según criterios de conservación patrimonial y modelo de desarrollo sostenible. La propuesta ejecutada se complementa con el trabajo de intervención arquitectónica, el trabajo de intervención artística y el trabajo de integración y capacitación de la comunidad.

1. VALOR PATRIMONIAL

1.1. VALOR HISTÓRICO

En medio de una geografía caracterizada por la aridez, gran amplitud térmica y escasos recursos hídricos, el oasis de San Pedro a 2.430 msnm, se posiciona como uno de los paisajes culturales más emblemáticos del Gran Desierto de Atacama, considerado el más árido del mundo, donde ocurren inundaciones esporádicas, y en un día llueve lo de todo un año debido al fenómeno de El Niño. Es reconocido internacionalmente por su geografía imponente, con sitios arqueológicos bien conservados, un poblado con marcada tipología colonial en tierra y un interesante desarrollo histórico. La primera mención a la iglesia de San Pedro de Atacama, es de 1557, pese a que no hay una descripción hasta 1774 (Casassas, 1971). En 1951, la iglesia es declarada Monumento Histórico Nacional (fig. 1). En su historia se han llevado a cabo intervenciones parciales para afrontar los cambios de uso y los sucesivos incendios, sismos, lluvias e inundaciones que ha sufrido (fig. 2).

1.2. VALOR ESTÉTICO

El templo es una construcción sorprendentemente adecuada a la ecología, sismicidad y materialidad del desierto. La obra destaca por sus muros de adobe de 1,20 m de espesor, y su techumbre a dos aguas de par y nudillo de chañar (*Geoffroea decorticans*) con entablado de cactus (*Pachycereus pringlei*) y terminación en tierra (fig. 3).

El estilo artístico al que pertenece es el Barroco Mestizo o Andino propio del arte desarrollado en el cono sur andino, y de influencias étnicas prehispánicas y coloniales (Pereira y Moreno, 2011). La tipología es de planta en cruz latina (fig. 4), con una Nave Central de 43 m por 7 m arriostrada por un transepto, dos capillas laterales y tres contrafuertes.

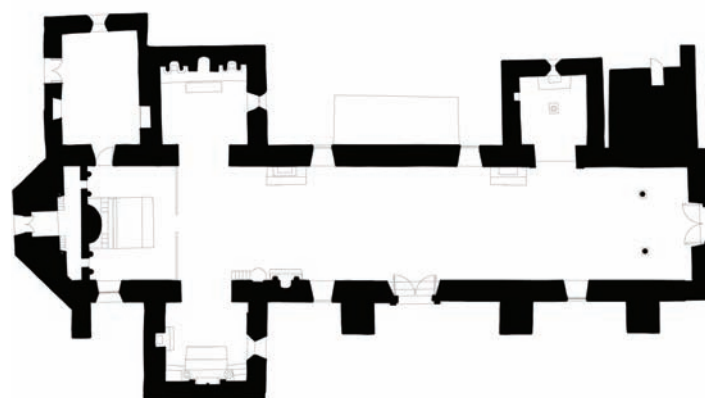


Fig. 4 Planta de la iglesia



Fig. 5 Colocación de sogas tensadas



Fig. 6 Las mallas de cada cara se unen entre sí

1.3. VALOR CULTURAL

En San Pedro de Atacama se mantienen bailes, cantos y tradiciones asociadas al templo durante las fiestas religiosas. Muchas de ellas habrían tenido su origen en la época colonial, y se habrían adaptado a la cultura atacameña en un proceso de mestizaje.

Existe en torno al templo costumbres de trabajo comunitario que se han trasferido durante generaciones y que pese a que han contribuido a la conservación del monumento, poco a poco van cayendo en desuso. La reparación de la torta de barro del techo después de cada época de lluvias y la pintura previa a las fiestas patronales son las principales.

2. ESTADO DE CONSERVACIÓN

La costumbre de reparar la torta de barro del techo después de cada lluvia, ha generado cargas crecientes y mayores esfuerzos en la estructura. Adicionalmente, los daños por sucesivos incendios, por sismos recurrentes y escaso mantenimiento, han provocado un grave deterioro en la estructura de muros y techo, que requieren corrección, consolidación y reforzamiento integral para una mayor seguridad y durabilidad.

La intensidad de los daños identificados oscila entre lo grave y de emergencia. Entre los principales daños destacan desplazamientos y colapso de elementos estructurales, grietas y fisuras generalizadas en la fábrica de adobe, erosión basal y desprendimientos de revoques.

3. PROYECTO DE INTERVENCIÓN

El presente es el primer proyecto de intervención integral que afronta el monumento y se basa en una filosofía de diseño patrimonial preventiva. Prioriza los valores inherentes al conjunto monumental y previene la acción de agentes principales de riesgo. De acuerdo a las recomendaciones vigentes y guías internacionales en conservación del patrimonio arquitectónico (cartas internacionales) y a la experiencia de FAMSV, se establecen en el proyecto los siguientes criterios principales de intervención: aproximación territorial al monumento desde su más amplio contexto geográfico, natural, cultural y social; investigación multidisciplinaria del sitio patrimonial; intervención respetuosa con la autenticidad del estilo, materiales y sistemas constructivos; integridad en la concepción del diseño; mínima intervención que asegure la adecuada conservación del sitio sin

alterar su valor patrimonial; intervención preventiva que asegure la conservación del sitio frente a los agentes de riesgo que la afectan; reversibilidad de la intervención en caso de ser necesarias investigaciones o intervenciones posteriores; participación comunitaria activa en todo el proceso de conservación; intervención como hito en la historia del edificio aplicado a la lectura y tratamiento de los distintos momentos históricos, y finalmente capacitación y empleo para la comunidad usuaria que ejerce la custodia del sitio.

3.1. INTERVENCIÓN ARQUITECTÓNICA

La intervención arquitectónica se orienta a la consolidación estructural e integral del conjunto religioso, además de acciones preventivas frente a de los esporádicos efectos del agua.

El principal trabajo es el de consolidación estructural de los muros de adobe, por ubicarse San Pedro en un área sísmica y por la vigente norma de seguridad sismo resistente en Chile para la intervención de construcciones patrimoniales de tierra (NTM 002, 2014). Se plantea una consolidación integral, de mínima intervención en un proceso de liberación/restitución de revoques, inyección de morteros en daños con profundidad menor a 10 cm, calzaduras o reemplazo de adobes secos en daños con profundidad mayor a 10 cm, integración de contrafuertes con muros y aplicación de un sistema de confinamiento estructural mediante sogas sintéticas elaborado en el Laboratorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú (Prieto y Vargas, 2014). Este método confina los muros de adobe mediante tensado manual de lazos de cuerdas horizontales y verticales y mejorará su comportamiento ante cargas sísmicas eventuales, al controlar los desplazamientos de las partes de muros separadas por futuras fisuras durante los terremotos (fig. 5 y 6).

El segundo trabajo importante del proyecto es la consolidación estructural del techo y su conexión con los muros en que se apoya. Ensayos en laboratorio demuestran la importancia de esta conexión no sólo para la estabilidad de los muros en sí mismos, sino para la estabilidad de la estructura global (Pereira y Vargas, 2012). Para recuperar y mejorar el comportamiento del techo propiamente tal, se plantea una consolidación integral mediante un proceso de liberación/restitución de la torta de barro, inclusión de una viga collar de madera de tipo celosía, reemplazo de los tijerales dañados y refuerzo de las uniones con tientos de cuero. Los tijerales del techo se fijan a la viga collar con clavos y ésta a su vez se fija mediante las sogas de refuerzo que abrazan los muros por ambas caras. El trabajo de rehacer la torta de barro de la cubierta se realiza mediante 3 capas de barro cuyas dosificaciones se experimentaron para mejorar



Fig. 7 Ceremonia de inicio de obras

su comportamiento principalmente frente a la lluvia. El proyecto incluye otras acciones preventivas para evitar la acumulación de humedad en la base de los muros de adobe mediante un sistema de pavimentación y canalización perimetral de evacuación de agua de lluvia.

Finalmente, la recuperación del color tierra en el exterior de la iglesia surge como propuesta popular de la comunidad y se basa tanto en evidencias estéticas como históricas. Según registros orales y bibliográficos (Archivo pictórico Museo arqueológico R.P. Gustavo Le Paige / Benavides y Benavides, 2009) los muros exteriores de la iglesia fueron color tierra hasta la década del 1970, momento en que comenzaron a encalarse. Fue la comunidad atacameña quien a través de una consulta ciudadana solicitó el acabado color tierra en su iglesia como signo de recuperación de su patrimonio arquitectónico e identidad cultural.

3.2. INTERVENCIÓN ARTÍSTICA

Paralelamente a la intervención arquitectónica se lleva a cabo un trabajo de restauración artística de los valiosos bienes culturales que alberga la iglesia. Entre los trabajos destaca la restauración artístico-estructural del retablo del Altar Mayor, y la conservación preventiva de la imaginería, mobiliario, y elementos decorativos arquitectónicos.

3.3. INTEGRACIÓN Y CAPACITACIÓN

El proyecto se ejecuta en base a un modelo de patrimonio y desarrollo sostenible, que permite atender necesidades de comunidades andinas y rurales, con iniciativas patrimoniales dedicadas a la integración y capacitación.

La comunidad participa en todo el proceso de conservación como observadora, informante, validadora, ejecutora y entidad gestora. Se llevan a cabo reuniones participativas, actividades de trabajo comunitario según costumbres y coordinación de ceremonias tradicionales relacionadas con el avance de las obras (fig. 7).

La obra se ejecuta en modalidad de escuela taller, y son los mismos atacameños y atacameñas los que han trabajado en la restauración de su querido templo, al mismo tiempo que recuperan y aprenden los oficios tradicionales de su territorio para la correcta conservación del sitio patrimonial. La capacitación a los trabajadores de la obra se ha realizado a través de un programa formativo teórico-práctico en patrimonio y construcción tradicional y la emisión de una certificación ISO 9001 en "Construcción con tierra" por la Universidad Católica del Norte. (fig. 8).



Fig. 8 Capacitación interna a trabajadores

Los trabajos cuentan con la asesoría de especialistas de nivel mundial y el apoyo permanente de una mesa técnica generativa, integrada por destacados profesionales que ha contribuido a lograr un proyecto participativo y de alto nivel técnico.

CONCLUSIÓN

Salvaguardar el patrimonio vivo es la manera más eficiente de conservar un monumento histórico, además potencia su valor patrimonial y difunde la sabiduría que durante siglos lo ha mantenido vivo. La integración y capacitación es una herramienta contra el mayor agente de riesgo en la continuidad material e inmaterial del patrimonio, que es el olvido.

El proyecto de intervención de la iglesia de San Pedro de Atacama ha sido una experiencia de múltiples fines, de integración de capacidades nacionales e internacionales en conservación histórica, participación comunitaria, capacitación y empleo.

La inversión en proyectos de conservación es una alternativa para el desarrollo sostenible. El proyecto de restauración de la iglesia de San Pedro es una instancia de estudio y perfeccionamiento para aplicar a nuevos proyectos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Casassas, J.M. (1971). *Inventario de los archivos del arzobispado de Antofagasta, de la prelatura de Calama y de sus respectivas parroquias*. Antofagasta.
- Pereira, M. y Moreno. (2011). *Arica y Parinacota: la iglesia en la ruta de la Plata*. Ediciones Altazor, Viña del Mar, Chile.
- Cartas internacionales del patrimonio: Carta de Atenas (1931), Carta de Venecia (1964), Carta de Cracovia (2000), Carta ICOMOS Zimbabwe (2003). Declaración de Lima (2010) texto doctrinal ICOMOS.
- Norma Técnica MINVU 002 (2014). *Proyecto de intervención estructural de construcciones patrimoniales de tierra*. Chile.
- Prieto, R. y Vargas, J. (2014). *Fichas para la reparación de viviendas de adobe*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento de Perú, Lima, Junio 2014.
- Pereira, M. y Vargas, J. (2012). *Filosofía preventiva sísmo resistente en el diseño de los proyectos de restauración de las iglesias de Socoroma y Parinacota*. Terra Conference 2012. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- Benavides C., J. y Benavides C., J. (2009). *Investigación de antecedentes históricos arquitectónicos y conclusiones para la restauración de 4 iglesias altiplánicas de la II Región*. Gobierno de Chile MDP. Antofagasta, Agosto 2009.

CONSERVATION AND REHABILITATION PLANNING FOR KASBAH TAOURIRT, MOROCCO

AUTHORS

Claudia CANCINO

Benjamin MARCUS

Lori WONG

Getty Conservation Institute, Los Angeles, California, USA

Mohamed BOUSSALH

Centre de Conservation et Réhabilitation du Patrimoine

Architectural Atlasiques et Subatlasiques, Ouarzazate, Morocco

SUMMARY

The pre-Saharan valleys of southern Morocco are home to thousands of earthen *kasbahs* and *ksour*, or fortified earthen settlements. Unfortunately these historic sites are being lost at an alarming rate. In 2011, the Getty Conservation Institute (GCI) partnered with the Moroccan *Centre de Conservation et de Réhabilitation du Patrimoine Architectural des Zones Atlasiques et Subatlasiques* (CERKAS) to develop a Conservation and Rehabilitation Plan (CRP) for one of the region's most significant earthen sites, Kasbah Taourirt in Ouarzazate. The CRP aims to develop a methodology for preserving this traditional ensemble as a model for similar sites in the region. This paper presents a summary of the project and the various activities involved in producing the CRP.

INTRODUCTION

Home to a rich tradition of earthen construction, the pre-Saharan region of southern Morocco, which includes the Draá, Dadès, Ounila and Ziz valleys, is an important center of Berber culture and earthen architecture that contains approximately 300 *kasbahs* and 4,000 *ksour* (*ksar* in the singular). A *ksar* is a fortified earthen village, while a *kasbah* is a fortified home built for a ruling family. These magnificent earthen sites are nationally and internationally recognized as culturally significant for their aesthetic, social and cultural values, and as physical evidence of the historical development of Berber culture in southern Morocco. However, through obsolescence and abandonment, these sites are increasingly threatened and many of them are in danger of being lost. This is due partly to changes in the economic and social structures that originally supported them.

The Ksar of Taourirt is an emblematic earthen settlement and oasis dating from the 17th century that is strategically located at the intersection of major trans-Saharan trade routes and is now incorporated within the modern city of Ouarzazate. Located at its core is the fortified Kasbah Taourirt (fig. 1). Registered as a National Monument in 1954, Kasbah Taourirt was originally one of the residences of the Glaoui, a powerful family of tribal rulers which controlled the region during late 19th and early 20th centuries. It is a nationally recognized symbol of the Berber culture and is composed of various earthen

buildings typologies of high architectural, social and historical significance.

In 2011, the GCI joined forces with CERKAS to develop a Conservation and Rehabilitation Plan (CRP) for Kasbah Taourirt which intends to establish an appropriate conservation process that respects the original fabric, preserves traditional earthen building techniques, promotes earthen architecture, and develops a participatory process for planning conservation that can become a model for similar sites in the region.

The project is nearing completion and has been implemented in three phases: phase one included documentation of the site, historical research, and emergency stabilization; phase two was the development of the conservation and rehabilitation plan and implementation of conservation works on the site; and phase three is the dissemination of information about the kasbah and its conservation to local authorities, scholars, and the community.

All phases of the project include workshops and hands-on training for CERKAS staff in aspects related to the conservation of earthen sites including documentation, rehabilitation planning, wall paintings conservation, analysis of earthen materials, and practical con-



Fig. 1 Kasbah Taourirt, north façade of the Caid Residence, photo: S. Warren, 2014

servation approaches. This paper will present a summary and a critical view of the activities developed to produce the conservation and rehabilitation plan for Kasbah Taourirt.

1. THE KASBAH AND ITS EVOLUTION

Kasbah Taourirt is located in the city of Ouarzazate at an elevation of 1,160 meters in the middle of a plateau south of the High Atlas Mountains. The kasbah encompasses nearly 12,000 square meters spread over a low ridge and is composed of various interlinked structures including the Caid Residence; the Médiathèque and offices of CERKAS; and the Stara, a large area with several residences enclosed by defensive walls. Structures and defensive walls of the kasbah were generally built in rammed earth, with adobe bricks used for the construction of towers and cornices where decorative patterns enrich the facades.

Oral history states that portions of Kasbah Taourirt were constructed beginning in the 17th century, though little fabric from that period remains. The majority of the kasbah dates from the late 19th century, when it became the residence of Si Hammadi el Glaoui, the representative in Taourirt of the Glaoui family who ruled all of Morocco from their stronghold residence at Telouet in the High Atlas Mountains (Boussalh, 2010).

In this period, Si Hammadi expanded the kasbah from an agglomeration of smaller buildings into a large defensive complex encircled by walls and complete with stables, servants quarters, workshops, a

market, wells and hamams, and residences for his numerous wives and children (fig. 2). The Caid's private residence, located in the northeast corner of the site, was richly decorated with painted wooden ceilings and carved plasterwork on the interior while wrought iron windows and Berber designs adorned the exterior.

Kasbah Taourirt was occupied by the Glaoui family until the end of the French Protectorate. In 1954, the kasbah was added to the Moroccan National Heritage List and in 1956, control of the property passed to the Moroccan state. In the early 1960s, the state returned ownership to the Glaoui and in 1972 the kasbah was sold by the Glaoui heirs to the municipality of Ouarzazate, when it fell into ruin and was abandoned until the late 1980s. In 1987, CERKAS was established and with support from the United Nations Development Program (UNDP) and UNESCO, began to restore parts of the building for use as a public library, offices, and spaces for public events. Part of the Caid's private residence was also restored and opened as an architectural museum to the public. Despite these restorations, large areas of the kasbah suffered deterioration in the years that followed.

2. EMERGENCY STABILIZATION, DOCUMENTATION, AND HISTORICAL RESEARCH

The first phase of the project began in 2011 and addressed the need for documentation and emergency stabilization of the site. An initial conditions assessment identified several areas at risk of immediate collapse, and included a study of drainage patterns aimed at address-

Fig. 2 Kasbah Taourirt circa 1950, photo: CERKAS



Fig. 3 Documentation training with total station in the Caid Residence, photo: S. Warren, 2014





Fig. 4 Complete ground floor plan of Kasbah Taourirt, drawing: CIMS

sing the common problem of basal erosion. Based on the assessment, critical walls were supported with shoring and water was diverted away from vulnerable buildings. Other remedial measures were carried out such as debris removal and cleaning and repairs to drainage and roofing. During initial activities of this phase of the project, CERKAS and the GCI worked with consultant Sebastien Moriset of CRAterre to develop emergency conservation measures.

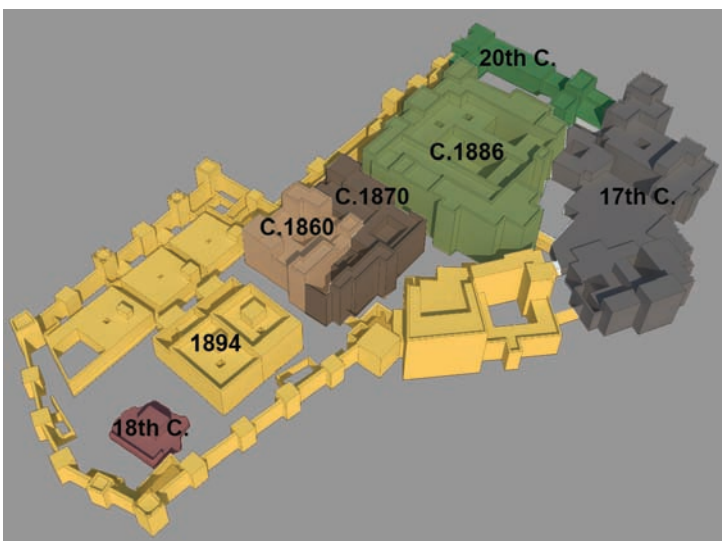
In order to develop proper architectural drawings, a new survey of the kasbah was begun in 2012. Working with Carleton University's Immersive Media Studio (CIMS) as project consultant, the GCI and CERKAS carried out a comprehensive survey of the kasbah and its various sectors (fig. 3).

The survey team employed Total Station and photogrammetry to record nearly 300 rooms in the kasbah and develop a complete architectural survey including plans, sections and elevations (Ekim et al., 2013) (fig. 4).

In addition to documentation and stabilization, archival and oral history research was carried out. As the largest kasbah in the region, Taourirt has been a favorite subject of artists and photographers for centuries and there is a large collection of archival materials including historic photographs and aerial views dating from as early as the 1920s. In concert with the documentation work, archival material was gathered and organized chronologically in a database, helping researchers to better understand changes over time.

Oral history was also an important source of information about the historical use of spaces within the kasbah, and several interviews

Fig. 5 Model of the kasbah showing construction phases, image: E. Macchioni



were conducted with a former servant of the Caid who had lived in the kasbah from the 1920s until 1956, when the Caid and his family left the complex. Comparison of historic photographs, oral history and analysis of the building fabric allowed the team to track alterations to the site over time including additions, demolitions and loss of fabric, and to develop 3D models illustrating various phases of construction from the 17th to the 20th centuries (fig. 5).

3. CONSERVATION AND REHABILITATION PLANNING

The second phase of the project was the development of a conservation and rehabilitation plan to guide future restoration activities and use of the site. With its location in the middle of an active historic city, conserving the kasbah demands a multidisciplinary approach that addresses economic, social, and cultural issues as well as technical challenges. An important part of this phase was facilitating discussions between CERKAS, the municipality of Ouarzazate, community groups, governmental organizations, and NGOs about issues and opportunities presented by the site with the objective of arriving at a common vision for the kasbah's future use and operation.

Activities carried out as part of the conservation and rehabilitation planning included:

- Community stakeholder meetings to discuss priorities for preservation of the kasbah.
- Identifying the values of the site, drafting a statement of significance, and mapping relative levels of significance and character-defining features.
- Carrying out a condition assessment of the kasbah, focusing on identifying critical conditions as well as those that can be addressed longer term.
- Developing overarching policies to guide the rehabilitation which respect international standards and take into account the significance and values of the site.
- Defining physical intervention strategies, including practical conservation approaches and programming for future use of the structures and public areas.
- Developing operational guidelines for future maintenance of the site.

Fig. 6 Significance map of the Stara area, image: E. Macchioni



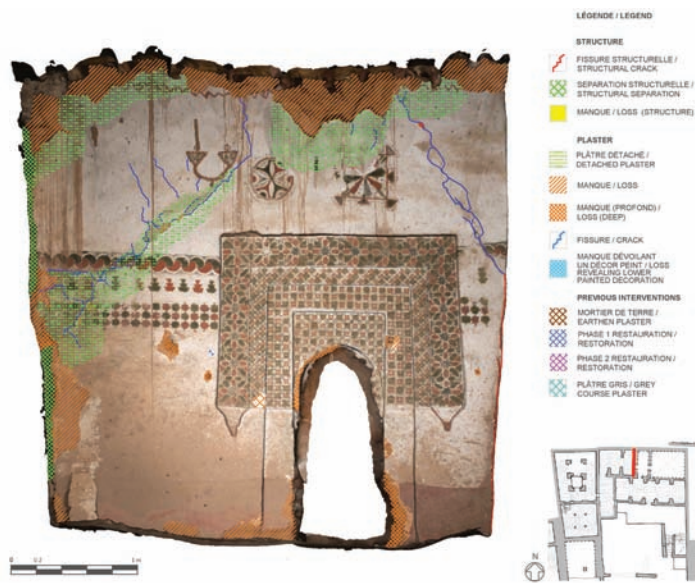


Fig. 7 Recording wall painting conditions in the Caid Residence, image: S. Warren

The project carried out workshops on the assessment of significance and values, as well as drafting the statement of significance. In collaboration with CERKAS and the municipality, the project team identified aesthetic, economic, social and historical values for Kasbah Taourirt. The team also worked to survey the site and identify buildings and architectural features of high aesthetic, historical or social value, and these features were then mapped on plans of the site (fig. 6). This work has assisted in identifying the most significant spaces and features of the kasbah as well as historic architectural patterns in order to preserve and highlight them during the rehabilitation work. The team also worked on issues related to programming for future use of the spaces. This has included studying the circulation of the site and adapting designs for modern services such as electrical wiring, lighting and plumbing to fit within historic spaces without loss of important historic fabric.

3.1. CONSERVATION OF PAINTED SURFACES IN THE CAID RESIDENCE

Another important component of the project is the care and conservation of decorated surfaces at the site. Located in the protected center of the Caid Residence, decorated rooms were used by the wives and children of the Caid and feature arches, sculpted plasterwork and colorful wall paintings with geometric designs (fig. 7).

Wall painting conservators, working with CIMS and CERKAS staff, have carefully documented the decorated surfaces, assessed current conditions and researched their history and iconographic significance, and are currently undertaking stabilization measures. As part of the documentation, high resolution photographs of the decorated surfaces were taken and a photogrammetric model created from the images (Ouimet, 2014). These images are then scaled and arranged in AutoCAD, and printed for use as base images for mapping conditions such as cracks, detachment, and loss (fig. 8). 3D models were also created which allow a virtual flythrough of the captured rooms and are useful for analyzing structural conditions. As part of this work, a glossary of conditions was developed to guide the assessment. Non-invasive examination techniques such as ultraviolet and infrared imaging, thermography, and microscopy were used to study paint layers.



Fig. 8 a graphic condition record illustrating typical deterioration patterns, photo: S. Whittaker

After the condition assessment of the wall paintings was finished, the team worked on designing and implementing structural interventions that preserved the decorative surfaces intact. In preparation, emergency stabilization measures were undertaken on the painted decoration including grouting and edging repairs of delaminated plaster layers (fig. 9). Protection measures for the painted decoration were also implemented in one room to protect the paintings during construction work. Following the completion of the conservation work on the building, full conservation of the painted surfaces will need to be carried out.

3.2. REPAIR AND REHABILITATION WORKS

While planning for the reuse of the kasbah is ongoing, structures in the Stara and Caid Residence are currently being stabilized and restored using traditional earthen construction and conservation techniques. Many of these structures were occupied by squatters from the 1970s through 1990s and were heavily altered in this period through the construction of new elements in concrete and the demolition of historic walls and features.

The work in the Stara has reversed inappropriate alterations and re-established the traditional layout and form of the buildings, which was largely hidden under modern accretions. The restoration work is addressing priority conditions such as replacing damaged roofs and

Fig. 9 Stabilizing wall paintings, photo: L. Wong



Fig. 10 Conservation works in the Stara, including repairing a structural crack, photo: B. Marcus, 2014



repairing structural cracks and collapsed or damaged walls (fig. 10). Roofing repairs use traditional materials including eucalyptus wood beams and reed to form decorative patterns known as Tataoui (fig. 11). This work is guided by the architectural survey and studies which distinguished recent construction and alterations from historic fabric.

A workshop was established for the preparation of earthen materials including plaster, adobe bricks, and rammed earth. Roofing materials including wooden beams, reed matting and lime are also processed in the workshop. Local materials brought from the Ouarzazate area are being used in the rehabilitation and skilled craftsmen, known as *Maallem* in local dialect, are training laborers in traditional building crafts and techniques which ensures the continuation of this knowledge. At the time of writing, rehabilitation work in the Stara area is ninety percent complete, with only landscaping and programming remaining (fig. 12).

4. NEXT STEPS: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

During the final field campaigns the project will continue to plan and implement urgent conservation works in the kasbah including the protection of wall paintings in the Caid Residence and rehabilitation of structures in the Caid Residence. A set of programming options which consider the already defined uses of individual buildings and spaces will also be developed. Once these elements of the CRP are complete, the project team will present these options to the community and work with local authorities to adopt the plan as a guideline for future conservation and management of the site.

The project also aims to make information about Kasbah Taourirt and its conservation available to local authorities, scholars, and the community. To accomplish this, a website has been established (www.cerkas.org) that functions as a repository of information such as archival materials, project reports and architectural drawings. In addition, the project team will publish and disseminate the CRP document in English and French.

One challenge to the project and its sustainability is insufficient resources, both human and financial. There are few architects trained in conservation and no conservators in Ouarzazate, and little professional expertise outside of CERKAS and its staff. One of the activities

Fig. 11 Construction of a Tataoui roof, photo: B. Marcus, 2014



Fig. 12 Before and after works in the Stara, photo: B. Marcus

of the project has been to reach out to local architecture schools in Marrakech and elsewhere to talk about Morocco's earthen heritage and expose the next generation of Moroccan architects and engineers to the importance of this heritage and its conservation. Similarly, building awareness of heritage concepts and approaches on the local level among municipal and cultural authorities is also critical to the long-term success of the project and to ensuring a viable future for Kasbah Taourirt and Morocco's earthen heritage.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Boussalh, M. (2010). Quel avenir pour les architectures de terre au Maroc? In *Mediterra 2009: 1^a conferenza Mediterranea sull'architettura in terra cruda = 1^{re} conférence Méditerranéenne sur l'architecture de terre = 1st Mediterranean Conference on Earth Architecture*. 1st ed. ed. Maddalena Achenza, Mariana Correia and Hubert Guillaud. 259-68. Architettura sostenibile. Documenti. Monfalcone (Gorizia): EdicomEdizioni.
- Ekim, Z., Santana Quintero M., Percy K., Ward S., Fai S., Gregg J., Ouimet C., Cancino C., and Boussalh M. (2013). Documentation for emergency stabilization and the integrated conservation planning of earthen architecture settlements: the Kasbah of Taourirt (Ouarzazate, Morocco). In: *Proceedings CIPA 2013 XXIV International CIPA Symposium: Recording, Documentation and Cooperation for Cultural Heritage*. Strasbourg, 2-6 September 2013
- Ouimet, C. (2014). Digital photogrammetry for preserving wall paintings: Application by the Getty Conservation Institute (GCI) and training of local personnel in Kasbah Taourirt, Morocco. In: *International Committee for Documentation of Cultural Heritage (CIPA) Newsletter* N. 03, May 2014. http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/pdf/NEWSLETTERS/CIPA_Newsletter_May2014.pdf.

BUDDHA AND THE MOUNTAIN GODS: CONSERVATION IN THE HIMALAYAS

AUTHORS

Alexandra SKEDZUHN-SAFIR

NGO Achi Association, Zurich, Switzerland
 Brandenburg University of Technology Cottbus Senftenberg, Germany

Martina OETER

NGO Achi Association, Zurich, Switzerland
 University of Bamberg, Germany

Hilde VETS

NGO Achi Association, Zurich, Switzerland

SUMMARY

Despite on-going regional, national and international efforts in heritage conservation in Ladakh, the field of conservation is still foremost expert- and fabric-oriented. An interest in vernacular architecture and intangible heritage is growing only slowly. The challenging and rather gradually employed approach to include vernacular heritage and intangible elements into heritage conservation through the participation of the local population has been followed by the NGO Achi Association for several years, and has become a common objective of the NGO and the local communities. The paper presents the joint efforts of the people of Wanla village in Ladakh and the Achi Association who, over the period of six years, have carried out several conservation projects in a very dense cultural landscape, which comprises a pilgrim footpath with different religious and associated structures, and a 600-year old Buddhist temple.

Beyond this implementation of community-based heritage conservation in Ladakh, the text deals with intangible heritage aspects and the local value system, which provide the basis to understand why the rich cultural heritage of Ladakh has been preserved up until now, but is in danger to survive.

INTRODUCTION

Laurajane Smith argued that “(...) it is value and meaning that is the real subject of heritage preservation and management processes, and as such all heritage is ‘intangible’” (Smith, 2006, p.56). This is a consideration of universal validity. Nevertheless, when cultural heritage is conserved, its materiality is usually of major interest and the associated intangible values are too often ignored.

Important ingredients of intangible heritage values are religion and belief systems, with rituals performed regularly, and the beliefs may even form, up until today, a very dense net of meanings between heritage and landscape. This is the case in Ladakh, where very old beliefs, which draw on ancient practices and knowledge of living in the high mountain desert, have merged with the later arriving Buddhism and Islam. Still today they play a vital role in everyday life.

Ladakh is an arid mountain region in the Indian part of the Western Himalayas. Climatic conditions are very harsh throughout most time of the year and people have been at the mercy of nature’s caprices at all times. Religion is omnipresent here, and nearly everything is associated with intertwining beliefs and legends, stories, and myths of Tibetan Buddhism and local religion. Mountains, lakes and trees are believed to be animated by inherent forces, and so-called empowered landscapes are inhabited by gods, demons and spirits. Consequently, behaviour is religiously influenced, and people have always tried to avoid offending the various divinities and spirits, or to placate them through rituals.

1. FAITH AND FEAR – NEGOTIATING BETWEEN CONSERVATION, RENEWAL AND DECAY

The most visible signs of the intense interaction between men and the surrounding nature are religious architectural structures, such as mani walls (walls of loose stones with prayers carved onto them), chörtens, gompas (monasteries or temples), darchoks (structures with prayer flag) or lhatos (structures housing a god) and lhubangs (structures housing a spirit) which mark the landscape along the pilgrimage routes and in the villages, protecting against evil forces (fig. 1).

In Buddhism, also contributing to the maintenance and the construction of sacred places and structures is considered a highly meritorious act. It is this dedicated maintenance system, and at times also reconstruction, as well as religious practice that keep these structures and pilgrimage routes in function. In the monasteries, the maintenance methods and duties are passed from senior monks to the younger ones, but maintenance is also carried out either by villagers or, more recently, through their monetary support (Knippel, 2006).

Even the abandonment of a site or religious structures in disrepair reflect the belief and the value system. As Buddhism ostensibly stands for impermanence and the idea of independence from materiality, but also for constant renewal, the meaning of abandonment or decay remains difficult to interpret. The situation is even more complex, because sacred nature is a reminiscent of local beliefs, and these beliefs are only subsequently adapted and transformed by mains-



Fig. 1 Chörten in Kanji/Ladakh, photo: Skedzuhn-Safir, 2014



Fig. 2 The fort ruins, temple and chörten on the hilltop in Wanla, photo: Skedzuhn-Safir, 2014

treem religion, in this case Buddhism (Verschuuren, 2010, p.2). One interpretation for the decay can be that the ritual paths and their religious structures host spirits, just like the surrounding mountains, which should no longer be disturbed once the sites have been abandoned for an extended period of time. But, as Sharma (Sharma, 2013, p.275) noted, the decay or the regular maintenance of a structure may also be connected to whether it was constructed as an act of penance or merit, respectively.

All over the world, religious structures through their function within religion are considered valuable due to what Austrian art historian Alois Riegl called the Gebrauchswert (use value) (Riegl, 1903). However, another major value Riegl appoints to monuments and which is so far only acknowledged as a typical Western heritage value, is the Alterswert (age value), which signifies valuing the traces of age. In Buddhism for instance, deposits of soot from burnt butter lamps on wall paintings are the material manifestation of this value and stand for the religious merit accumulated through time by monks and lay people carrying out rituals. This age value is in conflict with other values, like the use value, which would necessitate for the cleaning or renewal of religious wall paintings to maintain their function through their visibility and legibility for prayers. Also buildings or places, in which spirits are said to live, may still have this kind of age value, even after having lost their purpose. The belief is that spirits can become distressed when disturbed, when these objects or places are being re-used after a long time of neglect.

2. HERITAGE CONSERVATION IN LADAKH

In many ways there is a noticeable clash between the traditional life and modernity. Modern life appears to make people less dependent on and affected by nature, so that they become more daring in their endeavours. The availability of different and additional building materials which promise persistence and less maintenance work, has been made possible through an increased infrastructure with a concomitant merchandising of non-traditional building materials such as cement or steel. This has resulted in an immense upsurge in building activity and the construction of residential buildings in dangerous, formerly uninhabited areas.

Additionally, a remarkable shift in values has occurred through the introduction of the new materials like cement, plastic, acrylic paint and commodities of modern life, so that the newness value very often appears to win the negotiation process between the different

values ascribed to buildings. In face of these changes, traditional building and maintenance measures do not play the same role as they did before, and the knowledge is in danger of becoming lost. Also the historic buildings are no longer maintained as they ought to be. Interestingly, the concept of preservation may signify a contradiction to what Buddhism stands for, namely impermanence and constant renewal. But delving more deeply into the philosophy of decay, preservation and renewal in Ladakh, shows that the conflict does not only lie between Western conservation ideas and Buddhist thought: The conflict is already present within society itself and lets us remember that the tension between permanence and change is a common phenomenon in all societies.

Thus, one of the most important tools of a heritage conservation project is the involvement of the communities. The pivotal point is, which measures should be taken to keep or render architectural heritage valuable for lay and religious communities, in which way a working maintenance system can be re-established, and how traditional knowledge can be maintained or adapted.

The NGO Achi Association throughout its existence has taken different conservation approaches (www.achiassociation.org). At its initial phase a material-based approach was employed, failing to address the problem of necessary regular maintenance and stewardship. These experiences brought us to adopt a people-centred approach. Including the local communities into the preservation projects has been a recognised method empowering communities to preserve their heritage (ICCROM, n.d., Poullos, 2014, p.28).

3. COMMUNITY-BASED CONSERVATION IN WANLA

Based on the idea to integrate the local communities into conservation projects, and to gear at a long-term and sustainable impact of conservation, a three year “Pilot Youth Training Programme” was conceived and co-funded by the Getty Foundation in Los Angeles. During the programme, the entire community of the village Wanla was engaged on several levels. Supported by their instructors, the key group of young Ladakhi conservation trainees surveyed the village, interviewed village elders, made a condition assessment of existing religious and vernacular architecture, and gave introductory classes on heritage preservation, and maintenance for the school children.

It became clear that a sustainable maintenance management plan should not only concern the gompa, but the entire cultural landscape around the village, thus including various religious structures,



Fig. 3 Meeting with village communities in Wanla, photo: Vets, 2011

paths and natural elements, such as old trees or water springs (fig. 2). The local legend of a giant demoness pinned down by these religious landmarks in order to avoid her from wreaking havoc, might have influenced the villagers' and monks' wish of preserving these structures.

The conservation approach, consequently, had to consider the lay and monastic communities' focus on spiritual, religious and use values, whereas for us conservators the negotiation between historic values and age value stood in the foreground. In several cases it was impossible to keep the aged surfaces, because due to static problems, parts of the building structures and consequently also the aged surfaces had to be substituted. This seemed not to pose a problem for the village communities, as they normally were quite happy with renovated, new looking building surfaces for structures in use. Use value and newness value appeared to be of interest of the village communities when dealing with simple building surfaces. In other instances we could find an acceptable balance between all values. This was the case especially for the cleaning of wall paintings, which we tried to execute as discretely as possible, to restore the spiritual and religious values back to the paintings by augmenting their legibility, and to maintain their historical and age value by not removing all of the patina. Here we might have found the best balance between all values, and the wishes of the communities as well as ours.

The first conservation project had the aim to revitalize the ancient access path to the hilltop temple. This joint venture was carried out in July 2011 and July 2013 with Ladakhi conservation trainees, experts of the Achi Association and the local communities with the support of the German Kulturerhaltprogramm, the Cultural Preservation Programme launched by the German Foreign Office.

The path connects one part of Wanla village, situated in a small side valley, with the temple and former fortress on the mountain ridge. In previous times, it was the only access and formed part of the ancient circumambulation path around the village. Presumably the path's course underlay changes in past centuries, but the most prominent part of it is marked by a cluster of chörtens in an apricot tree garden where the pilgrim has to walk through a passageway chörten. Up until roughly 50 years ago, when the main village still lay on the rock underneath the castle, the path led through that chörten towards the main gate of the settlement. Still today, mostly the older villagers make their daily 1.5 hour walk on the circumambulation path, obtaining thus religious merit.

Due to construction work some years ago the chörten had been partially buried under a landslide. Since then the path could no longer

be used, and the architectural structures were in a very bad state of repair. Irrigation channels had in time found their way through the structures causing additional damage to the foundations. The path was also littered with plastic bottles, food wrappers and batteries.

Prior to the implementation of the path project, meetings in the village took place to assess previous work undertaken by the Achi Association India in Wanla, and to coordinate upcoming tasks with the community (fig. 3).

The re-vitalization of the path encompassed various elements: damage assessment, photographic, graphic and written documentation and research of the path and the structures. Of major research interest were the partially obscured chörten shapes and traditional construction methods, whereby the local clergy was consulted.

The retaining walls of the chörten and the path's stone steps were repaired, the path was cleared from debris and the irrigation was rechanneled. Before allowing any restoration of the building or trimming of the trees, a ritual had to be performed in the temple and at the chörten to deconsecrate the passageway chörten structure. By clearing the debris on the building, most of the original shape was revealed and that chörten could be reconstructed (fig. 4). After completion of the conservation of the passageway chörten, it was blessed in a ceremony headed by the head of the religious order.

The project work was carried out with a team consisting of volunteers of the local village community with the "Zunu Tsogspsa" – the village society responsible for the maintenance work on religious structures – as well as paid craftsmen, trainees and conservation experts.

As the re-vitalization project was well received in the local community, a follow-up project could be implemented. During this second project one significant outcome was assessed, namely that the initial

Fig. 4 Conservation work on the passageway chörten in Wanla, photo: Vets, 2011





Fig. 5 Props securing the 8 chörten structure, photo: Vets, 2014

spark for local empowerment had born fruit. Before the follow-up project commenced, the local community had already begun with the rehabilitation of another section of the path, and a more sensitive handling of the buildings was in place.

That year the village community requested the experts of Achi Association to help them with the conservation of several other structures and announced to handle instead by their own the repair of the paths.

In 2014 another important landmark building was conserved with the financial support of the Kulturerhaltprogramm of the German Embassy. The structure is also situated on the ritual circumambulation path of the village (rgya-skor) housing the eight different types of chörten with a roofed circumambulation path. Paintings, that are approximately 110-120 years old, cover the walls of the inner shrine. It was traditionally owned by one family, but had recently been handed over to the community to gain more support for its upkeep. The building suffered from severe structural problems, resulting in neglect and disuse over the last years. The inner walls were leaning heavily and the structure was on the verge of complete collapse. The painted walls had cracked in several places under these forces and roof leakage had caused damage to the wall paintings. Therefore it was proposed to restore the construction structurally and thus save the building and its precious interior from destruction (fig. 5).

As the 8 chörten building retains its religious function and the conservation entailed a considerable risk of severe damage of the painted walls and chörtens, the monks decided to perform a ritual, that demands the spirits of the paintings and the chörtens to leave this place and reside temporarily in a ritual mirror (fig. 6). This ritual mirror, covered with a piece of silk, was then stored in the house temple of the previous owner of the building.

Before the conservation project commenced, consent from both the resident monks as well as the village community was obtained. Local craftsmen, the mason, carpenter and his assistant, began the conservation of the building by propping it to secure the leaning painted wall and wooden screen. They were joined by labourers, among them eight young students. All walls of the outer structure needed to be taken down to then be rebuilt with the recuperated adobe bricks, adding new ones of the same size, while the inner painted walls and wooden parts could be preserved (figs. 7-9).

During the conservation work, some noteworthy discussions concerning heritage preservation emerged between the conservators and the local craftsmen, workers and villagers. One of them was why so much effort was put into safeguarding the historic building elements. Through the joint conservation work the locals began however to

realise and acknowledge the value of traditional building techniques, and their role in the conservation process itself. The villagers were astonished of the cohesive strength of the mud mortar, convinced that cement had been employed, when large cracks in the walls were reinforced with willow twigs and filled solely with a coarse mud mortar.

The inclining painted wall was moved back to an almost upright position by ten men pushing the wall while seven women placed stones behind the props (fig. 10). This strengthened the group dynamics and motivation, but it also demonstrated that historic structures can be saved with appropriate traditional building and conservation techniques. Villagers expressed their appreciation of the far-reaching and inclusive effort and they appointed a village member for the regular maintenance of the roof. Again they requested the help of Achi Association for a new project: the conservation of the most ancient landmark of the village, the 14th century fort on the top of the ridge next to the gompa. Consequently, in July and August of 2015 a team of architects, an archaeologist, an art historian and several conservators began to survey, and assess the condition of the fort.

CONCLUDING THOUGHTS

The disuse and bad state of repair of the historic circumambulation path and its religious structures reflect progress and modernity:

Fig. 6 Monk performing a puja prior to conservation work on the chörten, photo: Vets, 2014





Figs. 7-9 Conservation of the 8 chörten with the support of local community, photo: Vets, 2014

alternative roads and means of transport to visit the temple or other parts of the village are taken, and the environment is littered with the waste of modern times. But this path also tells stories of ancient and contemporary religious belief and an on-going or revived faith in the spirits of nature, which might be also inspired by an increasing awareness for the responsibility towards nature, or as a reaction in times of dramatic effects, such as climatic change (Verschuuren, 2010, p.3). The community engagement in the re-vitalization of this ancient temple access path and in the restoration of the 8 chörten building adds one more chapter to the story of how the community acts and reacts on the increasingly rapid changes of life in Ladakh where traditional maintenance systems are falling more and more into oblivion. For buildings which have not been maintained for a longer period of time, or where static problems need to be faced, sophisticated skills

Fig.10 Moving of inclining painted wall back to an upright position, photo: Vets, 2014



in conservation practice and theory, but also appropriate building and conservation materials are paramount to conserve the important witnesses of Ladakhi culture. Intangible aspects and local value systems need however to be considered. To comprehend and respect the negotiation process of values, which have led to the survival of this heritage, might be the most important tool for its survival also in the long-term. Spiritual values are for the village community of major importance. Age value can be accepted easier if spirits have inhabited buildings. Historic value, on the other hand, can be acknowledged, but needs to withstand the significance of the newness value. As was the case with the preservation of the 8chörten building, the community recognised the quality of historic fabric during the conservation project.

In former times the Ladakhi cultural landscape featured numerous ancient meaningful structures. The negotiation between the world of spirits and humans, and between one generation and the next decided over maintenance, repair, renewal and decay. The fast changes, road construction, and abundant housing construction, but above all the unprecedented possibility to obtain with industrially produced materials the ideal for perfection of all built structures, rendering buildings “nice and new” poses a great threat for this cultural landscape.

Interestingly, it is not foremost the Buddhist philosophy of impermanence and renewal which is in conflict with preservation of historic structures, but rather a modern and increasingly competing “newness value”.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- ICCROM (n.d.) *Living heritage*. Available online at <http://www.iccrom.org/priority-areas/living-heritage/>. Accessed September 18, 2015.
- Knippel, V. (2006). *Heritage, Conservation and Communities*. Unpublished report, archive of Achi Association. Zurich.
- Poulios, I. (2014). *The Past in the Present: A Living Heritage Approach - Meteora, Greece*. Ubiquity Press. <http://www.ubiquitypress.com/files/011-thepastinthepresent.pdf>.
- Riegl, A. (1903). *Der moderne Denkmalkultus: Sein Wesen und seine Entstehung*. W. Braumüller: Wien and Leipzig.
- Sharma, T. (2013). A Community-Based Approach to Heritage Management from Ladakh, India. In: *Asian Heritage Management: Contexts, Concerns, and Prospects*, edited by Silva, K.D. and Chapagain, N.K., London and New York: Routledge, pp. 271–84.
- Smith, L. (2006). *Uses of Heritage*. New York: Routledge.
- Verschuuren, B., Wild, R., McNeely, J. and Oviedo, G. (eds.) (2010). Introduction: Sacred Natural Sites. The Foundations of Conservation. In: *Sacred Natural Sites. Conserving Nature and Culture*. London, Washington D.C.: Earthscan, pp. 1-13.

REVOQUES PARA LA CONSERVACIÓN DE OBRAS ARQUEOLÓGICAS DE TIERRA EN MÉXICO

AUTOR

Luis Fernando GUERRERO BACA

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, México

RESUMEN

La conservación del patrimonio arqueológico de tierra en México presenta diversas complicaciones derivadas a menudo del impacto del medio ambiente, pero la mayor parte de los casos, de procesos antrópicos. Las afectaciones provocadas por el desconocimiento de las estructuras de tierra, el abandono de los sitios, así como intervenciones inapropiadas han generado la alteración de incontables vestigios patrimoniales cuyas pérdidas materiales y espaciales muchas veces resultan irreversibles. A pesar de la impresionante cantidad de restos arqueológicos de tierra existentes, las intervenciones de preservación que han recibido tienen una historia muy reciente en comparación con las realizadas sobre obras de piedra y cal, por lo que existe corta memoria acerca de su efectividad.

El olvido de los conocimientos ancestrales que permitían mantener estables las estructuras de tierra ha hecho que cuando llegan a ser exploradas o consolidadas, no siempre reciban los tratamientos apropiados. En este texto se analizan críticamente diferentes recursos de conservación que se han empleado, a fin de identificar su vulnerabilidad y potencial. Se hace especial énfasis en la protección superficial debido a que se trata del recurso que se ha utilizado de forma más extensiva, y que resulta un tema polémico por la diversidad de sus resultados.

INTRODUCCIÓN

La arquitectura prehispánica mexicana destaca por la extensa difusión del empleo de tierra como material constructivo. Aunque existen numerosos sitios arqueológicos que utilizaron básicamente piedra, predominan los conjuntos hechos de tierra compactada, tierra apilada, adobe y bajareque, que fueron revestidos con argamasas de tierra y cal.

Desafortunadamente, muchos de ellos no han pervivido con la integridad necesaria que permita el estudio detallado de sus sistemas constructivos. El manejo de la tierra como materia prima en épocas remotas, implicó largos periodos de experimentación en los que, a través de continuos procesos de ensayo y error, las comunidades locales aprendieron a aprovechar los recursos de su entorno y a desarrollar sofisticadas estrategias de edificación y mantenimiento preventivo.

Pero este valor derivado de la singularidad de las culturas constructivas se convierte en una desventaja para su conservación actual, debido a que la mayor parte de las civilizaciones que las generaron ha desaparecido, como sucede en el sitio de La Joya en Veracruz (fig. 1) que fue abandonado hace más de mil años, por lo que no se conocen los detalles de manufactura de sus procesos constructivos (Daneels, Guerrero, Liberotti, 2013).

Muchas intervenciones de conservación realizadas durante los últimos años se han concentrado en la búsqueda de protección superficial de los edificios de tierra cruda, lo que desde luego constituye una respuesta lógica ante los desafíos derivados de las afectaciones del medio ambiente. Sin embargo, la falta de comprensión del papel

que juegan los revestimientos en los sustratos, no siempre conduce a resultados adecuados, ya sea por su escasa duración, o peor aún, por la introducción de componentes incompatibles (Guerrero, 2007).

Aunque se suele pensar que la protección superficial es una intervención “inofensiva”, si no se toman las previsiones adecuadas, puede resultar ineficaz o hasta dañina. Es por eso que se requiere documentar y evaluar su papel como parte integral de los sistemas constructivos.

1. LECTURA ORGÁNICA DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Entre los diversos problemas que enfrenta la conservación del patrimonio edificado con tierra en México, destaca el escaso conocimiento que se suele tener acerca de sus sistemas constructivos, como consecuencia de una serie de factores desafortunados.

Por una parte, la visión monumentalista de la restauración, durante décadas dedicó todos sus esfuerzos por preservar y abrir al turismo grandes centros y conjuntos realizados con piedra y cal, porque erróneamente se consideraban los más destacados.

Esto condujo consecuentemente a dejar de lado edificios e incluso regiones completas, a las que se les prestó poca atención por no contar con “grandes monumentos”. Esto sucedió por ejemplo con el extenso norte del territorio nacional y la costa del Golfo de México (fig. 1) en donde centenares de vestigios arqueológicos se han perdido para siempre, porque nunca fueron registrados y protegidos



Fig. 1 Singular sistema de tierra apilada en el sitio arqueológico de La Joya, Veracruz, foto: Autor, 2010

con recursos equivalentes a los empleados en el centro y sur del país. Este hecho a su vez ha incidido en un relativamente reciente interés por las obras térreas, que provoca lógicamente una escasa experiencia en los procesos de excavación y protección de la arquitectura, lo que conlleva la pérdida de valiosa información documental.

Es evidente que los profesionales formados en arqueología, durante sus estudios reciben solamente información general acerca de la arquitectura y la construcción, así como sobre conservación y restauración patrimonial.

Entonces, en muchas exploraciones de sitios prehispánicos se carece de los conocimientos y herramientas necesarias para identificar sistemas constructivos, así como la manera de consolidarlos mientras se procede a su estudio.

Si esta condición es grave para el caso del patrimonio construido con piedra y cal, en obras de tierra resulta sumamente grave. Hasta fechas relativamente recientes los arqueólogos consideraban que las estructuras térreas correspondían a casos aislados en regiones geográficamente muy acotadas. Así, gran cantidad de sitios localizados fuera de dichas zonas, fueron excavados sin documentar componentes de tierra que solían ser confundidos con acumulaciones derivadas de arrastres naturales, sin haberse percatado de que se trataba precisamente de muros de adobe o tierra apilada, así como de techos de terrado que habían colapsado en épocas remotas.

Si es notable el escaso conocimiento que los arquitectos y restauradores poseen acerca de la construcción histórica y tradicional de tierra, para un profesional formado en arqueología estos temas se encuentran todavía más alejados.

Estas lagunas epistémicas son muy graves pues hasta la propia excavación de estructuras térreas requiere de una cuidadosa lectura estratigráfica que sólo se adquiere con años de experiencia. En una construcción hecha totalmente de tierra, la materia prima y la forma de trabajarla dan como resultado texturas y colores singulares que cuesta trabajo identificar y diferenciar del terreno natural sobre el que se asientan o del material que los ha cubierto después de siglos de abandono.

Por otra parte, la visión funcionalista influenciada por la perspectiva de la arquitectura y la ingeniería, provoca que los arqueólogos durante su exploración no consideren a los edificios de manera unitaria, sino como conjuntos de partes que se pueden estudiar de forma independiente. Resulta común ver cómo se analizan aisladamente a los muros, las escalinatas, alfardas, taludes, columnas o acabados superficiales, como si se tratara de piezas separables de “los rellenos”. Se pierde de vista la lectura de la totalidad y la necesaria comprensión de las partes en función del todo. Y, para el caso de la construcción con tierra esta concepción parcial puede resultar crítica pues, como es sabido, este material desarrolla una interacción física y química con el resto de los componentes con los que se conforman sistemas de los que no es posible disociarlos.

En la exploración e intervención arquitectónica es indispensable la comprensión integral de los componentes constructivos y, sobre todo, de las relaciones que estos mantienen entre sí.

Toda edificación de tierra se sustenta en la interacción de diferentes componentes y materiales con los que se articula un trabajo orgánico donde cada parte tiene su razón de ser en función del conjunto. Sola-

mente la comprensión sistémica de esta conexión e interdependencia permite leerla y plantear propuestas integrales para su conservación.

2. LOS RECURRIMIENTOS EN LA ARQUITECTURA DE TIERRA

Dentro de esta compleja red de interacción constructiva de las estructuras de tierra, un elemento fundamental lo constituyen sus recubrimientos. Aunque se trate de componentes de escaso volumen con respecto al resto de la edificación, al igual que sucede con la piel de muchos seres vivos, cumple una serie de funciones que garantizan su supervivencia por tratarse de la conexión con el medio ambiente. Como la tierra es un material altamente sensible a los cambios de temperatura y humedad, a lo largo de la historia se desarrollaron diferentes tipos de tratamientos superficiales tanto para protegerla de la afectación de condiciones adversas como para obtener beneficios del entorno. Este es el caso de la arquitectura del norte de México (fig. 2 y 3), que periódicamente era revestida y pintada para poder enfrentar el rigor de los extremos climas regionales

Por una parte, constituyen estratos que equilibran el intercambio de aire y agua entre los componentes constructivos y la atmósfera. Pero además, amortiguan posibles afectaciones físicas resultantes de golpes, fricción o abrasión de arenas arrastradas, del granizo y, sobre todo, de la acción del hombre.

Por estas razones, son capas con mayor resistencia mecánica que el resto de las estructuras pero con condiciones de densidad y porosidad tales que impidan el ingreso violento del agua de lluvia, al tiempo que propician la evapotranspiración de los sustratos.

La arquitectura de tierra desarrolla una relación dinámica con el medio. El agua que mantiene unidos los componentes de la tierra utilizada como material constructivo, tiene rangos de equilibrio que si se superan, la conducen a un estado plástico que la debilita y deforma. En el polo opuesto, cuando la humedad decrece, se generan condiciones de pulverulencia que llevan a su disgregación.

Una condición adicional y muy relevante de los recubrimientos es que, a pesar de la necesaria resistencia que requieren, normalmente se diseñaron como componentes “de sacrificio”, es decir, como capas que pudieran perderse y ser respuestas con facilidad, ya fuera de manera periódica a través de labores de mantenimiento preventivo, o bien, como consecuencia de reparaciones mayores, derivadas del impacto de fenómenos de alta intensidad.

Finalmente, y lo que parece ser el factor más complicado, es que además de estas condicionantes físicas, por constituir la cara visible de las estructuras, las superficies externas de los edificios recibieron tratamientos simbólicos u ornamentales mediante combinaciones de materiales, colores, texturas y medios mecánicos.

Esta variable resulta altamente compleja para el caso de los estudios arqueológicos y sobre todo de la preservación patrimonial. Se trata de frentes que contienen información clave para el conocimiento de la forma de vida de sus constructores y además se convierten en un atractivo visual por constituir una singularidad dentro de toda la masa edificada. No obstante, su tratamiento se vuelve difícil puesto que, a pesar de estos valores, paradójicamente se trata de componentes que se diseñaron para ser eventualmente substituidos.



Fig. 2 Revoque de tierra pigmentada en las Casas en Acantilado. Cueva de Sirupa, Chihuahua, foto: Autor, 2007

3. ESTRATEGIAS DE REVESTIMIENTO

A partir de estas condicionantes, las diversas intervenciones que se han desarrollado sobre el patrimonio construido con tierra en México, para reparar secciones faltantes en superficies existentes o bien, para restituir paños completos, se pueden agrupar dentro de tres estrategias: el agregado de materiales no térreos, la reintegración de material reciclado y la integración de suelos estabilizados.

En primer lugar, ante el desconocimiento generalizado que existía durante casi todo el siglo XX sobre el uso de la tierra como material constructivo, en las primeras acciones de rehabilitación que se realizaron en la mayoría de las estructuras de México, se repitieron los criterios que guiaban la conservación de superficies de piedra, ladrillo o enlucidos de cal y arena.

Gran parte de las veces se aplicaron recubrimientos con materiales ajenos a los originales, como ocurrió con diferentes tipos de polímeros artificiales o bien, con revoques de cemento. Los resultados desafortunados de aquellas intervenciones ya han sido suficientemente discutidos en la mayor parte de la bibliografía sobre conservación (Warren, 1999) por lo que no se reiterarán aquí. Pero, lo que es importante mencionar es que afortunadamente estas prácticas cada vez son menos frecuentes (Guerrero, Correia, Guillaud, 2012).

Sin embargo, una vía dentro de esta estrategia que está teniendo una amplia difusión en México, y que incluso es promovida por las propias instituciones encargadas de la conservación del patrimonio como alternativa al cemento, es la incorporación de revoques de cal y arena.

Evidentemente se trata de la menos agresiva de las alternativas de este conjunto de procesos, debido a que las capas de cal protegen la tierra de daños mecánicos y de la lluvia, sin afectar demasiado su intercambio natural de vapor con el medio ambiente (Guerrero, 2008). No obstante, es importante reconocer que, con el correr del tiempo, se ha podido observar que no en todos los casos se han obtenido los resultados esperados, como consecuencia de dos motivos principales.

En primer lugar, algunos tipos de arcillas tienen reacciones imprevistas con la cal (Fernández, 1992) con lo que los recubrimientos integrados pierden adherencia y llegan a desprenderse. Y en segundo lugar, se presenta el grave problema del exceso en el grosor de los revestimientos aplicados, asociado al uso de varias capas con dosificaciones crecientes de cal, como se acostumbra a emplear en monu-



Fig. 3 Superposición de revocos en las Casas en Acantilado. Cuevas de El Embudo, Chihuahua, foto: Autor, 2008

mentos de piedra o ladrillo.

Estos revestimientos pueden desarrollar afectaciones casi tan negativas como las de los morteros de cemento pues resultan excesivamente rígidas y pesadas para los componentes de tierra, además de que, bajo ciertas condiciones higrotérmicas, retardan la salida de vapor con lo que también acaban por degradar los sustratos.

Adicionalmente, hay que decir que en todos estos casos, se trata de intervenciones que alteran la percepción original de los sitios (fig. 4), que son sumamente costosas por usar materiales llevados desde sitios alejados, que generan un importante impacto ambiental y que se pueden volver insostenibles por la dependencia tecnológica a la que conducen (Guerrero, 2015).

La segunda estrategia que se ha utilizado, se deriva de cuestiones prácticas y limitaciones económicas. Consiste simplemente en la recuperación y reciclaje de los materiales que las estructuras arqueológicas han perdido con el correr del tiempo, o que son resultado de los propios procesos de excavación. Obviamente es un tipo de acción de muy bajo impacto ambiental en el que los componentes agregados resultan plenamente compatibles con las obras preexistentes.

Empero, esta estrategia presenta algunos inconvenientes de orden conceptual y técnico. Por una parte, la tierra que cae de las estructuras se suele mezclar, hidratar y volver a aplicar sin mayores estudios ni consideraciones sobre su función primigenia.

De este modo, se realizan superficies con mezclas de materiales de diferente origen con lo que se pierden evidencias históricas del manejo de cada componente y se crean “falsos históricos” que imposibilitan el posterior reconocimiento de lo original y lo agregado.

Y finalmente, las mezclas no tienen las mismas condiciones químicas y de aplicación que guardaban los revestimientos originales, por lo que muchas veces su duración resulta restringida.

Uno de los aspectos más destacables de las culturas constructivas de tierra está relacionado con la evidencia de una cuidadosa selección de los materiales que atávicamente se empleaban para realizar revestimientos. A veces se trata del resultado de tamizajes o decantaciones selectivas, tendientes a obtener materiales más estables, adherentes y resistentes. En otros ejemplos se recurría al empleo de tierras extraídas de diferentes bancos, que podían emplearse solas o en combinación con el material de los sustratos.

Pero además de este recurso material, es fundamental la identificación del conocimiento que se tenía acerca de las técnicas de revestimiento, sobre las que lamentablemente se tiene muy escasa infor-



Fig. 4 Los revoques de cal alteraron el carácter de la arquitectura de Cacaxtla, Tlaxcala, foto: Autor, 2002

mación. Existen casos en los que la evidencia arqueológica muestra que los revocos originales se hacían mediante delgadas capas que bien podían haberse aplicado simplemente con las manos como se observa en el sitio de las Cuevas de El Embudo, en el norte de México (fig. 5), o con herramientas planas, las que además de dar la regularidad necesaria a las superficies para evitar la posible acumulación de agua y materia orgánica, distribuían homogéneamente cantidades de mezclas plásticas. Asimismo, como se sabe gracias la pervivencia de tradiciones vernáculas, un componente clave de los enjarres es el pulido o bruñido final, que cierra los poros del material y orienta las arcillas, dándoles mayor resistencia.

La tercera forma de protección superficial que ha sido probada y que actualmente arroja resultados prometedores, se sustenta en el empleo de tierras estabilizadas con pequeñas cantidades de cal. Se trata de un recurso notablemente útil para ser aplicado en superficies que han perdido por completo sus recubrimientos originales o bien como medio para completar secciones faltantes de enlucidos preexistentes.

Diversos estudios han podido demostrar que dosificaciones precisas de hidróxido de calcio resultan compatibles con la tierra e incrementan su resistencia mecánica e hídrica (Guerrero, Roux, Soria, 2011). Incluso, la variación intencional en las relaciones proporcionales entre las tierras, la cal y agregados adicionales como mucílagos, arenas, fibras vegetales o triturados puzolánicos, abre la posibilidad de generar diferentes alternativas de resistencias, dependiendo de la función que cumplirá la sección a intervenir (Guerrero y Soria, 2014).

Si se requiere consolidar o proteger una superficie con alto tránsito de visitantes, se pueden realizar revocos con 8 a 10% en peso seco de cal y materiales puzolánicos, mientras que en áreas en las que más bien se necesite provocar la transpiración de los sustratos, se reducen las proporciones a 2 o 3% y se agrega arena gruesa.

Esta estrategia brinda mejores resultados cuando se realiza en capas sucesivas que se colocan y luego se compactan durante su proceso de secado. Esta compactación manual incrementa notablemente la resistencia de la tierra, propicia su adherencia a los sustratos, eleva la densidad del revoque al cerrar el tamaño de los poros, mejorándose la protección ante los agentes climáticos (Guerrero, 2015).

El uso de estos sistemas de protección abre un amplio espectro en la protección del patrimonio edificado con tierra porque permite disminuir la frecuencia de las acciones de mantenimiento preventivo y, sobre todo, resulta altamente sostenible puesto que su aplicación



Fig. 5 Huellas presentes en el revestimiento de un muro. Cuevas de El Embudo, Chihuahua, foto: Autor, 2014

es sencilla, la mayor parte de los recursos materiales empleados son locales y la cantidad requerida de hidróxido de calcio es mínima. La técnica ha sido aplicada con éxito en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, en la intervención de 2015 del Horno Purépecha del Museo de Antropología de la Ciudad de México (fig. 6) y en diversos talleres comunitarios.

CONCLUSIONES

La conservación del patrimonio edificado con tierra requiere de una visión integral de sus componentes y de la recuperación de las técnicas ancestrales que permitieron su permanencia hasta nuestros días, sobre todo en el ámbito de los revestimientos protectores.

El uso de recubrimientos ajenos a los contextos regionales como los polímeros industriales en alta concentración y los revoques de cemento, ha comprobado ser altamente nocivo porque altera la relación higrotérmica entre las estructuras arqueológicas y su entorno. La introducción de gruesas capas de recubrimientos de cal y arena en sitios en los que no se cuenta con evidencia arqueológica de su uso, además de alterar la lectura de los vestigios, puede también resultar insostenible desde el punto de vista económico, social y ambiental. Entonces, se hace necesario implementar estrategias que aprovechen los materiales y la mano de obra local. Evidentemente, el primer paso consiste en la documentación y análisis de los procedimientos históricos empleados en cada sitio, a fin de reconocer la materia prima, sus procesos de selección, sus métodos de transformación y las herramientas empleadas.

Estos métodos históricos pueden ser recuperados o incluso optimizados para su implementación tanto para la protección del patrimonio histórico como para su uso en la arquitectura contemporánea. De este modo se pone en valor el patrimonio intangible constituido por los saberes ancestrales asociados a la edificación y a las acciones de mantenimiento preventivo, a través de su actualización práctica y su transferencia hacia las comunidades locales.

Este es el caso por ejemplo de la tierra estabilizada y compactada, que ha probado en laboratorio y en acciones de conservación preventiva, generar superficies protectoras de alta resistencia, mediante una fácil aplicación y con muy bajo impacto ambiental.

La conservación de las culturas constructivas y del patrimonio edificado sólo cobra sentido en la medida en que permite la participación de la sociedad que los ha heredado, favoreciendo el uso equilibrado de los recursos naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fernández, C. (1992). *Mejoramiento y estabilización de suelos*. Limusa, México D.F.
- Guerrero, L. (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. *Apuntes* 20 (2):182-201.
- Daneels, A., Guerrero, L. F., Liberotti G. (2013). Monumental earthen architecture in the humid tropics of Mexico: archaeological evidence of a millenary tradition. En *Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture XIII. Conference Proceedings*. Vol 13. 457-468. Wessex Institute of Technology Press. Ashurst.
- Guerrero, L. (2008). La cal y el patrimonio edificado. *La Gaceta del Instituto del Patrimonio Cultural* 12: 18-29.
- Guerrero, L. (2015). Sostenibilidad y conservación del patrimonio edificado. *Revista Palapa* 3, (1): 73-84.
- Guerrero, L., Correia, M. y Guillaud, H. (2012). Conservación del patrimonio arqueológico construido con tierra en Iberoamérica. *Apuntes* 25 (2): 210-225.
- Guerrero, L., Roux, R. y Soria, F. J. (2011). Ventajas constructivas del uso de tierra comprimida y estabilizada con cal en México. *Revista Palapa* 1 (10): 45-57.
- Guerrero, L. y Soria, F. J. (2014). Estabilización de suelos con cal y puzolanas. *Construcción con Tierra* 6: 15-24.
- Warren, J. (1999). *Conservation of Earth Structures*. Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford.

Fig. 6 Restauración del Horno Purépecha del Museo de Antropología. Ciudad de México, foto: Autor, 2014



CONSERVACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ADOBE Y PINTURAS MURALES EN EL PALACIO INCA DE TAMBO COLORADO

AUTORES

Henry Eduardo TORRES

Gianella PACHECO

Véronique WRIGHT

Oliver HUAMAN

Proyecto de Investigación Tambo Coloradoj, Perú

Marta CAPPAL

Università degli Studi di Cagliari, Italia

RESUMEN

El proyecto de investigación Tambo Colorado, viene desarrollando desde hace tres años una investigación interdisciplinaria que tiene como objetivos la conservación estructural y de los acabados del sitio Tambo Colorado, Palacio Norte I. Los resultados de los trabajos nos han proporcionado información para elaborar un plan de trabajo para su conservación, priorizando áreas en emergencia, además se han detectado los daños más recurrentes y los agentes que habrían ocasionado las patologías. La intervención ha considerado la evaluación de productos orgánicos para la conservación de superficies. Los favorables resultados y los controles realizados a las intervenciones nos alientan a seguir la metodología planteada. Presentamos los resultados de estas intervenciones.

INTRODUCCIÓN

Tambo Colorado, es uno de los sitios arqueológicos de la época Inca más impresionantes de la costa sur peruana, debido a su arquitectura y a la decoración pictórica en sus muros. Hasta el año 2012 el sitio no había sido investigado de manera integral. El año 2013 gracias una beca del Ministerio de Asuntos Exteriores de Francia y el auspicio del Instituto Francés de Estudios Andinos de Lima, se iniciaron los trabajos de investigación y conservación en el Palacio Norte 1 del sitio arqueológico. Desde entonces otras instituciones como el Laboratorio de Arqueología de la Pontificia Universidad Católica del Perú, el Laboratorio de Cristalografía de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el Laboratorio de Datación de la Universidad Nacional de Ingeniería, el Proyecto Arqueológico Huacas de Moche de Trujillo y el Centro de Investigación y de Restauración de los Museos Franceses, Museo del Louvre en Paris han apoyado las investigaciones.

El proyecto Tambo Colorado tiene como objetivos conservar la arquitectura a nivel estructural y de sus superficies, identificar y caracterizar la pintura mural mediante análisis arqueométricos y realizar análisis de los grafitis históricos que fueron hechos en los muros desde épocas coloniales.

1. CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS Y CONSTRUCTIVAS

El conjunto arquitectónico del Palacio Norte 1 del sitio Tambo Colorado es un edificio de planta cuadrangular con un área aproximada

de 3300 m², tiene 66 recintos de diverso tamaño y se encuentra construido en las faldas de los cerros próximos al cauce actual del río Pisco en la ruta del camino Inca o Qapaq Ñan que sube a la sierra a la altura del actual distrito de Humay (fig. 1).

Fue construido íntegramente en mampostería de adobe unido con mortero de barro. Los adobes son de sección cuadrangular y de dimensiones heterogéneas (rangos de 40 a 60 cm) y se ve claramente el empleo de moldes en la fabricación. Los muros tienen un ancho variable entre los 65 y 95 cm y una altura variable que va desde los 2.40 hasta más de tres metros, el espesor de la junta de mortero varía entre 2 y 5 cm. La base del muro fue construida casi siempre en piedra unida también con mortero de barro y su altura es variable. Los aparejos empleados en la mampostería fueron de varios tipos destacando el uso de un adobe que va de lado a lado del muro con bloques cuyo lado más corto forma el paramento que se conoce como aparejo de cabeza o tizón, y en la siguiente hilada adobes colocados cuyo lado más largo forma el paramento también denominado aparejo de sogá, lo que da una buena trabazón favoreciendo su resistencia estructural. La relación ancho:alto de la mayoría de los muros está comprendida entre los rangos 1:3 y 1:4, lo cual le permite a estas estructuras tener una adecuada resistencia y rigidez. Todos los muros presentan puertas, ventanas y hornacinas de forma trapezoidal típicas del estilo Inca. En los vanos emplearon dinteles de piedra cuidadosamente anclados en los extremos de la mampostería de adobe. Actualmente ningún recinto presenta techumbres, sin embargo pueden apreciarse las huellas de las vigas que se emplearon en la estructura del techo.



Fig. 1 Vista Panorámica del sitio Tambo Colorado

No se puede descartar el aporte que pudieron haber tenido en el desempeño sismo-resistente de los muros debido a que no se conoce cuál era el mecanismo que los sujetaba a la mampostería.

2. CARACTERÍSTICAS DE LAS SUPERFICIES POLÍCROMAS

El uso de superficies polícromas es una de las características más resaltantes de Tambo Colorado. Estas fueron aplicadas sobre una superficie de enlucido de barro fino, y alisad, que luego de estar seco era decorado con la pintura. Se ha podido identificar un promedio de tres capas de repintado.

Diseño: Todos los muros del edificio han sido decorados con pintura mural que cubre las paredes con franjas horizontales, dispuestas una encima de otra. Los muros pueden presentar entre 2 y 5 franjas. La mayoría de los muros presenta 3 franjas. Algunos muros fueron pintados completamente de blanco.

Colores: Los colores utilizados para pintar las franjas horizontales en los muros fueron rojo, blanco y amarillo.

Materiales: Los pigmentos utilizados en las pinturas murales fueron hechos de minerales a base de óxido de hierro (Wright et. al., 2014), posiblemente aglutinados con algún mordiente de origen vegetal.

Significado: Estas pinturas además de decorar las paredes del edificio habrían cumplido con alguna función simbólica (Protzen et.al.:2004).

3. ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACION

Tambo Colorado se encuentra cerca a la costa del Pacífico, una zona de alta sismicidad y debido a ello numerosos sismos de diversa magnitud lo han afectado. Como parte de los trabajos de la primera temporada se realizó el diagnóstico del estado de conservación del edificio, procediéndose a identificar y catalogar las patologías estructurales con fines de su conservación.

Patologías de las estructuras:

Presentan una serie de patologías que han afectado su estabilidad y han deteriorado notablemente su desempeño frente a fuerzas de sismo, condicionando su conservación como patrimonio arquitectónico. Los resultados más importantes del inventario de las patologías muestra lo siguiente: el 35% de los muros presenta grietas por corte en el plano, el 37% presenta pérdida parcial del muro y el 34% de los muros presenta grietas en la sección transversal. Estas patologías muestran el grave estado de conservación en que se encuentra el sitio arqueológico y se demostró que era necesario ejecutar medidas correctivas que permitiesen en el corto plazo aminorar el riesgo de pérdida de las estructuras del sitio arqueológico (fig. 2).

Lamentablemente los daños que han sufrido las estructuras han puesto en riesgo la integridad del sitio. Los numerosos daños observados hacen prever que en caso de un sismo severo varios recintos colapsarían lo que implica un grave riesgo para la integridad de los investigadores y visitantes. Recordar que el sismo de Pisco del año 2007 tuvo una intensidad de grado de 8 en la escala Richter y IX en la escala de Mercalli.

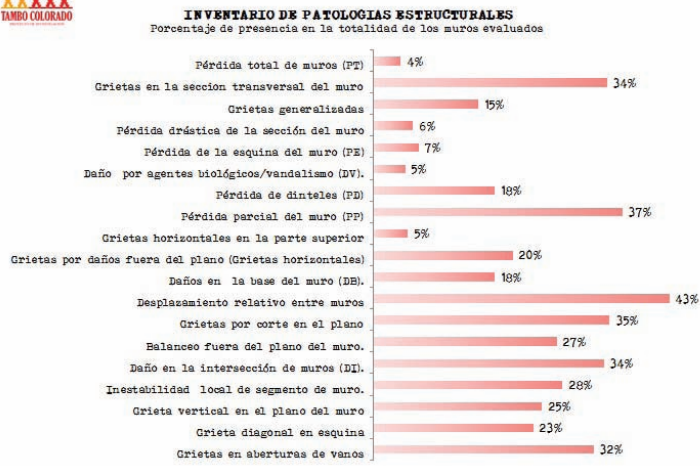


Fig. 2 Inventario de Patologías estructurales

4. ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS SUPERFICIES

La evaluación de las superficies arquitectónicas consideró una descripción cualitativa y otra segunda evaluación cuantitativa de daños, tomando como unidad de análisis los paramentos de los muros de los recintos del sector denominado Palacio Norte I.

La evaluación cualitativa se realizó mediante un primer reconocimiento de todos los recintos y se evaluó el estado de conservación de cada uno de los muros, designándose la letra “A” al muro más afectado y “D” al muro mejor conservado. También se tuvo en consideración el grado de daños estructurales, la policromía y la presencia de grafitis como indicadores de importancia. En esta primera evaluación se observaron los daños más frecuentes y los posibles factores que lo ocasionaron, con lo que se pudo realizar un glosario de los daños más frecuentes en las superficies arquitectónicas (enlucidos y capas pictóricas).

Se ha logrado registrar 240 paramentos, correspondientes a los 66 recintos del sector I de Tambo Colorado. Los resultados preliminares indican que los mayores daños en las pinturas y enlucidos del sector I de Tambo Colorado son las pérdidas totales que abarcan: la pérdida total de superficies, la erosión de enlucido, desprendimiento de superficies, agrietamiento de enlucidos, y agrietamiento de pintura mural. Todos estos daños son causados por la exposición a cambios térmicos y ciclos de humedecimiento y secado.

El segundo grupo de daños corresponde a los daños ocasionados por

Fig. 3 Cuadro de daños en superficies



la presencia humana y en este grupo tenemos los grafitis, los cuales tienen origen casi desde el abandono del sitio y han sido hechos con objetos punzantes, con lápiz, carbón y pintura, sobre los enlucidos y sobre las pinturas, en las áreas medias de los muros principalmente. La abrasión ocasionada por el constante tránsito de visitantes en grandes grupos, como escolares, que afectan las áreas de los vanos y de los muros de los pasadizos estrechos (fig.3).

5. CONSERVACIÓN ESTRUCTURAL DEL PALACIO NORTE 1

Como parte del diagnóstico del edificio, se analizaron con técnicas de elementos finitos algunos recintos para conocer su nivel de estabilidad. Esta técnica nos ha brindado valiosa información de cómo fallan estas estructuras y cuáles son los límites de resistencia que pueden soportar, (fig. 4) y se priorizaron algunos sectores para su intervención inmediata.

Debido a las especiales condiciones de Tambo Colorado por la presencia de pintura mural en todas sus superficies, los trabajos de consolidación estructural consistieron en procedimientos poco invasivos como inyecciones de barro líquido en las zonas agrietadas. Sin embargo para recuperar parcialmente la rigidez perdida fue necesario adicionalmente colocar refuerzos en los encuentros de muros que debido a los sismos se encontraban debilitados.

Para el diseño de las mezclas en campo se analizó la granulometría de los muros arqueológicos mediante el uso de probetas graduadas y ensayos de laboratorio pues nos dan una referencia de las proporciones de arena y arcilla en los adobes arqueológicos para diseñar morteros compatibles. Previamente a la aplicación del agua se mezclaron los materiales en estado seco hasta lograr una mezcla uniforme. La tierra arcillosa fue tamizada con la malla N°50 (0,30 mm). De la misma forma la parte de arena fue limpiada y tamizada con el tamiz N°50 (0,30 mm) evitando en todo caso elementos que puedan obstruir tanto los conductos de aplicación como mangueras o también las grietas más pequeñas del muro conservado. Proporción de la mezcla empleada en los trabajos de inyección:

Tabla 1 Proporciones aproximadas en volumen para los grouts aplicados en campo

Aplicación	Arena (% vol)		Tierra arcillosa (% vol)	Agua (% vol)
Mortero líquido para inyección en grietas	70%		30%	50%
	arena gruesa	arena fina		
	40%	30%		

Finalmente con el objetivo de evitar contracciones por secado o cambios en el volumen del *grout* que afectase el resultado final fue necesario realizar el trabajo en forma progresiva en capas superpuestas. Con el fin tener un mejor control de la aplicación, en algunas ocasiones el tiempo transcurrido entre dos capas aplicadas era de un día con lo cual fue posible al no humedecer demasiado el muro y evaporar un poco del agua para evitar posibles problemas asociados como eflorescencias de sales solubles (fig. 5).

Para los trabajos de reforzamiento en las esquinas de muros se colocó una sección en L empleando piezas de madera en la sección, reforza-

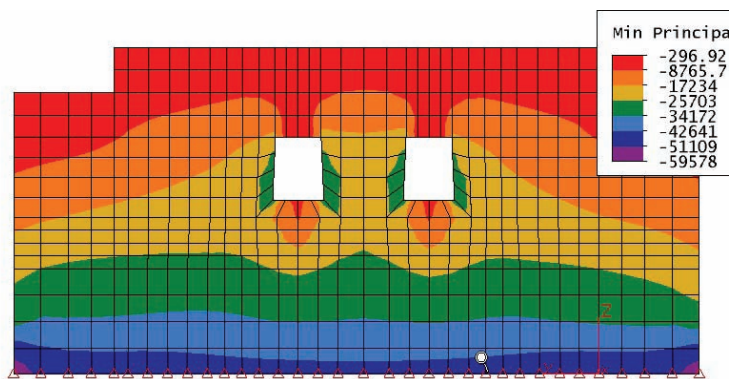


Fig. 4 Analisis por Elementos Finitos de un muro de adobe en Tambo Colorado

das con una plancha de acero. Fueron unidas a los muros mediante anclajes de acero al carbono de 3/8" de diámetro que se colocaron distanciados a 15 cm. Los refuerzos se colocaron a una profundidad de 45 cm de la cabecera del muro. Los cortes en el muro fueron realizados en forma delicada sin afectar los paramentos. Luego de colocados los refuerzos se rellenaron los vacíos con una mezcla de mortero reforzado con fibra vegetal para evitar contracciones por secado y darle mayor resistencia a la tracción a la unión de los planos de muros contribuyendo a un mejor desempeño de la estructura.

6. CONSERVACIÓN DE SUPERFICIES Y ACABADOS AFECTADAS POR LA EXPOSICIÓN AL MEDIO AMBIENTE

Teniendo en consideración los principios para la preservación, conservación y restauración de pinturas murales (ICOMOS 203) los métodos y materiales utilizados en la conservación posibilitan tratamientos distintos a futuro.

6.1. CONSERVACIÓN PREVENTIVA

Como primera etapa de la intervención se realizaron diferentes acciones de conservación que tuvieron como objetivo dar soluciones a los problemas de emergencia. Para la conservación de enlucidos de pintura mural y enlucidos se realizaron trabajos de re-adherencia de acuerdo a las áreas con mayor riesgo de pérdida registradas en el diagnóstico

6.2. ANÁLISIS DE MATERIALES

Las labores de conservación se realizaron con materiales provenientes de las áreas colapsadas. Los materiales reutilizados fueron previamente caracterizados y comparados con los morteros originales. Se comprobó su compatibilidad y fueron utilizados en los trabajos de conservación preventiva.

6.3. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE PRODUCTOS ORGÁNICOS TRADICIONALES

Como parte de la investigación se han realizado pruebas de adhesividad y consolidación con productos orgánicos. Los materiales orgánicos son respaldados por una amplia tradición cultural, tal como como lo mencionan las crónicas de Betanzos (2015) en donde señala que el Inca Yupanqui lo mandaba a aplicar en las paredes de sus palacios para darles mantenimiento, así como y por recientes investigaciones llevadas a cabo por Hoyle (1990) y Malpartida (2015), quienes lo han aplicado en morteros y han realizado pruebas en laboratorio con óptimos resultados.

Las pruebas de estos productos se realizaron, en reproducciones de forma cúbica hechas con material original (adobes) tamizado, provenientes de colapso de muros. Se utilizaron las siguientes propor-

ciones: Mucilago de cactus al 60% y almidón de arroz al 50%.

6.3.1. El almidón de arroz

El almidón de arroz es la principal reserva de glúcido vegetal, y presenta constantemente la misma composición química, cualquiera sea su procedencia. Se caracteriza por ser higroscópica. Para las pruebas se obtuvo almidón mediante el hervido de 1 porción de arroz por 2.5 de agua por un periodo de 40' aproximadamente. Usualmente es utilizado para la conservación de papel.

6.3.2. El mucilago de cactus

El mucilago de cactus es un polisacárido, y se utiliza como agente repelente del agua por su adhesividad. Para las pruebas se obtuvo mucilago al cortar las hojas (pencas) del cactus sin cáscara en cubos y luego sumergirlas en agua en proporción de 1 a 1.5 por dos semanas. Al término de este periodo se cuele la solución obteniendo un líquido viscoso. Se puso a prueba la consolidación y la adhesividad, en condiciones reales.

Para las pruebas de adhesividad se prepararon muestras con mortero original proveniente del colapso de muro. Este mortero fue pulverizado y tamizado, se hicieron cubos de este material y luego de estar completamente secos, fueron tratados superficialmente con pincel con la solución de almidón y la de mucilago (fig. 6) Después de cada aplicación, se realizó la prueba de desprendimiento para evaluar el grado de pulverización, y se dejó una muestra sin tratar para el control. La prueba del desprendimiento se realizó adhiriendo un segmento de cinta adhesiva 3 M Scotch™ y se inspiró en la prueba ASTM 4214-07, la cual fue adaptada a las condiciones en campo, considerando las superficies irregulares de las muestras y el tipo de cinta.

Fig. 5 Conservación estructural aplicando grouts de barro liquido en grietas





Fig. 6 Muestra tratada con solución de mucilago al 60%



Fig. 7 Superficie conservada después de la aplicación en campo

Para comprobar la resistencia a la erosión pluvial de morteros mejorados con materiales orgánicos (mucilago y almidón de arroz) se realizaron muestras de *capping* con material original de colapso a estos morteros: la elaboración de estos morteros se realizó con las siguientes proporciones:

- 4 volúmenes de mortero seco y 6 volúmenes de mucilago de tuna
- 5 volúmenes de mortero seco y 5 volúmenes de solución de almidón de arroz.

Las muestras fueron sometidas a un goteo de agua destilada, a 30 cm de distancia, por un periodo de 60 minutos. Se midió el surco originado por el agua esta prueba tomando como referencia la prueba NZS 4298 (1998). Sin embargo se adoptaron a las condiciones de campo por la presencia de vientos y tiempos reducidos (fig. 7).

RESULTADOS

Las muestras que fueron tratadas superficialmente con arroz al 50% demuestran que el desprendimiento de partículas de tierra disminuye en un 90% en relación con la muestra inicial, después de la cuarta aplicación.

Las muestras que fueron tratadas superficialmente con mucilago al 60% demuestran que el desprendimiento de partículas de tierra disminuye en un 80% en relación con la muestra inicial, después de la sexta aplicación.

Los análisis de campo realizados demuestran que la erosión disminuye considerablemente con los consolidantes. De todos ellos los mejores resultados se han obtenido del almidón de arroz al 50%.

Los resultados de las pruebas de consolidación demostraron que los morteros mejorados con almidón de arroz, respondía mejor a la erosión. La erosión alcanzó 0.5 mm de profundidad y un radio de 3.5 cm. Mientras que el mortero tratado con mucilago de cactus la erosión ocasionó un orificio de 1.00 mm de profundidad y un radio de 6 cm. Del mismo modo la prueba se realizó en una muestra sin tratamiento alguno, a modo de control. En esta muestra la erosión fue mucho mayor, alcanzando la erosión una profundidad de 1.8 mm y un diámetro de 7.5 cm.

Estos resultados nos alientan a hacer pruebas bajo condiciones controladas y monitorear las pruebas en campo para una posterior aplicación restringida en áreas del monumento.

En cuanto al tema estructural de Tambo Colorado, se determinaron las zonas en riesgo de colapso, estableciéndose los recintos que esta-

ban afectados y se informó a las autoridades, las cuales restringieron el acceso de los visitantes a estas zonas.

Después de realizado el diagnóstico se han conservado dos recintos empleando *grouts* de barro líquido. Esta técnica es la menos invasiva y ha dado buenos resultados pues el material aplicado es muy compatible con el adobe arqueológico. Los resultados obtenidos empleando los *grouts* de barro líquido son satisfactorios: los muros intervenidos con ésta técnica después de un año de aplicación han mostrado una buena adherencia ni se ven pulverizados o presentan grietas producto de esfuerzos o desplazamientos. Considerando las restricciones encontradas en su aplicación en muros arqueológicos, las grietas inyectadas pueden monitorearse. También es preciso que se realice una limpieza a profundidad y lo más prolija posible para que el barro líquido pueda penetrar y adherirse a las superficies en contacto. Las aplicaciones en grietas de espesores mayores a 25 mm requieren de trabajos complementarios tales como restauración parcial de la mampostería, colocación de anclajes, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Betanzos, J. (1880 [1551]). *Suma y Narración de los Incas*, Bibl. Hisp. Ultram. Madrid.
- Hoyle, A. M. (1990). Chan Chan: Aportes para la Conservación de la Arquitectura en Tierra. Dans Agnew N., Alva A., H. Houben (Eds.). *Acta 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture*. Getty Conservation Institute, Los Angeles. p: 225 – 229.
- Malpartida, S. (2015). Estudio de algunas propiedades físicas de enlucidos de barro consolidados con mucilago de tuna, agar agar y gelatina. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- Protzen, J. et. al. (2004). Los colores de Tambo Colorado: una reevaluación. *Boletín de Arqueología PUCP*, N°8, 267-276. Lima
- Standards New Zealand, NZS 4298(1998), Materials and workmanship for earth buildings, 1998.
- ICOMOS (2003). Carta de ICOMOS sobre los principios para la preservación y restauración de pinturas murales. Zimbabwe.
- Wright, V., Pacheco, G., Torres, H., Huamán, O., Watanave, A. (2014). Mural Paintings in Ancient Peru: The Case of Tambo Colorado, Pisco Valley. *Actas del 40th International symposium of archaeometry ISA 2014*. May 19-23, 2014 Los Angeles, California. p: 35-36.

REVIEW OF EARTHEN MATERIAL CONSOLIDATION WITH ETHYL SILICATE

AUTEURS

Ann BOURGÈS

Mathilde TIENNOT

Jean-Didier MERTZ

Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques, Centre de Recherche sur la Conservation (CRC, USR 3224), Muséum national d'Histoire naturelle, Ministère de la Culture et de la Communication, CNRS, France

Anne LIÉGEY

Anne BOUQUILLON

Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF)

SUMMARY

Since many years, preservation of earthen material has been a challenge because of its high sensitivity to moisture. Researches in stone consolidation brought and have rapidly transferred the use of several consolidation methods, especially tetraethoxysilane (TEOS) (Wheeler 2005) to consolidation of clayey materials. However, the interaction of this consolidant product with clay minerals is still little known and debated. The following paper proposes first to make a review of ancient studies based on ethyl silicate treatments. Then we will present recent and innovating scientific investigations in the understanding of the involved mechanism of the consolidant. We will illustrate our discussion by a recent research program on archeological cuneiform tablets conserved at the Louvre museum and experimental clayey molded samples. Interaction between TEOS and the different types of clays has been evaluated considering chemical, physical and mechanical properties modifications. Then, we will confront this recent research with the review of the past studies and discuss the conservation approach, and their applicability to the field of earthen material conservation.

INTRODUCTION

L'architecture de terre s'est très tôt (1968) inspirée des traitements de consolidation de la pierre (Chiari, 1990), pour sauvegarder les sites archéologiques au Proche-Orient ou en Amérique centrale ou du sud, en expérimentant le tétra éthoxy silane (TEOS) ou silicate d'éthyle. Après une recrudescence de ces traitements dans les années 70 à 90, les années 2000 ont vu un véritable rejet des applications du TEOS sur les architectures de terre. En effet, des textes non publiés font référence à des "cristallisations" du silicate d'éthyle, des cristaux qui croissent et conduisent à la destruction totale du matériau terre. Le silicate d'éthyle est alors assimilé à tort aux phénomènes de cristallisation de sels solubles qui peuvent se rencontrer dans les matériaux poreux en général et les endommager. Ce n'est que récemment (Ferron, 2008) que les études sur ce type de traitement ont repris. Il nous a semblé alors intéressant de comprendre comment une telle incompréhension du système de consolidation par le TEOS a pu naître en focalisant nos recherches sur les expérimentations passées et en les projetant sur les recherches actuelles, notamment sur les consolidations de tablettes cunéiformes réalisées en amont de leur dessalement par bain.

Il est donc important d'indiquer ici les principes généraux de la consolidation au silicate d'éthyle. Après imprégnation du substrat, deux réactions successives, une hydrolyse des groupements alkoxy puis une condensation des produits hydrolysés conduisent à la gélification du système. Il y a donc formation de liaisons covalentes Si-O-Si au sein de la

silice, d'une part, et entre les réseaux de silice du produit et celles contenues dans le matériau altéré, d'autre part, pour assurer sa consolidation. C'est bien un gel de silice qui se forme et non pas un système cristallisé. Par ailleurs et comme les argiles, le TEOS présente également un retrait et des fissurations au cours de sa réticulation. Wheeler (2008) souligne le rôle que joue la composition du substrat dans la réaction de polymérisation du TEOS. Il indique en effet l'influence de certaines argiles dans la réticulation du silicate ou la compétition des retraits des argiles et du silicate au cours du séchage (Wheeler, 2005). L'interaction entre les argiles et les polymères semble être donc une question primordiale dans la compréhension des mécanismes de consolidation des terres crues par le silicate d'éthyle.

1. LES EXPERIMENTATIONS DES ANNEES 1990 ET AU-DELA

1.1. LE PROJET DU GETTY À FORT SELDEN

Dans les années 90, le Getty Conservation Institute lance un programme de recherche sur les consolidants chimiques pour la conservation de murets en terre crue. Leur approche est complète en appuyant recherche de laboratoire et application in situ sur les murets expérimentaux de Fort Selden (Coffman et al., 1990). Sur les murets, ils appliquent du Conser-

ware OHTM par pulvérisation selon des faces d'exposition et des dilutions différentes du TEOS. La terre des adobes constitutive de ces murets se compose de 91 % de sable et 8 % de silt et argiles dont le cortège est large avec la représentation de la kaolinite, de l'illite et de la montmorillonite. Les observations visuelles sont réalisées après 3 mois et 15 mois d'exposition naturelle et artificielle par projection d'eau journalière sur les murets. Les chercheurs constatent que :

- Les murets stabilisés au TEOS montrent une bonne durabilité, meilleure que ceux non stabilisés ;
- La dilution du TEOS (25% ou 6%) présente une influence directe sur la viscosité du produit et sa profondeur de pénétration dans le matériau, une dilution trop faible entraînant une croûte indurée en surface du matériau ;
- Enfin, la consolidation est plus effective sur des adobes fraîchement moulées que sur des adobes anciennes.

Ce travail permet déjà à l'époque de supposer que la déshydratation des argiles au cours du temps influence vraisemblablement le processus de polymérisation, une certaine hydratation du matériau étant nécessaire afin de permettre l'hydrolyse du produit. Il a été également constaté que des murets présentant des consolidations en général et se retrouvant exposés à des remontées capillaires se trouvaient détruits "de l'intérieur", c'est à dire que l'eau remontant par capillarité dans le matériau terre dégradait beaucoup plus rapidement et favorablement la partie non consolidée la conduisant à un état hydrique de boue, alors que la zone consolidée résistait plus favorablement. De là a pu jaillir ce constat que le traitement formait un revêtement résistant favorisant la dégradation du matériau sous-jacent. Ceci est effet valable pour n'importe quel matériau de consolidation ou d'hydrofugation appliqué sur un objet au sens large non protégé des remontées capillaires. Ce n'est ni imputable au silicate d'éthyle seul, ni à la terre crue, mais à de bonnes utilisations dans un contexte patrimonial adapté.

En parallèle, une étude de laboratoire s'est attelée plus spécifiquement aux interactions chimiques se produisant entre le consolidant et les constituants des adobes. Pour ceci, des éprouvettes de chaque type d'argile ont été confectionnées (kaolinite, montmorillonite sodique et calcique). Les essais entrepris ont montré des interactions chimiques différentes en fonction du type d'argile de constitution. D'une part les éprouvettes de kaolin consolidées au TEOS montrent un accroissement important de résistance en compression, tandis que les éprouvettes de montmorillonite et en particulier les montmorillonites sodiques ne montrent pas de consolidation effective influençant positivement la résistance en compression.

D'autre part, les cycles d'imbibition et séchage des éprouvettes montrent la résistance complète (au-delà de dix cycles) des éprouvettes de kaolin consolidées au TEOS alors que les éprouvettes de montmorillonite se désagrègent de nouveau dans l'eau au bout de trois cycles.

1.2. D'AUTRES SITES ET ÉTUDES DE CONSOLIDATION AU TEOS

Dans les mêmes années, d'autres applications ont été entreprises, notamment sur le site d'Abu Sir et de Mataria en Egypte (Fatma, 1990). Des éprouvettes utilisant les terres locales des sites ont été en premier lieu consolidées. La terre du site d'Abu Sir riche en kaolinite et montmorillonite montre une polymérisation effective du TEOS, tandis que la terre du site de Mataria, composée exclusivement de montmorillonite, montre une précipitation en nodules du TEOS et donc un échec de la consolidation.

Plus récemment, les équipes de recherche de l'université de Pennsylvanie, ont étudié l'effet de différents consolidants sur des terres crues du site de Mesa Verde (Ferron, 2008). La terre ayant servi pour la fabrication d'éprouvettes est constituée de 23 % d'argile dont le cortège est principalement constitué de smectite et très peu de kaolinite et d'illite. Encore une fois, après des cycles répétés d'humidification et séchage, les éprouvettes consolidées au silicate d'éthyle (Conservare OH 100) laissent apparaître un réseau de fissures macroscopiques très important.

Ces différentes applications sur site, le plus souvent couplées à des études de laboratoire montrent de façon évidente que le type d'argile rencontrée dans les terres crues conditionne et influence directement la polymérisation du système et donc le succès ou l'échec de la consolidation. A l'issue de ces recherches il paraîtrait donc que des sites polaires (hydroxyles) présents à la surface des particules de kaolin seraient les sites d'accroche des silanes par échange ligand avec ces OH de surface. Ces liaisons existent mais sont plus faibles pour les montmorillonites car ne sont présentes que sur les arêtes (bords) des particules. De plus, l'excès d'eau que contiennent les montmorillonites engendrerait une compétition de réaction entre l'hydrolyse et la polymérisation, entraînant par là la précipitation de nodule, la formation d'une croûte et un effritement des surfaces consolidées (Chiari, 1990).

2. LES APPLICATIONS ACTUELLES SUR DES OBJETS ARCHEOLOGIQUES

2.1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE ET COMPOSITION DES ÉPROUVETTES

Les objets archéologiques en terre crue conservés dans les musées présentent des altérations typiques dues à la présence de sels solubles et d'argiles constitutives réagissant fortement aux variations environnementales. Une méthode de cuisson des tablettes en terre crue a été mise au point dans les pays anglo-saxons au début du XX^e siècle pour éviter la disparition irréversible des textes. Cette méthode est maintenant contraire à la déontologie de la conservation/restauration et sous l'impulsion du Département des Antiquités orientales du musée du Louvre, une alternative est mise en œuvre depuis 15 ans : la consolidation par le silicate d'éthyle. Afin de valider cette technique encore empirique, un projet national de recherche pour la conservation (PNRCC) a été financé par le Ministère de la Culture et de la Communication française, le projet ARTEMIE. Ce projet se fonde sur une démarche expérimentale basée sur le traitement et le suivi d'éprouvettes d'argiles de référence traitées avec le TEOS. Les techniques mises en œuvre permettent d'évaluer les interactions entre les argiles et le consolidant en étudiant les variations des propriétés chimiques, physiques et mécaniques des matériaux. La terre constitutive des tablettes mésopotamiennes se compose de 10% de kaolinite, 10% d'illite, 60% de smectite et 20% de palygorskite. Des éprouvettes cylindriques de 40 mm par 40 mm ont donc été confectionnées avec chacune de ces argiles individuellement ainsi qu'un mélange représentatif des objets. Ces éprouvettes ont ensuite été traitées avec le silicate d'éthyle, par imprégnation de microgoutte sur une surface de l'éprouvette jusqu'à saturation (Silres BS OH 100, dilué à 25% dans l'éthanol). Cinq semaines après le traitement, les éprouvettes ont été découpées sous la forme d'un disque de 5 mm d'épaisseur le long du profil de pénétration du TEOS afin d'être évaluées par des méthodes physiques (perméabilité à la vapeur d'eau) et mécaniques (module de Young et

flexion bi-axiale). Ces évaluations ont été entreprises en parallèle sur des éprouvettes non consolidées afin d'évaluer l'influence du traitement. D'autres mesures ont été réalisées comme la porosimétrie mercure ou la dilatation hygrique (Tiennot, 2014).

2.2. ÉVALUATION DU TRAITEMENT DE CONSOLIDATION

Les perméabilités à la vapeur d'eau sont augmentées après traitement du TEOS pour toutes les argiles concernées (tableau 1). Cela montre que le traitement facilite d'une certaine façon le passage de la vapeur d'eau à travers le matériau, et témoigne vraisemblablement d'une réorganisation de la microstructure après traitement. Il y a donc un accès de porosité plus important après de traitement qui peut être du soit à la compaction des argiles, soit à la création de microfissuration de retrait du TEOS lui-même au cours de la polymérisation.

	Kaolinite	Illite	Smectite	Mélange	Mélange - Palygorskite
Perméabilité δ_{unc} avant traitement (kg/m.s.Pa)	$1.19 \cdot 10^{-11}$	$1.69 \cdot 10^{-11}$	$1.99 \cdot 10^{-11}$	$2.01 \cdot 10^{-11}$	$1.74 \cdot 10^{-11}$
Perméabilité δ_c après traitement (kg/m.s.Pa)	$1.39 \cdot 10^{-11}$	$1.91 \cdot 10^{-11}$	-	$2.09 \cdot 10^{-11}$	$2.10 \cdot 10^{-11}$

Tableau 1 Valeurs de perméabilité à la vapeur d'eau des différentes argiles avant et après traitement au TEOS

Les essais mécaniques réalisés selon le profil de pénétration du TEOS montrent des variations selon la profondeur de pénétration du produit. Les modules élastiques, mesurés par onde de résonance (méthode grindosonic) sur chaque disque, identifient un profil décroissant des propriétés élastiques selon un gradient progressif sur les dix premiers millimètres de la consolidation et ceci pour l'ensemble des argiles consolidées, les modules étant doublés en surface (fig. 1). Mécaniquement parlant, un gradient important peut conduire à une altération par rupture à l'interface de la partie consolidée/non consolidée où les contraintes seraient concentrées.

Enfin, ces mêmes profils, caractérisés par flexion bi-axiale, illustrent une amélioration de résistance mécanique des premiers millimètres après consolidation seulement pour les éprouvettes de kaolinite consolidées (fig. 2). Aucune modification de résistance mécanique n'est mesurable sur les autres argiles consolidées.

CONCLUSION

SUR LES INTERACTIONS SILICATE D'ÉTHYLE/ARGILE

Ces conclusions mettent en évidence une nette interaction entre argiles et TEOS, mais différentes selon les argiles concernées où la kaolinite est la seule argile réactive positivement au traitement. Selon Wheeler (2005), l'hydrolyse et la polycondensation du silicate d'éthyle se font par échange avec les groupements hydroxyles présents sur les surfaces des particules d'argile. L'importance des groupements OH dans les argiles est en effet essentielle car ils sont des récepteurs privilégiés pour les silanes. Seules les kaolinites, seules argiles de forme T-O, c'est-

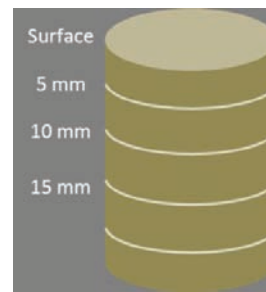
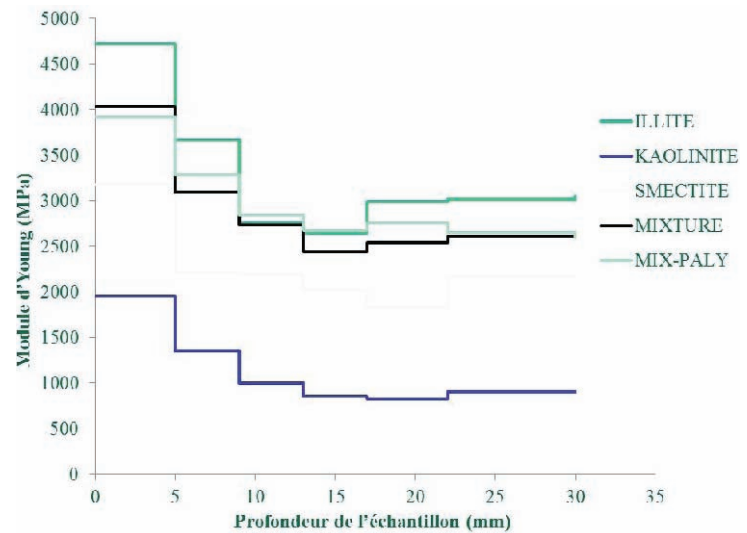


Fig. 1 Profil de mesure du module de Young sur chaque argile après traitement

à-dire présentant un empilement de tétraèdres et d'octaèdres, seraient suffisamment réactives. Elles sont en fait caractérisées par une plus forte concentration d'hydroxyles que les autres argiles (Velde et Druc, 1998). La localisation des liaisons avec le TEOS serait sur les surfaces basales des argiles. Pour les illites et les montmorillonites, les structures sont de la forme T-O-T (une couche octaédrique entourée de 2 couches tétraédriques). Des cations compensateurs assurent la neutralité des feuillets et les -OH disponibles se trouvent cette fois sur les bordures des plaquettes argileuses (Coffman et al, 1990). Ces différences entre la quantité et la localisation des liaisons avec le TEOS peuvent expliquer les comportements différents de chaque famille d'argile.

Des questions restent cependant en suspens comme quelles proportions de kaolinite sont suffisantes pour assurer une consolidation effective ? Il serait pour cela nécessaire de réaliser des éprouvettes faisant varier le pourcentage de kaolinite de 1 à 10 % et en étudiant systématiquement les modifications des propriétés mécaniques et de transfert.

De plus, le mécanisme de réaction entre silicate d'éthyle et argile n'a pas été prouvé. On pense qu'il s'agit de relations entre les groupements -OH et le silicate. Il faudrait confirmer cette hypothèse en étudiant plus spécifiquement ces réactions, en travaillant sur les cinétiques d'adsorption et en suivant de façon très approfondie les modifications des argiles au niveau de leurs microstructures.

Un nouveau projet s'appuyant sur un changement d'échelle (nanoscopique) est en cours sur ce sujet.

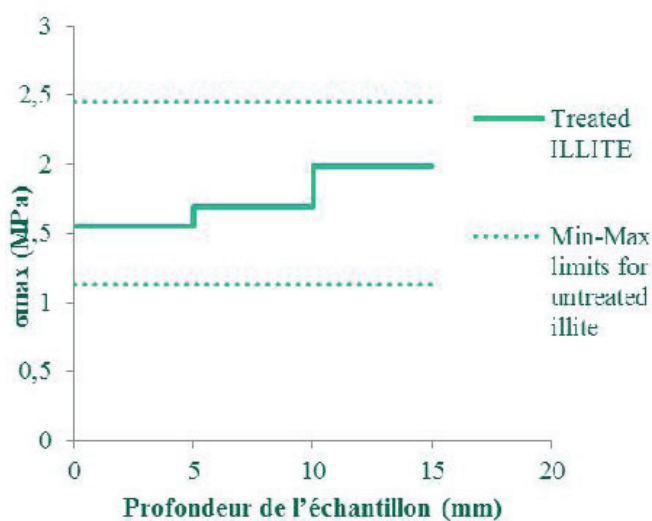
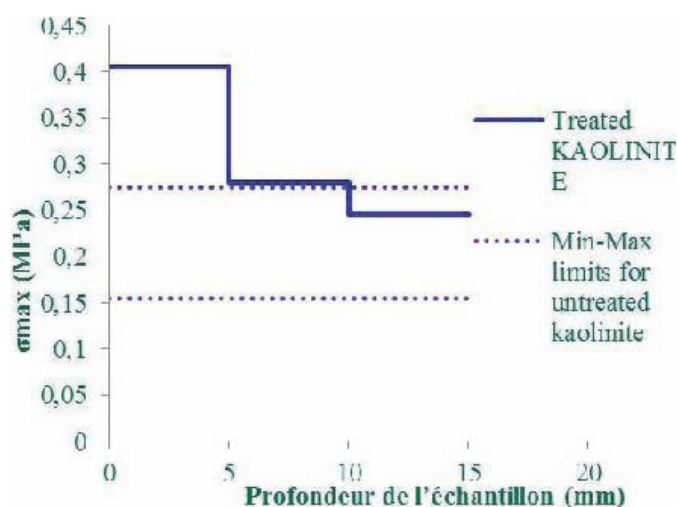


Fig. 2 Profil de mesure en flexion bi-axiale de la kaolinite et de l'illite après consolidation au TEOS

LA CONSOLIDATION DES TERRES CRUES

Au cours de cet article, nous avons voulu montrer qu'il s'agit de modérer les réactions parfois très négatives sur les traitements de consolidation des terres crues au silicate d'éthyle. En effet, comme tout traitement de consolidation, biopolymères compris, il présente une interaction spécifique avec le matériau et en modifie ces propriétés initiales. Les échecs rencontrés avec les consolidations au silicate d'éthyle sont principalement dus à une méconnaissance du matériau argileux lui-même, les compositions du cortège argileux étant rarement déterminées alors que

nous avons constaté qu'elles étaient essentielles dans la réussite du traitement. Ensuite, et comme tout matériau de consolidation, les conditions de conservation de l'objet ou de la structure finale sont essentielles. Prévenir de l'eau, par remontée capillaire en particulier, reste inévitable après un traitement quel qu'il soit. A ce propos, des coupes stratigraphiques sur le site archéologique de Bibracte datant de -200 bc et se composant de moellons de pierre et terre crue, ont été consolidées par un silicate d'éthyle élastifié. Les résultats sont très probants pour deux raisons : la terre contient un pourcentage élevé de kaolinite, et le site est entièrement hors d'eau. Des constatations similaires peuvent être réalisées sur les sites peints de la Huaca de la Luna au Pérou où le loess composant la terre de construction est très pauvre en argile, très riche en silt (silice) et où le site est entièrement protégé de l'arrivée des eaux. Tout comme l'architecture de terre qui nécessite pour sa pérennité "des bonnes bottes et un bon chapeau", les traitements de consolidation nécessitent une bonne connaissance du matériau initial et des moyens de conservation adaptés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Chiari, G. (1990). Chemical surface treatments and capping techniques of earthen structures: a long-term evaluation. In *Adobe 1990, 86th international conference on the study and conservation of earthen architecture*, Las Cruces, New Mexico, USA, pp. 267-276.
- Coffman, R., Selwitz, C. and Agnew, N. (1990). The Getty Adobe Research Project at Fort Selden II: A study of the interaction of chemical consolidants with adobe and adobe constituents. In *6th International Conference on Earthen Architecture : Adobe 90*, New Mexico, 14-19 Oct. 1990. pp. 250-254.
- Fatma, M. Helmi, (1990). Deterioration and conservation of some mud brick in Egypt. In *Adobe 1990, 86th international conference on the study and conservation of earthen architecture*, Las Cruces, New Mexico, USA, pp. 277-282.
- Ferron, A., Matero, F., (2008). The consolidation of earthen surface finishes: developing a protocol for treatment evaluation at Mesa Verde National Park. In *10th international conference on the study and conservation of earthen architecture*, Bamako, Mali, pp. 214-221.
- Tiennot, M., Liégey, A., Bourgès, A., Mertz, J.D. et al. (2014). Clays, unbaked earth tablets, and ethyl silicate : towards an understanding of the consolidation mechanisms. In :Bridgland J., ed. *ICOM-CC, 17th Triennial conference preprints*, Melbourne, 15-19 September 2014, Paris, International council of Museums, réf. 0504-405.
- Velde, B. and Druc, I.C. (1998). *Archeological ceramic materials*. Berlin, Springer, 299p.
- Wheeler, G. (2005). *Alkoxysilanes and the Consolidation of Stone*. Los Angeles : Getty Conservation Institute, 196p.
- Wheeler, G. (2008). Alkoxysilane and the consolidation of stone: where we are now. In *Stone consolidation in Cultural Heritage: Research and Practice*. In *Proceedings of the International Symposium*, Lisbon, 6-7 May 2008. pp. 41-52.

LE PATRIMOINE ARCHÉOLOGIQUE EN TERRE AU MALI

AUTEUR

Fané YAMOUSSA

Direction Nationale du Patrimoine Culturel (DNPC) du Mali

RÉSUMÉ

Le Mali possède l'un des plus riches patrimoines archéologiques d'Afrique de l'Ouest. Il le doit aux conditions climatiques et hydrauliques favorables sur une bonne partie de son territoire. À la surface de tous ces sites, en plus des vestiges ordinaires, on peut observer également la présence d'une concentration de structures rectangulaires ou circulaires construites majoritairement en terre ou en pierre. Ces sites archéologiques sont considérés à juste titre comme étant en danger. En effet, ils font face à des menaces environnementales, mais aussi humaines. Cette communication présente tout d'abord un état des lieux du patrimoine archéologique en terre du Mali avant de proposer des stratégies de conservation durable qui devraient être adoptées pour s'assurer de leur bonne préservation. Cela passe par le renforcement des capacités techniques des archéologues maliens et la mise en place d'une politique axée sur la sensibilisation du public et des autorités nationales et locales sur la valeur et l'importance du patrimoine culturel en général et archéologique en particulier. À cela s'ajoute la coopération scientifique, seul moyen permettant au Mali de réaliser l'essentiel des travaux de conservation de son patrimoine culturel immobilier.

INTRODUCTION

Le Mali peut s'enorgueillir de posséder l'un des plus riches patrimoines archéologiques d'Afrique de l'Ouest. Les conditions climatiques, hydrologiques, la disponibilité des terres fertiles, de pâturages et l'abondance des ressources halieutiques ont vu naître et se développer plusieurs civilisations et cultures. Il n'est donc pas surprenant que dans la plaine inondable du fleuve Niger et de son principal affluent, le Bani, des centaines de sites archéologiques apparaissent sous forme de buttes, localement appelés *toгуés*, en fait des vestiges d'anciens villages ou villes.

À cela s'ajoutent les vestiges de sites historiques, comme le site présumé de la mosquée de Kankou Moussa à Gao et celui de Madougou ou palais du souverain mandingue à Tombouctou.

A la surface de tous ces sites d'anciens villages ou villes historiques, en plus des vestiges ordinaires, une concentration de structures rectangulaires ou circulaires construites majoritairement en terre ou en pierres maçonnées avec un mortier de terre sont des indices particulièrement intéressants de l'intense occupation de ces lieux propices au développement humain.

Malgré son importance, tant pour le Mali que pour l'humanité toute entière, cet héritage demeure peu connu. Il reste insuffisamment préservé et mis en valeur et nombre de ses éléments sont aujourd'hui en péril.

Comment les différents éléments de ce patrimoine archéologique en terre se présentent-ils aujourd'hui ? Quelles sont les stratégies à mettre en œuvre pour conserver et mettre en valeur ces sites archéologiques ? Quelles sont les perspectives ?

Telles sont les grandes questions primordiales auxquelles la présente communication tentera d'apporter des éléments de réponse.

1. ÉTAT DES LIEUX DU PATRIMOINE ARCHÉOLOGIQUE EN TERRE AU MALI

Le présent article se base sur l'étude de deux cas représentatifs de la situation dans le Delta intérieur du Niger : les sites archéologiques de Djenné Djeno et celui de la mosquée de Kankou Moussa à Gao (fig. 1).

1.1. LE SITE DE DJENNÉ DJENO

Située à 3 km au sud-est de l'actuelle ville de Djenné, la butte appelée Djenne Djeno (ancienne Djenné), ou encore Djoboro, est considérée par la tradition orale comme l'emplacement originel de l'actuelle ville de Djenné (fig. 2). La cité de Djenné Djeno a continuellement occupé l'île à laquelle elle doit son nom jusqu'au XIV^e siècle, soit pendant près de 1600 ans. Elle a été édifée dans une plaine largement recouverte par des eaux peu profondes pendant une partie de l'année du fait de la montée du fleuve Niger lors de la saison des pluies. Ce phénomène, très semblable à celui plus connu du dépôt des « limons » du Nil en Egypte place Djenné Djeno dans un environnement favorable pour cultiver, mais aussi pour bâtir en terre. Non seulement celle-ci s'y trouve en abondance, mais elle est remarquablement adaptée à la construction. Au-delà, des variantes de composition existent, permettant de s'adapter à diverses utilisations. Mais de façon générale la terre de la zone est reconnue comme bien meilleure que les terres de nombreux autres endroits du pays. Elle y est toujours abondamment utilisée pour préparer les enduits destinés au crépissage de la mosquée et des maisons de la ville de Djenné.

- Dénudée et recouverte de tessons de poterie, la butte est restée muette jusqu'en 1977, année de sa découverte par le couple McIntosh du Département d'Anthropologie de Rice University à Houston (USA). Ces derniers y effectuèrent des fouilles, successivement en 1977, 1981, 1996 et 1997. Les éléments recueillis ont attesté que Djenné Djeno

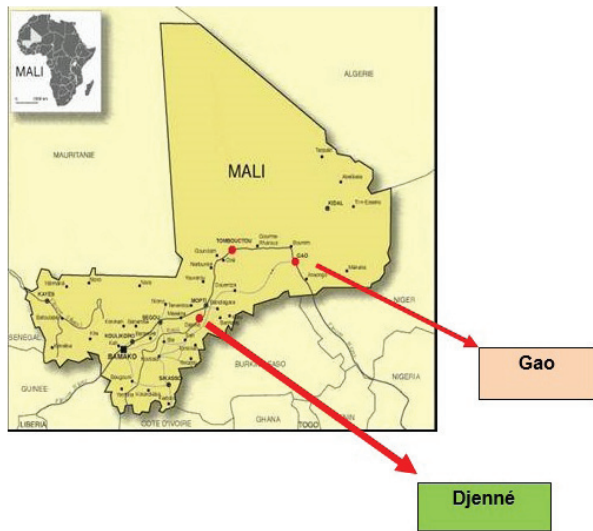


Fig. 1 Position des deux villes objet du présent article sur le Mali

était déjà habitée au III^e siècle avant notre ère (fig. 3).

- Les premiers habitants de cette florissante cité seraient des proto-soussous, probablement arrivés du sud du Sahara (une zone humide et fertile, transformée en désert pendant le premier millénaire avant Jésus Christ) à la suite d'une longue migration.

Les populations qui l'ont fondé connaissaient déjà la réduction du fer, la culture du mil et celle du riz africain. Elles pratiquaient également la pêche et la chasse. De nombreux objets exotiques comme ceux en cuivre, probablement importés de la Mauritanie ou de l'Aïr au Niger, ont été trouvés sur le site, suggérant l'existence d'une cité active dans le commerce transsaharien. Djenné Djeno semble s'être développée assez rapidement. Ainsi, elle atteint son apogée entre 800 et 1100 avec une population qui aurait évolué de 10.000 à une estimation allant jusqu'à 26.000 habitants.

De 12 hectares à sa fondation, Djenné Djeno, s'est agrandie pour atteindre 33 hectares à son apogée. Cet agrandissement du *togué* s'est probablement fait assez naturellement par les populations en prélevant de la terre dans les marais environnants pour créer de nouvelles zones non inondables où on pouvait construire. De nouvelles habitations permanentes ont ainsi pu être installées au fil des siècles sur le site de Djenné Djeno. En témoignage de cette prospérité, la production de céramique s'est faite à grande échelle, attestée par la grande quantité de tessons de poterie qui couvre le site.

L'architecture qui y apparaît est surtout construite avec des briques cylindriques faites de terre et de paille et moulées à la main, localement appelées *djenné ferrey*¹ (fig. 4). Ce matériau persistera dans l'architecture traditionnelle de Djenné jusqu'au début de du XX^e siècle. Ces *djenné ferrey*, qui restent la signature du savoir-faire local, ont un diamètre de 10 à 12 cm et une hauteur de 15 à 18 cm. Pendant cette période, la ville est aussi entourée d'une muraille remarquable de 6 m d'épaisseur et de 2 km de circonférence, construite entièrement en terre.

C'est à partir du début du XII^e siècle qu'est constaté un début de déclin du site de Djenné Djeno, avec un abandon total vers 1300. Les raisons de ce déclin ne sont pas claires. Les traditions orales de Djenné notent que l'avancée de l'islam aurait causé le départ des populations de Djenné Deno vers la nouvelle Djenné, située seulement à 3 km au Nord. Cette prégnance de l'islam se fait sentir après 1100 ans à travers des statuettes délaissées sur des dépôts domestiques, témoignage d'un possible abandon de la part des populations. En plus de l'islam, une période de sécheresse est également avancée

¹ Djenné ferrey est un mot typiquement songhay et les briques sont visibles sur un ancien mur débarrassé de son crépi.

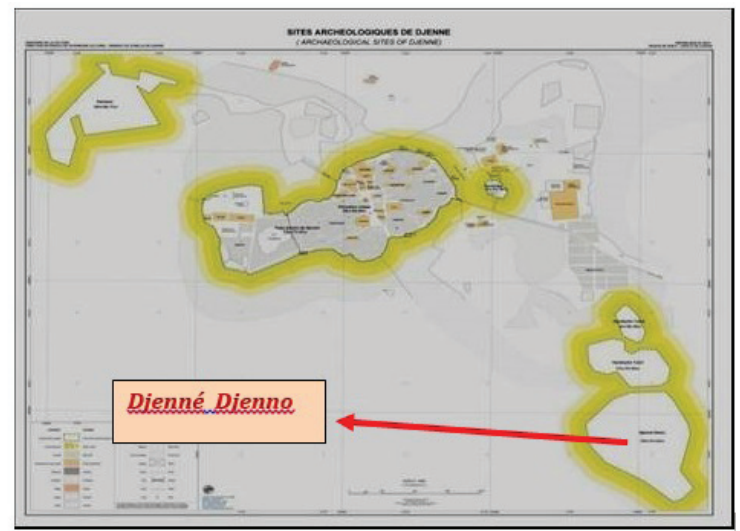


Fig. 2 Localisation du site archéologique de Djenné Djeno

comme l'une des causes de l'abandon de Djenné Djeno avec migration vers d'autres sites dans le delta intérieur du Niger.

L'intérêt de Djenné Djeno en tant que site archéologique réside dans le processus d'émergence des cités révélées en relation avec un environnement naturel et économique favorable.

1.2. LE SITE PRÉSUMÉ DE LA MOSQUÉE DE KANKOU MOUSSA

Le site présumé de la mosquée de Kankou Moussa est situé en plein cœur de la ville de Gao dans le quartier Aldjanabandia (fig. 5, 6 et 7). La mosquée a été commandée par l'Empereur du Mali à son retour de la Mecque en 1324 et construite par l'architecte Andalou Abou Isaac Es Sahéli qui faisait partie de la suite du souverain à son retour de la Mecque. La mosquée est présentée par les chroniqueurs arabes et les traditions orales, comme un bâtiment colossal, similaire à la mosquée de Djingareyber à Tombouctou, construite par le même architecte. Cette construction imposante sera abandonnée. Lors de sa visite en 1854, l'explorateur allemand Henri Barth en visitera ses ruines.

Les premières recherches archéologiques sur le site remontent à la période coloniale.

- En 1949, des fondations ont été localisées par D. Michel, commandant de Cercle et DP. de Pedrals et fouillées par J. Kikoine, géologue. Ces fouilles ont révélé des soubassements de murs, un « élément en omega », des tombes, le tout fait en briques cuites ou crues ;
- En 1950, Raymond Mauny, Chef de la section Histoire-Archéologie de l'IFAN (Institut Français d'Afrique Noire) du Soudan, pratiqua des fouilles dans une partie du site.

Des fouilles aux alentours de la mosquée permirent de découvrir des tombes avec des stèles frappées d'épithètes et datées de 766/1364. Toutes ces structures sont incluses dans les concessions environ-

Fig. 3 Fondation d'une maison circulaire datant du X^e siècle



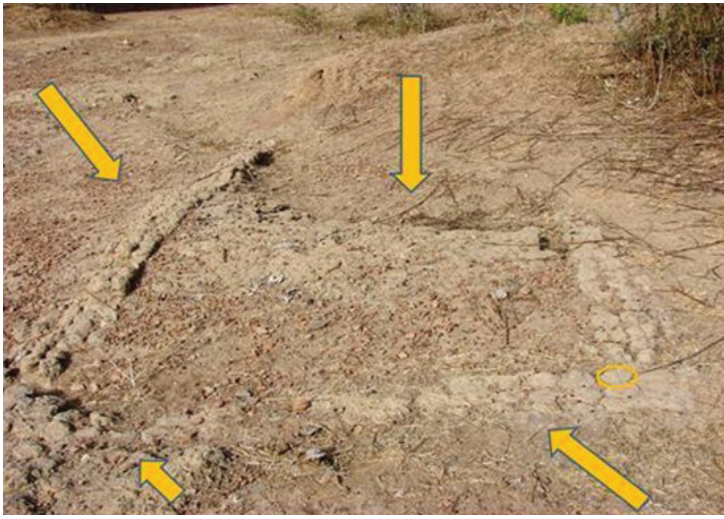


Fig. 4 Fondation de maison en djenné ferey

nantes. En 1993 et 1996, Timothy Insoll a effectué des fouilles sur le site. Ce dernier fournit une période d'occupation allant du VI^e au XII^e siècle dans l'un de ses sondages.

Après une période d'arrêt, la Direction Nationale du Patrimoine Culturel, en collaboration avec l'Institut des Sciences Humaines et le Musée d'Ethnologie d'Osaka (Japon), prit le relais en effectuant des campagnes de fouilles sur le site, successivement en 2004, 2005, 2007 et enfin en 2011. La campagne de 2003-2004 a permis de dévoiler une série de murs colossaux construits en pierres, en briques de terre cuite ou crue. Les murs en briques rectangulaires sont construits sur des fondations en pierres sèches dont la provenance n'a pas encore été identifiée.

Suite à ces résultats concluants, l'Agence Suédoise de développement international (SIDA-SAREC) a pris en charge une campagne de fouilles qui s'est déroulée en 2005. Elle a permis de découvrir une série de murs colossaux construits avec divers matériaux : pierres sèches, briques cuites et briques moulées en terre crue. Le mur le plus long atteint 22 m pour 1,15 m d'épaisseur. A l'intérieur de certains sondages, il existe des remplissages de briques moulées crues et des dalles de briques cuites.

Ces fouilles ont aussi permis de mettre au jour deux grandes pièces rectangulaires de 9,80 m et 7,80 m de long, 2,25 m de large chacune et une profondeur moyenne de 0,95 m.

Ces excavations ont permis de récolter un riche mobilier archéologique composé de céramique, d'ossements divers, d'objets en fer et en cuivre, de perles, de cornaline et des fusaiöles etc. Ces objets dénotent de la richesse de Gao en tant que métropole commerciale et de sa participation au commerce transsaharien.

Les campagnes de 2003-2004-2005 ont permis de mettre en évidence une architecture unique dans la région faite d'une maçonnerie

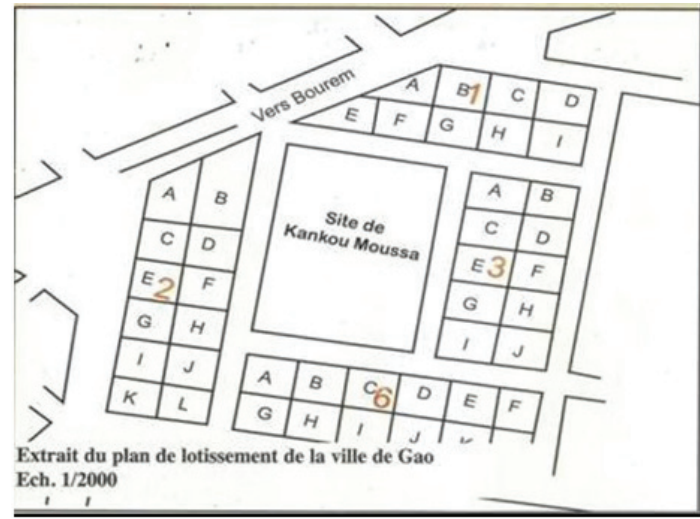


Fig. 6 Le site de Kankou Moussa dans le lotissement de Gao

bien élaborée et régulière et nécessitant la mobilisation d'une main d'œuvre importante pour l'extraction, le transport et une maîtrise du savoir-faire (construction en pierres et briques cuites).

Les campagnes successives de 2006-2007 et celles de 2010-2011 avaient pour but de poursuivre le dégagement des structures déjà entamé lors des précédentes campagnes. Elles ont permis la mise au jour d'une succession de murs en maçonnerie de briques moulées en banco cru délimitant des pièces de forme rectangulaire.

En conclusion, la configuration et la nature des vestiges exhumés de même que les dimensions des pièces indiquent qu'il ne s'agit pas de la mosquée construite par Kankou Moussa en 1324.

Les structures découvertes ne sont signalées nulle part, ni par les chroniqueurs arabes, ni par les traditions orales. Les constructions en murs colossaux érigés avec des matériaux divers et bâties en plusieurs pièces ou compartiments sont plutôt rares à cette époque dans la région. Certes, les villes de Koumbi Saleh, Aoudaghost et Es Souk ont connu des constructions en pierre (Mauny, 1961 ; Berthier, 1996), mais la régularité de la maçonnerie des murs et l'utilisation des briques cuites et de la chaux font du site de Kankou Moussa un site unique.

Les constructions révélées n'ont de semblables que le palais de Madugu à Tombouctou (Mauny, 1961), de par les matériaux et l'agencement des pièces. Cet édifice n'existe plus alors que Léon l'Africain l'a décrit comme un somptueux « temple » construit en pierres, hourdées avec un mortier de chaux, par l'architecte Abû Ishaq Essahéli al-Touwaïdjî.

2. LA PROBLÉMATIQUE DE LA CONSERVATION DES SITES ARCHÉOLOGIQUES

2.1. DJENNÉ DJENO

Le site archéologique de Djenné Djeno, témoin des civilisations pré-islamiques disparues, se dégrade inexorablement.

2.1.1. Les facteurs naturels

Le plus important est l'érosion due au ruissellement des eaux de pluies (fig. 8). Elle est extrêmement active à certains endroits, provoquant le lessivage des couches stratigraphiques puis des ravinelements très profonds et destructifs. Les cordons pierriers placés comme dispositifs anti-érosifs sont aujourd'hui désuets et ne jouent plus leur rôle. La consolidation voire le renouvellement de ces dispositifs n'a pu être assurée de façon satisfaisante.

Cette érosion pluviale apparaît aussi sous la forme de trous béants en bordure du *tougué*; qui tendent à progresser à l'intérieur du site grâce à l'action conjuguée de l'érosion fluviale.

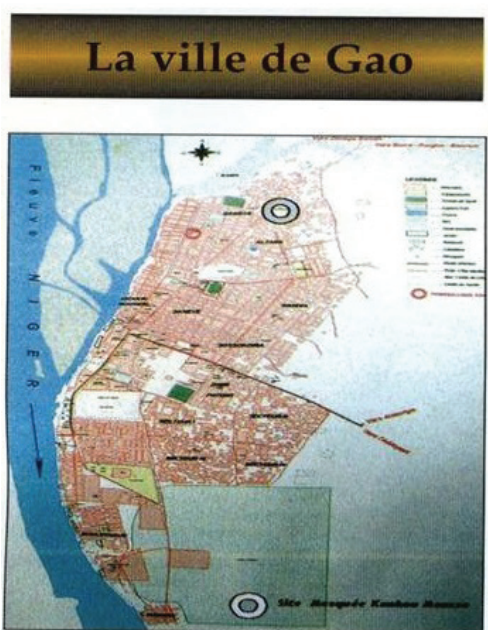


Fig. 5 Carte de la ville de Gao



Fig. 7 Le site présumé de la mosquée de Kankou Moussa

2.1.2. Les facteurs anthropiques

Les facteurs anthropiques se résument aux dégâts causés par l'homme et les animaux à savoir :

- la pression urbaine et l'urbanisation anarchique. Les sites archéologiques sont de plus en plus convoités par les spéculateurs fonciers ;
- la destruction de l'intégrité physique des sites archéologiques par les grands travaux (routiers, aménagements hydro agricoles et du territoire) ;
- la coupe abusive d'arbres constituant une haie vive protectrice ;
- la transformation des sites archéologiques en carrière de prélèvement de terre et en dépôt de carcasses d'animaux morts ;
- l'utilisation en parc à bétails et en champs de culture, y compris la présence de vergers antérieurs à l'inscription sur la Liste du patrimoine mondial ;
- un émiettement très prononcé du mobilier archéologique de surface, provoqué par les piétinements incessants (touristes, bétail, riverains) ;
- l'absence d'équipements pour l'interprétation et la lisibilité des vestiges (brochures, guide, panneau d'information, signalétique, dispositif d'interprétation) ;
- la présence d'un seul gardien pour 33 ha, ce qui ne permet pas de contrôler le phénomène récurrent de pillage.

2.2. LE SITE DE KANKOU MOUSSA

Témoin d'un épisode glorieux de l'histoire du Mali, le site de la mosquée de Kankou Moussa est actuellement menacé, victime de toutes sortes de pressions comme l'urbanisation anarchique de la ville de Gao. D'autres menaces pèsent sur le site, telles que l'érosion, l'ensablement, le manque d'entretien, l'insuffisance des mesures juridiques de protection et de promotion. A cela, s'ajoute le manque de surveillance du site et d'équipements d'interprétation. L'occupation de la ville de Gao par les djihadistes a contribué à la dégradation accélérée

Fig. 8 Les effets de l'érosion sur le site archéologique de Djenné Djeno



Fig. 9 État du site de Kankou Moussa en 2014

du site, alors qu'il devait faire l'objet de mesures de conservation préventives (fig. 9).

3. LES ACTIONS DE CONSERVATION ET DE MISE EN VALEUR

Afin de répondre aux problématiques spécifiques que pose l'architecture de terre en contexte archéologique, le Ministère de la Culture, à travers la Direction nationale du Patrimoine Culturel et avec l'appui financier de divers partenaires, a initié des actions de sauvetage.

3.1. LE SITE ARCHÉOLOGIQUE DE DJENNÉ DJENO

Dans le cadre de la conservation du site archéologique de Djenné Djeno, deux grands projets ont été menés :

- le « Projet de sauvegarde et d'aménagement du site archéologique de Djenné Djeno » financé par le World Monument Fund et exécuté de 1996 à 1997. Il a permis de faire les activités suivantes :
 - fouilles de sauvetage ;
 - mise en place de cordons pierriers comme dispositifs de lutte contre l'érosion ;
 - plantation de 3000 arbres pour la constitution d'une ceinture verte susceptible de limiter l'érosion ;
 - publication d'une brochure pour l'information et la sensibilisation des visiteurs ;
 - installation d'un panneau introductif pour l'interprétation du site.
- Le projet de réhabilitation et de préservation du site archéologique de Djenné Djeno, financé par la Fondation Prince Claus et exécuté en 2011 et 2012. Les activités suivantes ont été réalisées :
 - réalisation de dix mini barrages constitués de moellons (fig. 10) ;
 - renouvellement des cordons pierriers ;
 - mise en place de dispositifs antiérosifs constitués avec de la terre de termitières ;
 - plantation d'arbres.

Les mini barrages ont été réalisés sur les ravins et les surfaces dégradées par l'érosion. Ces mini barrages ont été construits à l'aide de moellons disposés dans du grillage (gabions). Ils ont été construits au niveau des exutoires des ravins pour permettre leur remblaiement naturel au fil du temps.

3.2. LE SITE DE LA MOSQUÉE DE KANKOU MOUSSA

Dès la fin de la première campagne de fouilles, la Direction nationale du patrimoine culturel a tenté de mettre en place des actions provisoires de conservation (fig. 11) :

- protection temporaire des vestiges mis en évidence au cours des deux campagnes de fouilles : il s'agit de la construction d'une murette de



Fig. 10 Réalisation d'un mini barrage sur le site de Djenné Djeno



Fig. 11 Des actions de conservation sur le site de Kankou Moussa

banco d'environ 1,50 m de hauteur et, en complément, de couvrir la fouille par des bâches afin de préserver les vestiges des eaux de pluies ;

- la surveillance permanente du site par un gardien ;
- la réalisation des relevés topographiques du site ;
- le nettoyage systématique de la surface du site ;
- la stabilisation des vestiges déjà découverts pour leur exploitation à des fins touristiques et académiques ;
- la confection de supports promotionnels (panneaux de signalisation, plaquette, cartes postales, etc.) ;
- la sensibilisation par des rencontres avec les parties prenantes et par la voie des médias.

Ces actions de conservation ont été complétées grâce à l'appui financier de la coopération japonaise puis française. Elles restent toutefois trop peu efficaces et force est de constater que les dégradations se poursuivent.

4. PERSPECTIVES

Dans notre volonté d'amélioration des conditions d'une bonne conservation et mise en valeur de nos sites archéologiques, il serait utile d'étudier la possibilité de :

- initier un programme d'inventaire, surtout au sud du pays ;
- poursuivre les campagnes de fouilles en initiant des chantiers écoles internationaux ;
- former les archéologues et les gestionnaires de sites à l'archéologie et à la conservation préventive ;
- nouer des partenariats avec les universités et les institutions spécialisées en vue de confronter les expériences pour une meilleure approche du terrain ;
- élaborer des programmes interrégionaux et internationaux, facilitant les échanges entre chercheurs et techniciens sur des opérations concrètes de sauvetage ;
- aménager des voies d'accès ;
- baliser le circuit touristique sur le site de Djenné Djeno en vue d'éviter le piétinement des vestiges ;
- prendre en compte les sites archéologiques dans les schémas d'aménagement du territoire ;
- obtenir des titres fonciers pour se préserver de la spéculation foncière et de l'urbanisation anarchique ;
- pour le site de Kankou Moussa, consolider ou protéger durablement les vestiges exhumés par des couvertures métalliques ;
- réaliser des documentaires, promouvoir le tourisme culturel et créer des musées de sites.

CONCLUSION

Le Mali a un fort potentiel archéologique, surtout les sites archéologiques en terre. Ce potentiel pouvant compléter la tradition orale pour la réécriture de l'histoire du Mali se dégrade inexorablement, faute de politique cohérente de conservation et de valorisation. La conservation des architectures de terre et plus particulièrement des sites archéologiques au Mali, a longtemps mis l'accent sur la recherche de solutions à certains problèmes posés par le matériau. Les différentes interventions ont cru résoudre les problèmes de dégradation des vestiges. Mais certains effets secondaires comme l'érosion due au ruissellement ou la modification de l'hygrométrie ambiante ont mal été anticipés alors qu'ils tendent à accélérer les dégradations.

Faute de moyens conséquents, suite au manque d'expérience et après les mauvais exemples d'intervention sur les sites ci-dessus cités, un accent particulier doit être mis sur la coopération scientifique, en particulier avec CRATERRE-ENSAG, institution spécialisée en architecture de terre qui pourrait aider à définir des solutions plus adaptées et durables.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Es Saïdi, Abderrahman Ben Abdallah Ben Imran ben Amir, (1900). *Tarikh Es-Soudan*, traduit par O Houdas, Paris, Leroux (Maisonneuve).
- Furon, R. (1929). *L'ancien delta du Niger*, Revue de géographie physique et de géologie dynamique.
- Gallais J. (1967). *Le Delta intérieur du Niger I et II*, Mémoires de l'IFAN, N°79, Dakar – IFAN.
- Gallais, J. (1967). *Le delta intérieur du Niger. Étude de géographie régionale*, Mémoires de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire, N°79, Dakar, IFAN.
- DNPC, MCD et CRATERRE-ENSAG (2010). *Villes anciennes de Djenné*.
- Ministère de la Culture du Mali (2005). *Carte Culturelle du mali, esquisse d'un inventaire du patrimoine culturel national*, Imprim Color.
- DNPC (2007). *Fouilles archéologiques de sauvetage sur le site de la mosquée de Kankou Moussa à Gao (Mali) résultats de la campagne 2007*.
- DNPC (2011). *Fouilles archéologiques de sauvetage sur le site de la mosquée de Kankou Moussa à Gao (Mali) résultats de la campagne 2011*.
- Keech McIntosh S. and McIntosh R. J. (1997). *Jenne-jeno, une ancienne cité africaine*, Rice University (USA).
- Ministère de la Culture du Mali (2008). *Plan de conservation et de gestion des villes anciennes de Djenné, Mali, 2008-2012*, Direction Nationale du Patrimoine Culturel.

ENJEUX DE FORMATION POUR LES SITES ARCHÉOLOGIQUES EN TERRE

AUTEUR

David GANDREAU

CRATERRE-ENSAG, France

RÉSUMÉ

L'objectif de la recherche présentée dans cet article est de mieux comprendre et interpréter les enjeux de la formation des différents acteurs engagés dans la conservation et la mise en valeur des architectures de terre en contexte archéologiques. La recherche est basée sur l'analyse d'un corpus de recommandations issues d'articles ou ouvrages de référence, de chartes internationales, de conférences sur l'architecture de terre et de programmes internationaux sur cette thématique. Ces recommandations définissent un schéma théorique de gestion du patrimoine archéologique en terre où les bonnes pratiques de fouilles et de conservation sont bien identifiées et où les compétences, les rôles et les responsabilités des acteurs sont bien partagés. Ce schéma « idéal » issu des textes est confronté à sa mise en application sur plusieurs sites, principalement en Asie, mais aussi en Afrique et en Amérique Latine. L'analyse qualitative basée sur six entrées thématiques révèle effectivement un certain nombre de disparités entre les deux schémas et met en évidence les liens de causalité avec la formation des différents acteurs.

INTRODUCTION

La mise en valeur des vestiges en terre sur les sites archéologiques, telle que nous l'entendons aujourd'hui, requiert des compétences multiples, empruntant notamment aux disciplines de l'archéologie, de la conservation, de l'architecture et de la valorisation patrimoniale. Des spécialistes de chaque domaine sont ainsi amenés à collaborer sur des projets à la fois plus nombreux et plus complexes, intégrant les apports et attentes de parties prenantes très diversifiées (Agnew et Bridgland, 2006).

Le succès de ces collaborations suppose que tous ces acteurs aient une connaissance minimale des apports de chaque discipline et des interactions possibles, ainsi qu'une bonne compréhension des processus de décision et de gestion du projet patrimonial. Or, ces connaissances, généralement acquises sur le terrain, sont encore très peu abordées dans les formations initiales et professionnelles des futurs experts.

Ces enjeux de la formation font l'objet d'une recherche approfondie dans le cadre d'une thèse engagée par l'auteur en 2013 au sein de l'Unité de recherche Architecture, Environnement et Cultures Constructives, Laboratoire CRATERRE-ENSAG. Cet article présente la méthodologie de recherche et une première synthèse des résultats.

1. MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

1.1. CORPUS DE RECOMMANDATIONS

La mise en valeur des architectures de terre en contexte archéologique s'appuie en premier lieu sur des chartes internationales intégrant les principes à appliquer en matière de fouilles archéologiques, de préservation des vestiges et de mise en valeur du patrimoine culturel pour le développement local. Les principales chartes aux-

quelles nous nous sommes référés sont :

- la charte d'Athènes¹, 1931 ;
- les recommandations définissant les principes internationaux à appliquer en matière de fouilles archéologiques, UNESCO², 1956 ;
- la charte de Venise³, 1964 ;
- la charte de Burra⁴, 1979, 1999 ;
- la charte de Lausanne⁵, 1990 ;
- la charte de Cracovie⁶, 2000 ;
- la déclaration de Paris⁷, 2011.

Ces chartes valables pour tous les matériaux de construction ne sont pas spécifiques à la terre. Elles représentent néanmoins les principaux documents auxquels peuvent se référer les États pour développer leurs politiques patrimoniales, entre autres, vis-à-vis des sites archéologiques.

D'autres recommandations issues de conférences, cette fois-ci dédiées à l'architecture de terre, viennent apporter les précisions nécessaires aux premiers documents cités. Ces recommandations proviennent avant tout des onze précédentes conférences « TERRA », qui abordent spécifiquement les problématiques d'architecture de terre. D'autres séminaires internationaux importants, dédiés à l'architecture de terre, complètent ce corpus (Achenza et al. 2009 ; Gandreau, Sadozai 2014). Enfin, sont également pris en considération les docu-

¹ <http://www.icomos.org/fr/chartes-et-normes/179-articles-en-francais/ressources/chartes-and-standards/425-la-charte-dathenes-pour-la-restauration-des-monuments-historiques-1931>

² http://portal.unesco.org/fr/ev.php-URL_ID=13062&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html

³ http://www.icomos.org/charters/venice_f.pdf

⁴ http://www.international.icomos.org/charters/burra1999_fre.pdf

⁵ http://www.international.icomos.org/charters/arch_f.pdf

⁶ <http://smarterheritage.com/wp-content/uploads/2015/03/KRAKOV-CHARTER-2000.pdf>

⁷ https://www.icomos.org/Paris2011/GA2011_Declaration_de_Paris_FR_20120109.pdf

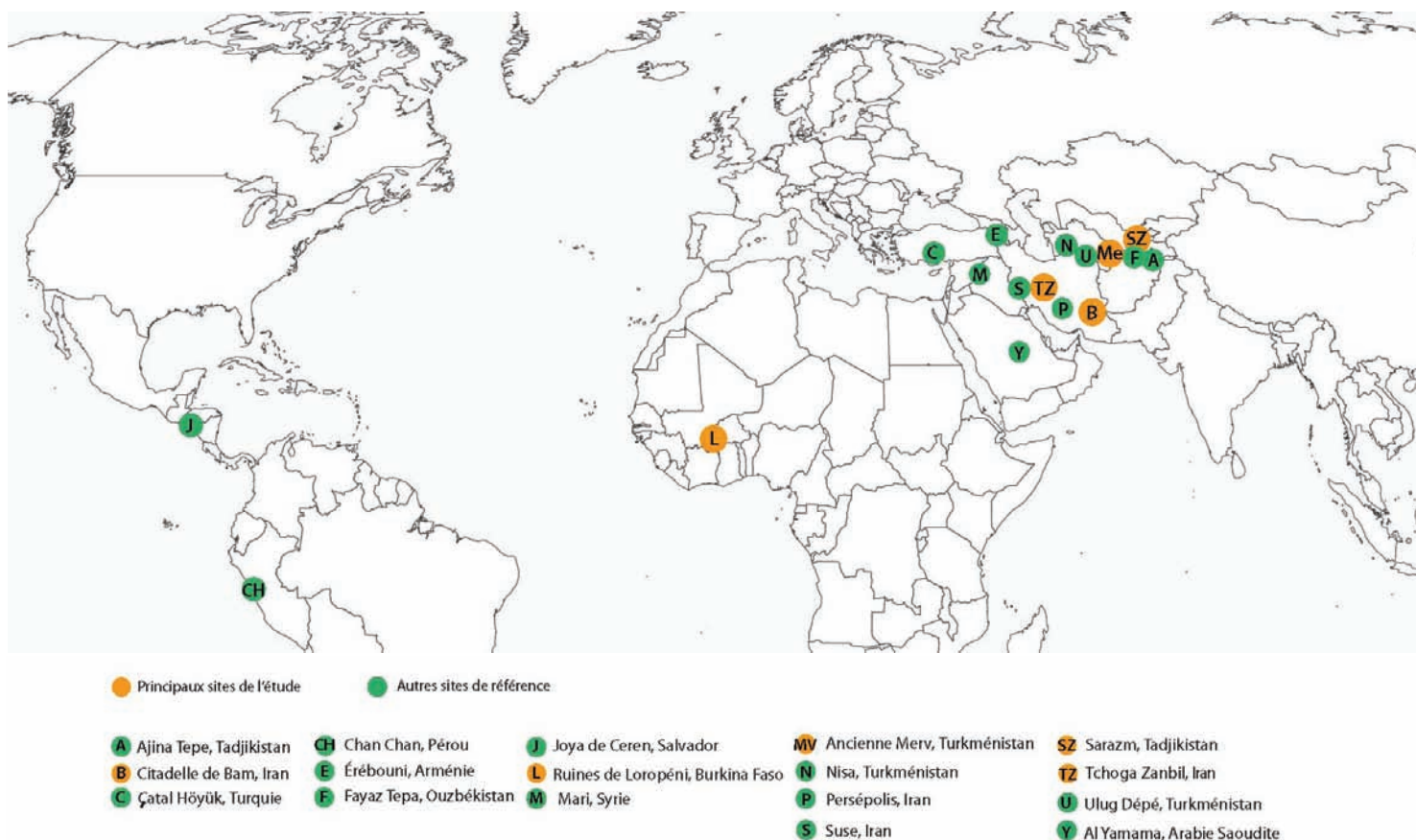


Schéma 1 Carte de répartition des sites archéologiques compris dans le corpus d'étude, image : CRAterre, Ch. Sadozai, S. Moriset, D. Gandreau, 2017

ments relatifs à trois programmes internationaux qui ont largement contribué et contribuent encore aux avancées de la discipline :

- projet GAIA, lancé en 1989, suivi du projet TERRA, 1998-2005⁸ ;
- programme CentralAsianEarth, 2002-2012⁹ ;
- programme WHEAP 2007-2017¹⁰ ;

L'analyse de ces documents nous a permis d'identifier six thématiques récurrentes en lien avec notre sujet. Nous y reviendrons plus en détail dans le second chapitre.

- Thème 1 : pluridisciplinarité et partage des rôles et responsabilités
- Thème 2 : analyse des valeurs culturelles
- Thème 3 : principes et méthodes de l'archéologie non destructive
- Thème 4 : principes et méthodes de la conservation préventive
- Thème 5 : principes et méthode de la restauration-reconstruction
- Thème 6 : mise en valeur pour le développement local

Partant de ces six thèmes, nous avons réalisé une grille d'analyse multicritères qui nous a permis de guider la recherche lors des enquêtes de terrain et des rencontres avec les acteurs.

1.2. CORPUS DE SITES

Les enquêtes de terrain réalisées à partir de la grille d'analyse portent principalement sur cinq projets pilotes où s'exercent les acteurs locaux et internationaux dans des équipes pluridisciplinaires (fig. 1 à 5). Afin d'étayer l'analyse, des rapprochements avec douze autres sites ont été réalisés (Schéma 1). Des échanges sur les thématiques de recherche ont aussi été réalisés avec de nombreux acteurs à l'occasion de rencontres scientifiques tout au long de ce travail de thèse.

⁸ http://www.getty.edu/conservation/our_projects/field_projects/terra/

⁹ <http://craterre.org/terre.grenoble.archi.fr/documentation/downloads/central-asian-earth.pdf>

¹⁰ <http://whc.unesco.org/fr/architecture-de-terre/>

2. SYNTHÈSE DE L'ANALYSE THÉMATIQUE

2.1. THÈME 1 : PLURIDISCIPLINARITÉ ET PARTAGE DES RÔLES ET RESPONSABILITÉS

Notre analyse des bonnes pratiques au regard des textes doctrinaux montre que l'une des compétences requises pour les acteurs du patrimoine archéologique en terre serait de savoir collaborer en équipes pluridisciplinaires en partageant les rôles et responsabilités. Ceci à plusieurs niveaux : entre les différents acteurs disciplinaires mobilisés sur les sites ; entre ces partenaires opérationnels et les institutions nationales en charge du patrimoine ; avec les populations locales.

Qu'en est-il sur les sites de l'étude ? Nous pouvons constater que, dans chaque cas, des équipes aux profils disciplinaires variés sont mobilisées. Des efforts de coopération entre différentes disciplines menant de front à la fois des recherches archéologiques, de la conservation et de la mise en valeur doivent aussi être surlignés sur plusieurs sites tels que Çatal Höyük en Turquie, Chan Chan au Pérou, Tchoga Zanbil en Iran, Merv au Turkménistan. Ceci reflète une nouvelle tendance positive, en adéquation avec les chartes.

Nous constatons néanmoins que même lorsque des équipes aux profils disciplinaires variés interviennent sur les sites, les activités de fouilles archéologiques et de conservation restent encore trop souvent non simultanées et les stratégies intégrant dès le départ la fouille, la conservation et la mise en valeur des vestiges, trop rares. Certaines difficultés observées de diffusion des rapports des uns et des autres et d'échanges ouverts entre les partenaires montrent également que le décloisonnement entre les disciplines est un cap rarement pleinement atteint.

Enfin, notre analyse du corpus de sites montre qu'il serait utile de



Fig.1 Façade sud du grand Kyz Kala en cours de conservation, sur le parc historique et culturel de « Ancienne Merv », au Turkménistan, photo : D. Gandreau, 2015



Fig.2 Secteur protégé par une couverture à Sarazm, Tadjikistan, photo : D. Gandreau, 2012

renforcer l'effectivité du partage des rôles et des responsabilités avec les institutions nationales et avec les populations locales. Sur les sites du patrimoine mondial, les plans d'action ne précisent pas toujours suffisamment le « qui fait quoi », rendant parfois difficile leur mise en œuvre dans la pratique. De même, les autorisations de fouille ne sont pas assez explicites sur ces notions de rôles et responsabilités sur le devenir des vestiges d'architecture. Surtout, l'analyse montre une implication trop faible des populations locales, loin des exigences attendues au niveau international.

Il apparaît également que les acteurs rencontrés n'ont pas reçu de formation particulière pour se préparer à coopérer à ces différents niveaux. Aussi, beaucoup ressentent des difficultés à appliquer la pluridisciplinarité telle que l'exigent les normes internationales dans leurs pratiques professionnelles.

2.2. THÈME 2 : ANALYSE DES VALEURS CULTURELLES

La capacité d'analyser les valeurs culturelles du patrimoine archéologique en terre, en prenant en compte les apports des diverses parties prenantes, est une seconde compétence requise par les textes doctrinaux internationaux.

Notre évaluation montre un niveau d'acquisition de cette compétence acceptable, voire satisfaisant pour les cinq principaux sites de l'étude. Pour ceux-ci comme pour les six autres biens de notre corpus également inscrits sur la Liste du patrimoine mondial, il a été demandé aux acteurs d'impliquer des groupes d'intérêt diversifiés dans le processus d'inscription, puis de renouveler régulièrement leur implication afin d'établir et de mettre à jour la signification culturelle du bien. Ce processus de gestion a permis de renforcer les capacités de ces acteurs en charge de patrimoines en terre.

Les efforts pour élaborer ou réviser les déclarations de valeurs pour les sites inscrits sur la Liste du patrimoine mondial ont aussi permis de créer des « modèles » qui se diffusent et font évoluer les connaissances sur cette notion. Les valeurs culturelles des sites archéologiques sont désormais perçues de manière diversifiées et non plus comme exclusivement scientifiques, y compris par les archéologues rencontrés. C'est ainsi que les travaux de conservation engagés sur des sites archéologiques, ne faisant pas partie de la Liste du patrimoine mondial, comme à Erébouni, Fayaz Tepa, Ulug Depe ou Ajina Tepa, ont visé à révéler d'autres valeurs, telles que les valeurs architecturales, éducatives et touristiques de ces sites.

Les témoignages recueillis nous amènent cependant à bien préciser

que ce constat plutôt positif mérite d'être nuancé, car il est valable seulement pour une sélection de sites dont les valeurs patrimoniales sont largement reconnues. Cela ne reflète pas forcément la situation générale qui doit aussi tenir compte de nombreux sites fouillés, pour lesquels la conservation n'est pas envisagée, faute de reconnaissance de leurs valeurs patrimoniales potentielles. C'est ainsi par exemple que de nombreux sites néolithiques importants, mais dont les vestiges d'architecture sont ténus et à priori peu valorisants, ne sont pas conservés après la fouille.

Pour les acteurs rencontrés, les formations sur l'analyse des valeurs culturelles du patrimoine devraient être renforcées. Ce sont souvent des compétences qui s'acquissent par l'expérience, de manière privilégiée sur des sites du patrimoine mondial, ou dans des programmes de formations très spécialisés. Cette notion est aussi trop peu abordée dans la formation initiale des archéologues qui se sentent parfois démunis lorsque, ce qu'ils considèrent à l'origine comme étant leur objet d'étude, devient potentiellement un patrimoine architectural chargé de valeurs qu'il conviendra de préserver.

2.3. THÈME 3 : PRINCIPES ET MÉTHODES DE L'ARCHÉOLOGIE NON DESTRUCTIVE

Les textes internationaux recommandent fortement aux archéologues de privilégier les méthodes non destructives, telles que la prospection géophysique, l'imagerie aérienne, les SIG, ou l'archéologie du bâti, qui se sont largement développées ces dernières décennies.

Force est de constater que cette recommandation n'est que partiellement appliquée sur les sites de notre étude où sont régulièrement menées des campagnes de fouilles archéologiques.

Les points de vue des archéologues questionnés sur cet aspect sont partagés. Pour certains, il est normal de faire des efforts pour privilégier les méthodes non destructives dans une perspective de préservation du patrimoine, parfois qualifié de « ressource archéologique » afin de la partager avec les générations futures. Pour d'autres, il s'agit plutôt d'outils intéressants pour atteindre plus rapidement les objectifs scientifiques fixés par les problématiques archéologiques, mais avec une considération moindre sur leur apport à la préservation du patrimoine. D'autres encore refusent l'idée que le principe de précaution prévale sur les objectifs scientifiques que seules les méthodes de fouille peuvent atteindre.

Nous en concluons que privilégier uniquement les méthodes non destructives est une recommandation difficilement applicable à la



Fig.3 La ziggurat de Tchoga Zanbil en Iran, photo : CRAterre, S. Moriset, 2007



Fig. 4 La citadelle de Bam en Iran avant le séisme de 2003, photo : CRAterre, H. Guillaud, 2002

lettre, tant les méthodes de fouille sont le propre de la discipline archéologique. Mais il est important de continuer à sensibiliser les archéologues sur cette question, car s'il est vrai que les pratiques de fouilles sont moins extensives et prennent plus de temps que par le passé, le nombre de d'archéologues formés à la discipline et ouvrant de nouveaux chantiers de fouille ne cesse, lui, d'augmenter chaque année. Du point de vue patrimonial, la problématique des vestiges fouillés devant potentiellement être conservés reste donc entière, même si nous sommes loin aujourd'hui des grandes campagnes de fouilles des XIX^e et début du XX^e siècle qui faisaient appel à des ouvriers par centaines, laissant après eux des hectares de vestiges à découvert, comme par exemple sur le site de Suse en Iran.

2.4. THÈME 4 : PRINCIPES ET MÉTHODES DE LA CONSERVATION PRÉVENTIVE

Une autre compétence attendue des acteurs du patrimoine archéologique en terre est de savoir mettre en œuvre les principes et méthodes de la conservation préventive pour protéger les vestiges.

D'importants progrès ont été réalisés depuis les années 1970 sur cette approche privilégiée par les experts de l'architecture de terre ainsi que par les textes doctrinaux en général. Ceci se reflète bien sur les sites du patrimoine mondial étudiés où la conservation préventive est de mieux en mieux assurée, dès lors qu'ils bénéficient d'équipes pouvant garantir régulièrement la maintenance et la prévention des dégradations.

Aujourd'hui, avec un recul conséquent sur les expériences passées, une meilleure compréhension des phénomènes d'érosion et une vision plus réaliste des possibilités et des limites de l'approche préventive, les aspects techniques sont mieux appréhendés. L'analyse des circonstances et processus de dégradation est de mieux en mieux perçue, comme un préalable à toute intervention de conservation préventive sur les sites étudiés. Les spécialistes et praticiens observent avec plus d'attention les pratiques traditionnelles de conservation et de construction avec la terre crue lorsqu'elles existent encore. Ils appuient leurs choix sur les résultats de protocoles de recherches plus fiables, alliant essais de terrain à petite et grande échelle et analyses de laboratoire.

Des interventions de bon sens, contextualisées, faciles à mettre en œuvre et peu coûteuses sont plus souvent appliquées afin de limiter les risques de dégradation de certains sites archéologiques en terre, avec un minimum d'impact sur leur authenticité. Nous en avons observé plusieurs, souvent combinées, comme par exemple les enduits sacrificiels en terre sur les parties les plus exposées des vestiges associés aux principes de drainage de la base des murs. Les spécialistes de l'architecture de terre rencontrés rappellent tou-

tefois que la conservation préventive est un concept qui exige une approche méthodologique fiable. Certaines pratiques comme les couvertures défailantes ou la consolidation chimique des surfaces, encore trop répandues, montrent que le concept n'est pas complètement maîtrisé, ni même suffisamment diffusé.

Les compétences sur la conservation préventive restent à renforcer pour de nombreux acteurs qui sont en demande de plus de documents et de formation, notamment pour pouvoir faire de la prévention au moment des fouilles. Tout comme ils ont reçu des instructions sur les « gestes qui sauvent » pour protéger les artefacts qu'ils découvrent en fouille, les archéologues souhaiteraient avoir dans leur bagage pédagogique les éléments de base pour mettre en œuvre la conservation préventive des vestiges d'architecture en terre.

2.5. THÈME 5 : PRINCIPES ET MÉTHODES DE LA RESTAURATION-RECONSTRUCTION

Dans certains cas exceptionnels et justifiés, les textes doctrinaux autorisent la restauration-reconstruction du patrimoine, tout en définissant des règles de l'art extrêmement précises et strictes.

La reconstruction est une approche assez rare sur les sites en terre étudiés, sauf à Bam en partie reconstruite depuis le tremblement de terre qui a détruit la citadelle en 2003 et, dans une moindre mesure, à Persépolis en Iran, Erébouni en Arménie et Nisa au Turkménistan, où certains édifices ont pu être reconstruits.

On relève en revanche une progression des approches mixtes, alliant les méthodes préventives visant à réduire les effets de l'érosion et des principes plus proches de la restauration-reconstruction, visant à faciliter la lecture architecturale des ruines en reprenant en élévation une partie des murs. Les travaux réalisés à Haft Tappeh en Iran, alliant enduits sacrificiels, drainage et restauration des bases de murs, illustrent bien ce principe (fig. 6).

Les arguments présentés par les professionnels ayant mis en œuvre des interventions mixtes de ce type sont à la croisée des concepts de la conservation préventive (il s'agit en premier lieu de ralentir le rythme des dégradations en maîtrisant le processus), de la restauration (justifiée car les reprises de maçonnerie réalisées en suivant les arases d'origine visent à consolider les murs) et de la mise en valeur pour le développement local (cela permet de rendre lisible des vestiges même fortement érodés et d'améliorer ainsi l'attrait pour le site). Toutefois, pour certains acteurs rencontrés, une analyse critique de ces pratiques est nécessaire, car elles entrent partiellement en conflit avec



Fig. 5 Vue aérienne des ruines de Loropéni au Burkina Faso, photo : CRAterre, T. Joffroy, 2005

les textes doctrinaux sur la restauration-reconstruction. Les outils et les critères actuels d'évaluation des projets de conservation du patrimoine archéologique devront alors être ajustés car ils ont été pensés à l'origine pour d'autres matériaux tels que la pierre, la brique ou le bois et ne prennent pas suffisamment en considération les diverses réalités techniques et sociales inhérentes à l'architecture de terre.

2.6. THÈME 6 : MISE EN VALEUR

Enfin, il est recommandé que des outils de mise en valeur respectueux de la signification et l'authenticité du bien soient développés afin d'engendrer des retombées positives pour le développement local.

Des outils minimum de mise en valeur ont été développés sur tous les sites de l'étude. Il s'agit de panneaux de signalisation, de brochures, de matériel promotionnel, de visites guidées, de communications dans les médias, d'événements scientifiques ouverts au public, ou encore de sensibilisation auprès des décideurs politiques.

Nous relevons aussi de plus en plus d'initiatives originales de médiation culturelle permettant de tisser des liens plus forts entre le patrimoine et le public. Les scolaires sont plus particulièrement ciblés, avec comme à Merv par exemple, la réalisation d'un manuel d'interprétation permettant aux enseignants de préparer les visites et d'avoir un support pédagogique de bonne qualité (Corbishley, 2005).

Dans de nombreux cas, la valorisation des sites s'est également traduite par la réalisation de centres d'interprétation ou de musées de sites comme à Merv, Bam, Persépolis, Loropéni, Nisa, Mari, Çatal Höyük, Fayaz Tepa, Erébouni et Chan Chan.

Pourtant, malgré les efforts croissants de valorisation, et à part quelques sites faisant figure d'exception (Chan Chan au Pérou, Persépolis et Bam en Iran), les sites archéologiques en terre restent encore relativement peu visités et les retombées pour le développement local encore assez faibles. De manière générale, ce patrimoine pourrait largement plus bénéficier aux populations, avec de réelles opportunités restant à explorer.

De nombreux acteurs rencontrés prennent conscience des efforts à faire, constatant que le niveau d'intérêt porté à cette architecture remonte et que le tourisme culturel en pleine croissance explore de plus en plus de nouveaux circuits et de nouveaux territoires, dans une perspective de diversification de l'offre. Sans tomber dans les déboires de la surexploitation du patrimoine devenu objet de consommation, une réflexion semble être engagée pour améliorer



Fig. 6 Principe mixte de conservation préventive et de restauration partielle des bases de murs sur le site élamite de Haft Tappeh en Iran, photo : CRAterre, D. Gandreau, 2017

la valorisation des sites et favoriser la mise en place d'un tourisme responsable et durable.

La encore, les acteurs sont demandeurs de formations et d'échanges interdisciplinaires pour approfondir ou actualiser leur connaissance sur cette thématique.

3. CONCLUSIONS : LES ENJEUX DE LA FORMATION

L'analyse thématique a fait apparaître certaines disparités entre le schéma « idéal » issu des textes et la mise en application sur les différents terrains. Nous avons pu observer que malgré de réelles avancées sur de nombreux aspects, les exigences requises ne se traduisent pas de manière totalement satisfaisante en termes de compétences sur les sites de l'étude. Les enquêtes réalisées montrent en effet que les professionnels rencontrés se sont peu à peu formés aux thématiques identifiées à travers des projets sur le terrain ou pour un nombre limité, à travers des formations professionnelles ciblées.

La formation, comme levier permettant d'améliorer les conditions d'une meilleure prise en charge du patrimoine archéologique en terre, nous apparaît donc être un axe essentiel à développer. La recherche à ce niveau se poursuit en identifiant les modalités pour donner accès aux connaissances liées aux six thèmes de l'étude, de telle sorte que chacun les intègre au minimum comme prérequis pour leur future carrière professionnelle et de sorte à créer un langage commun comme socle de la pluridisciplinarité.

L'objectif à plus long terme est de proposer des formations contextualisées permettant de faire émerger des compétences plus spécifiques dans chacune des disciplines, voire de nouveaux métiers répondant mieux aux enjeux actuels et futurs qui lient le patrimoine au développement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Achenza, M. (dir.), Correia, M. (dir.), Guillaud, H. (dir.) (2009). *Mediterra 2009. Proceedings of the 1st Conference on Earth Architecture*. Cagliari, Edicom Edizioni.
- Agnew, N. et Bridgland, J. (2006). *Of the past, for the future : integrating archaeology and conservation. In: proceedings of the conservation theme at the 5th World Archaeological Congress, Washington, D.C., 22-26 June 2003*. Los Angeles: Getty Conservation Institute.
- Corbishley, M. (2005). *Merv : a resource handbook for teachers*. London, Institute of archaeology, UCL.
- Gandreau, D. (dir.), Sadozai, Ch. (dir.) (2014). *Conservation des architectures de terre sur les sites archéologiques: nouvelles pratiques et perspectives*. Villefontaine : CRAterre. 145 p. Coll. International scientific workshop, 01.

LE RÔLE DE L'ARCHÉOLOGIE DANS LA PATRIMONIALISATION DE L'ARCHITECTURE ISLANDAISE EN TOURBE

AUTEUR

Sandra COULLENOT

Centre Max Weber (UMR 5283), Université
Jean Monnet, Saint-Etienne, France

RÉSUMÉ

L'habitat en tourbe peut se définir par sa dimension vernaculaire, sociale et spatiale mais aussi par sa valeur symbolique et mémorielle. Il peut aussi se caractériser par sa présence archéologique en s'incarnant par des traces fragiles. Cet article présente les premières avancées d'une recherche doctorale en ethnologie dont l'objectif est une ethnographie de la maison en tourbe comme élément constitutif de la narration patrimoniale islandaise. L'enquête de terrain repose sur un corpus de bâtiments, de sites archéologiques et de reconstitutions essentiellement situés en milieu rural. Elle s'appuie également sur des entretiens conduits auprès de professionnels du patrimoine (conservateurs, architectes, artisans locaux, bénévoles et artistes). Les archéologues sont aussi des informateurs précieux dans cette recherche. Depuis la deuxième moitié des années 1990, l'archéologie islandaise a déployé de nouveaux dispositifs permettant de mieux comprendre et de mieux valoriser le matériau éphémère et parfois mal connu qu'est la tourbe et qui positionne l'habitat vernaculaire islandais entre le matériel et l'immatériel. En s'attardant sur quelques sites archéologiques emblématiques, nous proposons ici de présenter différents dispositifs tentant de préserver une culture bâtie particulière et ainsi d'avancer l'hypothèse que l'archéologie tient un rôle majeur dans le processus de patrimonialisation de l'habitat vernaculaire islandais.

INTRODUCTION

La maison en tourbe est une construction traditionnelle faite essentiellement de tourbe et de bois (le plus souvent flotté) qui apparaît en Islande au IX^e siècle avec l'arrivée de colons. Ce type d'architecture, répandu dans l'Atlantique Nord, s'imposa à de nombreuses structures autres que l'habitat : églises, dépendances agricoles, passages semi-enterrés. Bien qu'il y ait différentes évolutions de la maison (du *hall* au passage central), la structure des maisons était globalement composée de deux parties : un squelette en bois enveloppé de murs en blocs de tourbe. Cette tourbe était extraite de tourbières (fig. 1) qui sont "des écosystèmes humides caractérisés par une saturation quasi permanente en eau (...)" (Cubizolle, 2007, p. 46). Les murs étaient donc appareillés avec des blocs de formes variées appelés *strengur*, *snidda* ou *klömbruhnaus* (fig. 2). Les aspects particuliers donnés aux blocs composent un habitat intimement intégré au paysage et ce mode de construction vernaculaire perdura du *landnám* (ca. 871, date de la colonisation) jusqu'à la première moitié du XX^e siècle.

1. LA FERME EN TOURBE COMME PATRIMOINE

En Islande, le patrimoine culturel ayant acquis le plus de valeur est littéraire (*Sagas*, poésie Eddique, *rímur*), matérialisé par les manuscrits médiévaux parvenus jusqu'à nous. La maison en tourbe en tant qu'objet patrimonial est plutôt vue comme une extension, avec un processus de valorisation plus problématique. Dès la fin du XIX^e siècle, la ferme traditionnelle était considérée comme insalubre. Le

matériau tourbe dont on tira pourtant les qualités constructives et économiques, devint le témoin honteux d'un pays pauvre. Vers les années 1920, avec la mécanisation des tâches agricoles et la modernisation progressive des exploitations, le choix pour la construction se tourna vers le béton. L'anthropologue islandais Sigurjón B. Hafsteinsson (2010) analyse cette époque de la manière suivante : "La vision négative jetée sur les maisons en tourbe devint à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle un argument influent dans la modernisation de l'Islande. L'élimination des maisons en tourbe se transforma en mission morale de la modernisation dans le but d'améliorer l'hygiène et le bien-être général de la population". Après la période de prospérité de l'entre-deux-guerres et après la Seconde Guerre Mondiale, les agriculteurs continuèrent à abandonner leurs fermes en tourbe devenues obsolètes car moins adaptées à une agriculture performante.



Fig. 1 Extraction de la tourbe à Tyrfingsstaðir, Nord-Ouest de l'Islande



Fig. 2 Stage de restauration d'une bergerie à Tyrningsstaðir

Si en France l'architecture en terre a trouvé une place légitime au sein des études touchant au concept de patrimoine depuis les années 1960, en Islande l'architecture en tourbe comme élément assumé du récit patrimonial a peiné à se positionner. On peut dire que la patrimonialisation de l'habitat traditionnel a débuté avec la naissance de l'archéologie. Puis des projets ont commencé à mettre en avant la *torfhús* (des projets étatiques comme *Húsaafn Íslands* en 1930 et *Árbæjasafn* en 1957 et des initiatives plus individuelles comme le *Skógasafn* de Þórður Tómasson en 1949) Quelques *Tilgátuhús* (maisons hypothétiques ou répliques) commémorant des anniversaires symboliques (millénaire de la colonisation) poursuivent le processus sans oublier les quelques lois visant la protection d'une sélection de bâtiments. Enfin, en 2011, l'Islande a proposé un projet à l'UNESCO pour inscrire la *Turf-house Tradition* au patrimoine mondial de l'humanité. Aujourd'hui une vingtaine de bâtiments (XIX^e et XX^e siècles) en élévation est protégée par *Húsaafn Íslands*. D'autres institutions officielles comme *Minjastofnun Íslands* (l'Agence du Patrimoine Culturel d'Islande), ou des organismes indépendants (*Fornverkaskólinn*, *Íslenski Bærinn*) se sont engagés dans la conservation et la valorisation de l'architecture en tourbe. Sa préservation reste néanmoins problématique : si les vestiges peuvent être envisagés de façon immatérielle (restitutions tridimensionnelles), leur matérialité reste éphémère et les bâtiments témoins nécessitent une maintenance régulière faisant appel à des savoir-faire spécifiques aujourd'hui en perdition.

Fig. 3 Vue aérienne de deux bâtiments proches de la skáli médiévale de Vatnsfjörður, Nord-Ouest de l'Islande, cliché FSÍ



2. L'ARCHÉOLOGIE ET LE PROCESSUS DE PATRIMONIALISATION DE L'HABITAT EN TOURBE : QUELQUES EXEMPLES

2.1. DES TRACES ARCHÉOLOGIQUES COMME MÉMOIRE DE L'HABITAT EN TOURBE

À l'instar du continent européen, la pratique de l'archéologie en Islande s'amorça avec des érudits qui ne purent pas s'empêcher de faire le lien entre vestiges et littérature médiévale. C'est dans les *Sagas* que les antiquaires recherchèrent des indices pour trouver des traces du passé. Depuis les prospections des premiers chercheurs et la création de *Hins íslenska fornleifafélag* (Société Archéologique) en 1879, la discipline s'est professionnalisée et a trouvé ses grands pionniers. Affranchie il y a peu de l'analogie littéraire, la pratique de l'archéologie connaît depuis les années 1990 de considérables changements techniques et idéologiques. Qu'ils travaillent pour une institution publique (*Þjóðminjasafn Íslands*, *Minjastofnun Íslands*) ou privée (*Fornleifastofnun Íslands*, *Fornleifafræðingafélag Íslands*, *Fornleifafræðistofan*), les archéologues ont depuis quinze ans fourni un nombre important de nouvelles données. Pourtant, le métier d'archéologue véhicule de nombreux clichés et il faut admettre qu'il n'est pas toujours aisé pour le public d'interpréter les traces d'un bâtiment en tourbe. (fig. 3 - 4). Malgré tout, le corpus s'est étoffé, permettant de découvrir des formes variées de bâtiments. Les chercheurs ont aussi cessé de se focaliser uniquement sur les vestiges médiévaux en se penchant également sur l'habitat de l'époque moderne. Enfin, il faut souligner la diffusion et la vulgarisation des résultats de fouilles qui offrent aux visiteurs une lecture plus claire des traces du passé, comme nous pourrions le constater dans les quelques exemples suivants.

2.2. STÖNG, LE SITE PIONNIER

Depuis les années 1860, plusieurs prospections furent réalisées dans la vallée de Þjórsa et c'est en 1897 que Daniel Brunn fit des investigations dans cette région où plusieurs fermes furent abandonnées à cause d'éruptions volcaniques. C'est à ce chercheur danois que l'on doit l'expression de "Pompéi islandais" qui caractérise cette zone sud de l'île et qui qualifie encore aujourd'hui les vestiges dont Stöng fait partie. La maison-longue qui y fut découverte figurait aussi au programme des recherches archéologiques emblématiques de 1939 menées par une expédition nordique sous la direction d'un autre danois : Aage Roussell. La fouille illustre souvent les premiers pas de l'archéologie moderne en Islande notamment en ce qui concerne l'usage de la datation par les cendres volcaniques (cf. la tephrochro-

Fig. 4 Fouille de la ferme moderne de Vatnsfjörður





Fig. 5 Le site de Stöng recouvert d'une structure en bois



Fig. 6 Panneaux et plateforme en bois autour de la skáli, juillet 2013



Fig. 7 Le site de Skálholt, avril 2013

nologie développée par le géologue Sigurður Þórarinnsson). Ainsi on fut traditionnellement convaincu que Stöng fut abandonné vers 1300 (correspondant à une éruption du Mont Hekla). Ni la forme des bâtiments, ni le mobilier archéologique ne contrarièrent cette datation jusqu'à ce que Þórarinnsson, beaucoup critiqué, propose finalement la date de 1104 (autre éruption de l'Hekla). Cette dernière devint la date référence d'abandon du site. D'autres recherches furent engagées, notamment en 1982 avec Vilhjálmur Örn Vilhjálmsson puis plus récemment, mettant en doute les travaux antérieurs ou cherchant à clarifier des résultats parfois confus. En 1960 on décida de protéger les vestiges emblématiques de la ferme sous une structure en bois et en tôles ondulées (fig. 5). Quelques panneaux et affiches avec des informations en islandais et en anglais offrent quelques éléments d'explications à l'entrée et à l'intérieur du site géré par *Minjastofnun Íslands*. Les murs sont lisibles même si la tourbe qui les recouvre commence à s'altérer. Les visiteurs peuvent librement marcher dans la maison-longue ce qui peut être un facteur de détérioration de la dernière couche fouillée par les archéologues.

À quelques mètres du site archéologique se tient une reconstitution de la ferme conçue par le peintre et historien de l'architecture Hörður Ágústsson et érigée en 1977. Cette réplique, la première de cette envergure en Islande, fut une expérimentation décidée en 1974 et devait illustrer la commémoration de la colonisation de l'île. Aujourd'hui cette réalisation est considérée comme étant surtout littéraire et semble éclipser le site archéologique. Visible depuis la route, cette restitution volumétrique est sans doute plus parlante que les vestiges originaux. Le site archéologique pourrait bientôt faire peau neuve : en 2012 les architectes Karl Kvaran et Sahar Ghadéri ont remporté un concours visant le remplacement de la structure vieillissante qui protège la maison-longue. Le projet n'a pas pour but d'être seulement un musée enveloppant les vestiges mais plutôt de prendre la forme d'un centre d'interprétation. La structure serait élaborée comme une carapace faite de modules en bois en suspension au-dessus des vestiges archéologiques. Les architectes souhaitent ainsi que le projet respecte le travail des archéologues (permettre aux futurs chercheurs de reprendre d'éventuelles investigations), l'environnement protégé et les visiteurs sans l'inscrire dans une esthétique trop recherchée.

2.3. VATNSFJÖRÐUR ET SKÁLHOLT OU LA MUSÉOGRAPHIE DE PLEIN AIR

Une première rencontre entre le chercheur et la maison en tourbe islandaise peut se faire avec la visite des *maisons-musées* (du réseau *Húsaafn Íslands* ou autre) qui sont conservées en grande majorité sur leur emplacement d'origine et aménagées afin de recevoir du public. Elles représentent l'archétype de la muséologie dite de plein air dont la Scandinavie - Norvège en tête - se fit la précurseuse dans la deuxième moitié du XIX^e siècle. Cette conservation de l'habitat in situ concerne également un certain nombre de sites archéologiques comme le montre les deux exemples suivants.

En 2003 naît un nouveau projet archéologique à **Vatnsfjörður**, hameau des fjords du Nord-Ouest. Piloté par *Fornleifastofnun Íslands* (Institut d'Archéologie), ce programme d'investigation bénéficia du soutien financier, matériel et intellectuel de nombreux partenaires locaux (le prêtre Baldur Vilhelmsson et la *Medieval Westfjords Society*), nationaux (l'*Alþingi*, l'Université d'Islande) et internationaux (NABO, l'Université d'Aberdeen). Le site se trouve dans une région isolée où l'économie, la culture, la démographie et l'environnement connurent des périodes difficiles. Pourtant, l'ensemble fermier de Vatnsfjörður montre qu'il y eut là un établissement humain florissant de la période médiévale au XVII^e siècle. Un bâtiment de l'Âge Viking (une *skáli* du X^e ou du début du XI^e siècle) fut fouillé de 2003 à 2009 par une équipe pluridisciplinaire de professionnels et d'étudiants venus du monde entier. Cette maison à trois nefs est composée de deux entrées percées dans le mur Est et d'un foyer central. Aujourd'hui, elle est recouverte de bandes de gazon, moyen le plus simple et le moins onéreux de protéger ces vestiges. Cette muséographie de plein air fut étudiée par les chercheurs du site. Même si la lecture du site peut paraître abstraite, de nombreux efforts furent fournis pour que le visiteur soit sensibilisé à l'architecture découverte ici et à son environnement proche, comme l'explique l'archéologue Karen Milek (Milek, 2009, p. 10) : "Avant tout, ce projet a pour but de transmettre nos connaissances sur le patrimoine culturel des fjords du Nord-Ouest aux habitants des communautés locales et aux visiteurs et de stimuler activement le tourisme patrimonial dans la région. L'équipe du projet a par conséquent développé un programme archéologique public comprenant une journée portes ouvertes annuelles, des panneaux multilingues sur le site et une brochure distribuée dans les centres touristiques de tout le pays et dans les hôtels de la région" (fig. 6). Le site est accessible et indiqué, mais il



Fig. 8 Landnámssýningin Reykjavík 871±2, les visiteurs face à la maison-longue, juin 2014

est difficile de savoir s'il est beaucoup visité.

Le groupe de bâtiments fouillés à **Skálholt** se situe au Sud / Sud-Ouest d'une cathédrale moderne, elle-même implantée sur des vestiges antérieurs. Pendant 700 ans, ce lieu fut le siège de l'évêché du Sud de l'Islande. Les bâtiments, dont l'excavation partielle remonte à 1893 avec Brynjulfur Jónsson, sont de différentes natures : dépendances animales, imprimerie, la résidence de l'évêque. Cette dernière, dont la phase de construction visible aujourd'hui est celle du XVIII^e siècle, est composée d'un couloir central desservant plusieurs pièces (école, dortoir, infirmerie, bibliothèque...). Cet ensemble exceptionnel est connecté à l'église par un tunnel semi-enterré (fig. 7). De nouvelles campagnes de fouilles furent organisées afin de mieux comprendre sa complexité architecturale: entre 1954 et 1958 avec K. Eldjarn, H. Christie, G. Gestsson et J. Steffensen puis entre 1983 et 1988 sous la direction de G. Ólafsson, archéologue rattaché à *Bjóðminjasafn Íslands*. Après une prospection du terrain en 1998 et une prospection géophysique en 1999, *Fornleifastofnun Íslands* (en partenariat avec *Bjóðminjasafn Íslands*, la région de Skálholt, l'Université d'Aarhus, de Stirling et de Bradford) se lança dans un grand programme de fouille à partir de 2002. Dès 2003 des informations furent proposées aux visiteurs. Le site est en milieu rural mais il est proche de la route et bénéficie de l'attraction d'une école présente à côté de la cathédrale qui marque fortement le paysage. Par ailleurs, il existe des ouvrages et des brochures consacrés au site et réalisés par les archéologues. Aujourd'hui, une petite exposition de panneaux et d'objets est installée sous l'église et invite le visiteur dans le passage semi-enterré qui chemine jusqu'aux vestiges de la maison de l'évêque. Une fois au cœur de l'ensemble, des petits panneaux indiquent le nom des différents espaces fouillés. Les dernières campagnes archéologiques permirent la mise en valeur de ce lieu important et symbolique de l'histoire islandaise. La tourbe qui recouvre et protège ce qui reste en élévation est bien enracinée mais commence à se dégrader.

2.4. LANDNÁMSSÝNINGIN REYKJAVÍK 871±2 : LA MUSÉOGRAPHIE DIGITALE

En 2001 puis en 2003 et 2004, une autre maison-longue fut fouillée aux numéros 14 et 18 de la rue Aðalstræti, au cœur de la capitale Reykjavík. Les islandais savaient qu'il y avait dans la vieille ville des vestiges importants (zone déjà fouillée en 1900 puis en 1944, 1961, et 1971-1975). Cependant, en passant à travers les vestiges modernes des XVIII^e et XIX^e siècles, les campagnes de fouilles organisées au

début des années 2000 par *Fornleifastofnun Íslands* mirent cette fois-ci à jour plusieurs bâtiments médiévaux dont un *hall* de l'Âge Viking de forme oblongue avec des murs incurvés et deux entrées. Sur le sol intérieur, on peut voir les traces de deux rangées de trous de poteaux et d'un foyer central. Particulièrement longue, la maison a une surface de 85,5 m². Les archéologues purent observer quelques caractéristiques comme l'emploi de la pierre dans les murs en tourbe. Ces pierres furent probablement appareillées sur une ou deux rangées visant certainement à renforcer la structure et prévenir l'affaissement de la tourbe.

La fouille de la rue Aðalstræti fut très médiatisée et le déroulement des travaux fut suivi par les habitants de la ville. Cette fouille fut néanmoins pressée par la construction planifiée d'un hôtel sur le site visant à redynamiser l'extrémité Sud de la rue devenue un désert urbain. Mais le projet immobilier fut remis en question lorsqu'en 2001 un comité constitué d'experts proposa au Conseil Municipal que les vestiges - trop importants pour être détruits - soient préservés. Un projet fut supervisé par une équipe pluridisciplinaire constituée d'archéologues, d'architectes, d'historiens, de biologistes, de photographes, de designers et muséographes et de spécialistes des multimédias. On ne fit pas le choix d'une muséographie de plein air mais d'une construction protectrice placée au-dessus des vestiges situés sous le sol actuel. L'idée fut de créer autour de la ruine une exposition présentant le site mais aussi l'histoire de la colonisation de Reykjavík jusqu'à son développement urbain. Le site prit le nom de *Landnámssýningin Reykjavík 871±2* (littéralement l'exposition de la colonisation). Géré par la ville de Reykjavík, il utilise des dispositifs muséographiques variés, à la fois classiques et innovants, ajustés aux ruines (fig. 8). Le hall, entouré d'un mur d'enceinte, est présenté tel que les archéologues le découvrirent en fouille. Les visiteurs déambulent autour: sur leur chemin ils peuvent glaner des informations sur la structure et son environnement (commandes de faisceaux lumineux éclairant des parties spécifiques du bâtiment, photographie panoramique insérée dans le mur d'enceinte, courts films d'animation et ambiances sonores). En plus des véritables vestiges présentés à nu et des dispositifs muséographiques traditionnels (maquette en bois, vitrines encadrées dans le mur d'enceinte présentant du mobilier archéologique...), des outils multimédias sont à disposition des visiteurs. Ainsi deux tables tactiles interactives permettent d'imaginer des reconstructions hypothétiques du bâtiment et de ses abords.

Aujourd'hui, le défi le plus complexe à relever est la conservation des vestiges de la maison. Aucun mur en tourbe n'a été jusqu'alors conservé et exposé dans un intérieur hermétique. L'air et la lumière altérant l'intégrité des murs, des recherches et expérimentations furent lancées afin de trouver la meilleure méthode de préservation. Pour ralentir la détérioration et renforcer la tourbe, on préleva des échantillons de murs pour les soumettre à toute une gamme de stabilisateurs. On décida au final de vaporiser la structure avec du *tetraethyl silicate* (mélange d'acide silicique et d'éthanol) qui, une fois introduit dans les vides des murs, joint le matériau (fig. 9).

Le projet de *Landnámssýningin Reykjavík 871±2* va au-delà de tout ce qui a pu se faire jusqu'alors en termes de présentation et de conservation de bâtiments en tourbe. Les chercheurs prirent le parti



Fig. 9 Archéologues se préparant à projeter le tetraethyl silicate, février 2007

de conserver les vestiges de la maison-longue tout en essayant de restituer son élévation avec des outils d'expérimentation digitale et de (re)construire une mémoire domestique de la vie passée de gens ordinaires. Ce projet leur aura aussi permis de questionner l'ambiguïté de la notion de reconstruction et de maintenance et de partager ces questionnements avec le public. En outre, le site est situé au cœur de la capitale et bénéficie d'une grande visibilité touristique.

CONCLUSION

Depuis les années 1990, les archéologues montrent qu'ils ont réussi à s'affranchir des sources textuelles dominantes (*Sagas...*) afin d'écrire une version nouvelle et plus pointue de l'archéologie du bâti traditionnel. Leurs apports à la connaissance de l'habitat en tourbe sont conséquents. Au-delà de l'objet maison qui leur est familier, les archéologues nourrissent un attachement particulier pour le paysage dans lequel il s'inscrit et pour ses habitants qui sont une source d'informations très précieuses.

La question de la conservation des sites excavés présentant de l'habitat est devenue une véritable aspiration de la discipline archéologique (désir de gestion, de médiation et de mise en valeur des sites) en utilisant parfois les dispositifs les plus poussés. Malgré le fait que les divers sites évoqués ici ne bénéficient pas des mêmes moyens et dispositifs de protection et de valorisation, ni de la même visibilité, chacun montre à sa façon qu'une vue intégrée de l'habitat en tourbe est impossible. De ces maisons, nous ne pouvons avoir qu'une vision fragmentée, devenue une modalité invitant le visiteur à stimuler son imagination. Pour l'y aider, certains chercheurs osent l'expéri-

mentation (*tilgátuhús*), synonyme de transgression et de risque d'un point de vue interprétatif (cf. Stöng et Eiríksstaðir). Avec les quelques exemples évoqués on comprend que l'archéologie transforme les discours autour de sites phares (Skálholt) ou crée de nouveaux lieux du patrimoine (cf. *Landnámssýningin Reykjavík 871±2* ou encore le futur projet de réalité virtuelle du site de Skriðuklaustur).

Au fil de cette recherche, il apparaît que les archéologues font parties des acteurs de la patrimonialisation dont les apports sont les plus conséquents et les plus documentés. Même si sa visibilité est relative face au tourisme de masse noyés dans les clichés Viking et face à une politique culturelle islandaise qui semble parfois désengagée, l'archéologie permet un nouveau récit patrimonial gravitant autour du bâti, susceptible d'alimenter celui qui vit dans les mémoires collectives depuis la colonisation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ágústsson, H. (1982). Inner construction of the Icelandic Turf House. Dans *West Nordic Building Customs from the Roman Period to the 19th Century*, Éditions Stavanger 1982.
- Collectif (2011). *Upp á yfirborðið : nýjar rannsóknir í íslenskri fornleifafræði*, édité par Orri Vésteinsson et al., Reykjavík : Fornleifastofnun Íslands.
- Collectif (2009). *Vatnfj rður 2008, Framvinduskýrslur/Interim Report*, Édité par Karen Milek, FS426-03098 Reykjavík.
- Cubizolle, H. et al. (2007). *Origine, fonctionnement et conservation des tourbières*, Actes du colloque du château de Goutelas 5-7 octobre 2005, Éditions Université de Saint-Étienne.
- Dugmore, A.J., Church, M.J., Mairs, K.-A., McGovern, T.H., Perdikaris, S. et Vésteinsson, O. (2007). Abandoned farms, volcanic impacts, and woodland management: revisiting Þjórsárdalur, the "Pompeii of Iceland". Dans *Arctic Anthropology* vol. 44, No.1.
- Friðriksson, A. (1994). *Sagas and Popular Antiquarianism in Icelandic Archaeology*, Worldwide Archaeology Series 10, Avebury.
- Hafsteinsson, S. B. (2010). *Museum politics and turf-house heritage*, Félagsvísindastofnun Háskóla Íslands.
- Lucas, G. (2004). *Archaeological investigations at Skálholt 2003*, Institute of Archaeology, Iceland, Reykjavík.
- Ólafsson, G. et Ágústsson, H. (non daté). *The Reconstructed Medieval Farm in Þjórðalur and the development of the Icelandic turf house*, Édité par Sigrún Kristjansdóttir.
- Riede, F. et Thastrup, M.B. (2013). Tephra, tephrochronology and archaeology – a (re-)view from Northern Europe. Dans *Heritage Science* 2013 vol.1.
- Vésteinsson, O. et Þorláksson, H. et Einarsson, Á. (2005). *Reykjavík 871±2, Landnámssýningin, The Settlement Exhibition*, Édité par Bryndís Sverrisdóttir, Minjasafn Reykjavíkur (Reykjavík City Muséum).
- Vésteinsson, O. (2004). Icelandic farmhouse excavations: field methods and sites choices. Dans *Archaeologia Islandica 3, Rit Fornleifastofnunar Íslands 3, Occasional Papers on Icelandic Archaeology*, Fornleifastofnun Íslands, Reykjavík.

CONSERVATION ET MISE EN VALEUR DE LA FORTERESSE D'IKAROS AU KOWEÏT

AUTEUR

Emmanuelle DEVAUX

Institut français du Proche-Orient, France

RÉSUMÉ

La forteresse hellénistique d'Ikaros, édifée en briques crues et grès marin maçonnés au mortier de terre, est fouillée depuis une soixantaine d'années. Les nombreuses excavations ont complexifié la topographie du site et engendré de graves désordres structurels puisque la plupart des fouilles n'ont pas bénéficié de protection des vestiges. Le manque d'entretien et le sel ont abimé le site ; sa lisibilité et sa compréhension sont difficiles, plusieurs sondages et phases chronologiques apparaissant simultanément. Enfin, la circulation des visiteurs est alambiquée. Aussi, nous avons pour objectif la collaboration entre archéologues et architectes pour freiner la dégradation de la forteresse et rendre sa visite plus didactique.

Depuis 2011, une stratégie combinant fouille archéologique et programme de conservation est mise en place. Grâce à une expertise globale, nous avons posé les grandes lignes de notre programme de conservation et de formation d'ouvriers spécialisés. Notre stratégie, fondée sur une méthodologie d'interventions d'urgence de plusieurs degrés et à caractère réversible, nous a permis d'effectuer un échantillonnage des techniques et matériaux. Ces derniers pourraient être préconisés pour la restauration du site entier, candidat à l'inscription sur la Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO, dans l'éventualité de l'élaboration d'un plan de gestion et d'action avec le NCCAL¹.

INTRODUCTION

La forteresse hellénistique d'Ikaros, dénomination antique de l'île de Failaka, est fouillée et étudiée depuis de nombreuses années sans que, jusqu'à récemment, les archéologues ne se préoccupent de ses modalités de conservation. C'est grâce à la création en 2011 de la Mission Archéologique Franco-Koweïtienne de Failaka (MAFKF, créée par Dr. M. Gelin-CNRS et Sh. Shehab-NCCAL, dir. E. Kienle-IFPO/J. Bonnéric-IFPO et A. Al Youha/S. Duwish-NCCAL), qu'un programme préventif a débuté. Mission soutenue par l'Institut français du Proche-Orient (Ifpo), le NCCAL, le *Department of Antiquities and Museums of Kuwait* (DAMK), le mécénat de Total Koweït et la Fondation Total. Depuis 2011, un large public a pris connaissance de son histoire et de ses récentes découvertes archéologiques grâce à une politique active de communication (Gelin, 2012-2014).

Dans la foulée de ce programme préventif une nouvelle ère s'est ouverte pour la protection et la mise en valeur des patrimoines de l'île. En 2013, le NCCAL a déposé une candidature d'inscription sur la liste indicative nationale auprès de l'UNESCO, en vue de l'inscription du bien sur la Liste du patrimoine mondial. Un projet de plus grande envergure pouvait alors être mené. Il devenait urgent de mettre en évidence les problématiques liées à la conservation et à la présentation du site, en lien avec les acteurs concernés.

Au préalable, il est nécessaire de comprendre le contexte global de la forteresse pour mesurer l'importance de l'histoire qui s'y est jouée et l'intérêt qu'il y a à préserver son patrimoine. Ensuite, il est indispensable d'appréhender le cheminement déjà effectué par la MAFKF

et les autorités koweïtiennes, depuis la mise en place d'actions d'urgence jusqu'au choix de solutions durables (Gelin, 2014). Enfin, la genèse et la mise en place d'un véritable programme pérenne de gestion et de conservation pour l'ensemble de l'île et plus spécifiquement pour sa forteresse est présenté.

1. CONTEXTE DE LA FORTERESSE D'IKAROS

1.1. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET HISTORIQUE

La forteresse hellénistique (Tell Sa'id) est érigée sur la côte sud-ouest de l'île de Failaka-Ikaros, située dans un archipel, à environ vingt kilomètres à l'Est de Koweït City. D'une superficie d'une quarantaine de kilomètres carrés, l'île domine les eaux moyennes du Golfe arabo-persique à une hauteur de 8 m. Elle se trouve proche du débouché du confluent de l'Euphrate et du Tigre, le Shatt El Arab, entre Méditerranée et Océan Indien, Mésopotamie et Asie Centrale, sur le tracé probable d'anciennes routes commerciales. De plus, son sol est doté d'une rare richesse, l'eau douce. Ces particularités qui lui confèrent une position à la fois privilégiée et stratégique ont grandement favorisé le développement de son occupation, dès le 2^e millénaire av. J.-C., jusqu'à nos jours. Ainsi plusieurs sites (fig. 1) datés entre l'âge du Bronze et le 5^e siècle av. J.-C. côtoient cette forteresse fondée par Antiochos I^{er}, en vue de contrôler la frontière de l'empire séleucide et les routes commerciales maritimes du Golfe. Ses principales phases d'existence et d'activité vont du 3^e s. av. J.-C. jusqu'au 1^{er} siècle av. J.-C., puis elle est occupée ponctuellement jusqu'à son extinction vers le 1^{er} siècle ap. J.-C.

¹ National Council for Culture, Arts and Letters



Fig. 1 Répartition des sites archéologiques sur l'île de Failaka, image : H. David-Cuny

1.2. CONTEXTE PATRIMONIAL

Cette place forte, quadrilatère de quatre-vingt-dix mètres de côté, est construite à l'aide de matériaux fragiles et sensibles aux intempéries, briques de terre crue et grès marin. Dotée d'un puissant système défensif et entourée d'un fossé maçonné de pierres, elle comprend également des édifices civils et deux temples, ainsi qu'un puits antérieur à son édification. De 1958 à 2009 la forteresse a été partiellement fouillée par diverses équipes internationales (danoise, américaine, koweïtienne, française, grecque), les excavations ayant fortement modifié et complexifié la topographie initiale du site. En effet, la plupart d'entre elles n'ont pas été parachevées par un rebouchage des zones de travail ou une protection des vestiges. Elles n'ont pas non plus été accompagnées d'une réflexion portant sur la gestion des déblais de fouilles et leurs possibles incidences sur la morphologie du site. Ce sont ces manquements qui ont en grande partie engendré les problématiques actuelles de conservation (fig. 2).

2. LES PROBLÉMATIQUES DE PRÉSERVATION ET PRÉSENTATION DU SITE

2.1. PRÉSERVATION DU SITE

Jusqu'à présent, les missions archéologiques travaillant au Koweït ne sont pas soumises à une obligation de protéger les vestiges découverts. Toutefois la précédente mission française avait entrepris en 2004 des actions ponctuelles de préservation. Puis c'est la mission franco-koweïtienne qui a systématisé cette pratique à partir de 2011. Tout d'abord en prenant en charge seule les vestiges du site les plus en danger. Ensuite en s'entourant de spécialistes en conservation. Ainsi, dès l'année suivante, un architecte spécialisé en patrimoine, Dr. M. Bendakir, est venu effectuer une étude de faisabilité pour un plan de conservation. Puis, à partir de 2013, c'est l'architecte E. Devaux (Ifpo), qui a intégré l'équipe archéologique et pris en charge la responsabilité de la conservation de l'ensemble du site. Dès 2014 des actions ont été menées, exclusivement sur les secteurs fouillés par la MAFKF, en leur apportant des mesures de protection d'urgence au cours et à la suite des fouilles annuelles. En parallèle, la politique du NCCAL évolue positivement et continuellement puisque depuis quelques années, il œuvre activement en faveur du patrimoine national et a mis en place une première mesure conservatoire sur l'île de Failaka : clôturer une à une la totalité des zones archéologiques pour les protéger des intrusions. Par ailleurs, le Koweït poursuit résolument sa stratégie patrimoniale. Le gouvernement a entrepris un vaste projet de conservation et de présentation des vestiges archéologiques

du sud-ouest de l'île, dont deux sites de l'âge du Bronze, Tell Saad-F3 et le secteur F6, ainsi que la forteresse hellénistique. Dans ce cadre, le NCCAL a déposé à l'UNESCO en 2013 une liste indicative recensant les biens qu'il souhaiterait voir bénéficier d'un classement au « Patrimoine Mondial », au titre du critère (iii) : « apporter un témoignage unique ou du moins exceptionnel sur une tradition culturelle ou une civilisation vivante ou disparue ».

2.2. PRÉSENTATION DU SITE

Actuellement des vestiges de la forteresse (de sa création jusqu'à son abandon) apparaissent simultanément, brouillant la compréhension distincte des édifices et des phases d'occupation. À cela s'ajoute la présence de nombreux sondages archéologiques non rebouchés, perturbant l'ensemble. La première étape indispensable à une réflexion sur la manière de présenter ce site au public se trouve dans l'élaboration d'un projet en étroite concertation entre archéologues et architectes. Cette collaboration, déjà amorcée, permet de mettre en exergue, d'une part, les priorités historiques : ce qui doit rester visible pour être présenté et ce qu'il serait souhaitable de restituer en partie pour une meilleure lecture du site ; d'autre part, les priorités et contraintes techniques : ce qui est en danger immédiat ; ce qui peut rester à l'air libre ; ce qui doit être à nouveau enseveli et ce qu'il est possible ou non de restaurer ou consolider. Pour fonder cette présentation, il est évidemment essentiel de disposer de la documentation scientifique réalisée depuis les premières fouilles et actions préventives de conservation. En effet, nous sommes ici face à une question d'ordre éthique. Ce qui sera donné à voir se doit d'être soit conforme à l'état des vestiges lors de leur découverte, soit le résultat d'une restitution impérativement étayée par de solides études archéologiques, techniques et constructives la justifiant.

3. MÉTHODOLOGIE ET PHASES D'INTERVENTIONS

Notre ligne de conduite actuelle est donc de mener, autant que possible, un projet associant la conservation aux fouilles archéologiques. Celui-ci peut se découper en phases dont les deux premières, antérieures à 2012, ont dicté les bases de notre méthodologie. La première phase à considérer est plutôt une « phase de vie » de la forteresse puisqu'elle consiste en une succession de périodes de fouilles actives et d'abandons, s'étalant sur une soixantaine d'années. En réaction à cette longue première phase, une deuxième phase prend naissance avec les premières interventions préventives prises en charge par des archéologues au cours de leurs campagnes de fouilles et en parallèle de leurs travaux de recherches archéologiques. C'est lors de cette phase que les archéologues ont pris conscience que, pour des raisons de connaissances techniques et de temps limité sur le terrain, il était difficilement envisageable pour eux de continuer seuls face à l'ampleur de la tâche. Ainsi, à l'issue de la campagne de 2011, Dr. M. Gelin, qui tente, en plus de son travail archéologique (Gelin, 2010),

Fig. 2 Forteresse en 1960, photo : © Moesgaard Museum Aarhus, et 2009, photo : Y. Guichard ©DAMK



de freiner le processus de dégradation du site, a décidé de mettre en place une méthodologie d'intervention pour les campagnes à venir, grâce à l'appui de spécialistes en architecture et conservation du patrimoine pouvant se dédier exclusivement à cette activité.

3.1. PHASE D'ÉTUDE PAR DES SPÉCIALISTES EN ARCHITECTURE DE TERRE ET CONSERVATION DU PATRIMOINE (DEPUIS 2012)

Pour cette troisième phase, une étude globale de la forteresse a été réalisée afin de dresser des constats annuels, d'enregistrer les phénomènes de dégradation et de documenter les nouvelles interventions de protection effectuées. Ainsi, des spécialistes ont été affectés à ces problématiques : en 2012, Dr. M. Bendakir (Architecte) et M. Imbert (restauratrice), puis à partir de 2013, E. Devaux (Architecte, Ifpo). Deux premiers documents fondamentaux ont alors été élaborés : tout d'abord, un premier état des lieux général a été réalisé, décrivant dans le détail les maçonneries et leur état de conservation ainsi que les principaux parcours empruntés par le ruissellement des eaux pluviales. Puis, des axes d'orientation pour la mise en place d'un plan de gestion ont été proposés pour la conservation des sites de Faïlaka. Enfin, en se fondant sur ces documents, un programme d'interventions a débuté, que nous continuons à développer.

3.1.1. État de conservation et menaces

Depuis 2013, la majorité du travail de conservation se déroule prioritairement sur nos propres secteurs de fouilles et secondairement sur ceux fouillés antérieurement. Cette même année, une forte tempête a considérablement aggravé l'état du site et provoqué l'effondrement, partiel ou total, de plusieurs murs fragiles. Malgré tout, ces intempéries nous ont permis d'affiner nos observations sur les directions des écoulements d'eau, d'apporter immédiatement des solutions pour les détourner et de nous apercevoir aussitôt de leur efficacité ou des améliorations à apporter. Ainsi, les plans suivants ont pu être créés ou complétés et continuent d'être mis à jour : zones d'accumulation des eaux et des écoulements (en 2012 et évolutions suivant nos interventions jusqu'en 2015) ; murs-canaux mis en place de 2011 à 2015 ; murs effondrés depuis 2004 et en danger en 2015 ; zones d'interventions en 2004 et de 2011 à 2015. Après les hivers 2013 à 2015, nous avons pu constater que les zones protégées par nos soins avaient été peu affectées. Cependant, nous avons remarqué que certaines de nos interventions n'étaient pas optimales. Ces évaluations annuelles sont donc primordiales pour pouvoir continuer à perfectionner nos techniques et à avancer dans notre projet de conservation.

3.1.2. Identification et compréhension des facteurs et processus de dégradation

À la suite de l'identification des phénomènes de dégradation, afin d'y remédier, il a été nécessaire de comprendre leurs processus de formation et donc d'étudier les différents facteurs de dégradation qui

Fig. 3 Le fossé en 1950, photo : © Moesgaard Museum Aarhus, et 2013, photo : ©MAFKF



Fig. 4, Méfaits du ciment blanc empêchant l'évaporation de l'humidité, photo : MAFKF

sont majoritairement de deux ordres : naturel et humain. Les principaux facteurs naturels d'érosion (fig. 3) sont l'action directe de l'eau de pluie ; les ruissellements superficiels et profonds, les stagnations et infiltrations ; l'érosion éolienne et la végétation ; le sel présent dans les matériaux de construction et dans le sous-sol ; la forte humidité de l'air. Les principaux facteurs liés à l'action humaine sont de deux types. Premièrement l'activité archéologique est irrémédiablement destructrice, en l'absence de programme de conservation initialement associé. Les excavations réalisées depuis des décennies ont laissé derrière elles, d'une part, des sondages se remplissant d'eau de pluie et créant des poches de rétention d'humidité au pied des maçonneries mises au jour et non protégées, causant leur destruction progressive, d'autre part, des résidus de démolitions accidentelles de murs en briques crues, par méconnaissance du matériau. Deuxièmement les interventions de protection sont néfastes, lorsqu'elles sont inappropriées ou réalisées avec des matériaux inadaptés. Les mesures précédemment mises en œuvre se sont avérées particulièrement destructrices. L'installation d'une toiture partielle, conçue sans mesure d'évacuation des eaux, projette la pluie sur les vestiges avoisinants et ceux qu'elle est censée protéger. Les consolidations et réfections au ciment blanc empêchent les murs de respirer et provoquent à terme la désintégration du cœur des maçonneries. L'application de ciment blanc sur les bermes leur donne l'aspect de murs consolidés et complique leur identification. Tout cela entache la lecture du site et masque tout contact stratigraphique entre les structures (fig. 4).

3.2. FORMATION ET PHASE D'EXPÉRIMENTATION (DEPUIS 2013)

3.2.1. Formation des ouvriers

En parallèle de nos actions techniques, nous menons des opérations théoriques et pratiques afin de sensibiliser les ouvriers du site aux bonnes pratiques de la conservation patrimoniale. Ainsi l'ouverture du chantier débute par une visite de la forteresse qui leur est dédiée et où l'aspect historique tout comme les intérêts scientifiques leur sont exposés. Des exemples de restitutions et de restaurations effectuées sur d'autres sites leur sont également présentés. Ce premier contact avec leur futur contexte de travail permet non seulement d'aiguiser leur curiosité, leur intérêt, le soin qu'ils vont porter à leurs futures tâches, mais encore de créer une relation de confiance et une cohésion d'équipe. Au terme de la première semaine d'activité, les ouvriers les plus intéressés et compétents sont désignés pour être formés en vue de superviser de petites équipes. Ces responsables, encadrés de manière constante par la mission, peuvent ensuite être considérés comme expérimentés, autonomes et capables de guider des ouvriers moins qualifiés (fig. 5). Notre but est d'arriver à constituer une équipe pérenne de superviseurs opérationnels dès l'ouverture des chantiers et de pouvoir proposer au NCCAL des ouvriers qualifiés qui pourraient prendre en charge l'entretien du site durant l'année.

3.2.2. Différents types et degrés d'interventions d'urgence

En premier lieu, nous avons établi systématiquement autour et aux



Fig. 5 Tâches effectuées en autonomie par les ouvriers, image : J.Humbert, E. Devaux ©MAFKF

abords de nos zones de travail, un système de drainage en surface qui oriente et évacue les eaux pluviales grâce à un réseau de banquettes façonnées en terre, et fondées sur des pierres pour les plus importantes (fig. 6). Cependant, un projet global de drainage pour tout le site doit être élaboré et va impliquer d'importants rebouchages. Ces choix définitifs devront être le résultat d'un accord entre le NCCAL et les archéologues puisqu'ils auront un impact sur l'aspect, la perception et la lecture du site. En deuxième lieu, nous avons recours à un certain nombre de protections et consolidations provisoires (fig. 7-8-9), toutes à caractère réversible telles que : le bâchage des zones en cours de fouilles lors d'intempéries ; le remplissage à l'aide de sacs de sable, géotextile et terre, des zones fouillées entre chaque campagne annuelle ; le rebouchage de sondages avec le dépôt préalable de marqueurs modernes au fond ; le renforcement de structures à leur base grâce à des sacs de sable, parpaings de terre cuite ou pierres de grès marin ; l'injection de mortier de terre au cœur de maçonneries ; l'application d'enduits sacrificiels protecteurs en terre ; l'éayage avec de petites structures en bois.

3.2.3. Mise en place d'une restauration-test : la tour Nord 2

En 2014, en plus des habituels travaux de préservation et consolidation d'urgence, nous avons choisi la tour 2 comme zone de test afin d'évaluer la pérennité d'une restauration après un hiver complet sans protection de géotextile recouvert de terre meuble. Les zones défaillantes des maçonneries de cette tour ont été consolidées au mortier de terre, son arase légèrement retravaillée afin d'éviter toute stagnation d'eau pluviale et la totalité de ses faces externes recouvertes d'un mortier de terre puis d'un badigeon de terre. Ce dernier



Fig. 6 Système de drainage et d'évacuation de l'eau en surface, photo : Y. Guichard ©DAMK

a été finalisé par un passage à l'éponge et à la brosse, puis laissé à nu durant une année. À notre arrivée en 2015, nous avons découvert que la «restauration test» avait bien résisté durant l'année et que seul un sillon, sur la face Nord, s'était créé à cause d'un point faible canalisant les ruissellements. Cependant, seul l'enduit sacrificiel a été atteint. Nous avons donc procédé à la rénovation de l'enduit sur cette zone et avons retravaillé l'arase de la tour afin que l'eau de pluie se répartisse plus uniformément (fig. 10). Pour la seconde année consécutive, cette «restauration test» est laissée à nu afin d'évaluer la durée de vie de son enduit sur deux ans.

3.3. PHASE DE CONSERVATION PROGRAMMÉE : ÉVOLUTIONS ET PERSPECTIVES

Conscients de la nécessité d'établir un plan de conservation programmée, nous savons également que nous allons continuer à nous heurter à un certain nombre d'obstacles. En effet, en matière de conservation, il n'existe pas de « guide à tout faire » applicable « en série », surtout face à un site complexe où chaque vestige est un cas particulier. D'autre part, il est primordial que toutes les parties s'accordent pour concilier « bonnes pratiques patrimoniales internationales » (UNESCO) et critères esthétiques de présentation au public, qui sont imprégnés des valeurs propres aux cultures locales. Cependant notre projet de conservation arrive à présent à une phase clef de son déroulement qui, pour continuer à être viable, nécessite une planification et une gestion à long terme. La majorité des problèmes techniques et freins ont été identifiés et nos objectifs sont clairs concernant nos zones de travail. Nous avons déjà évolué techniquement puisqu'en 2015 tout le matériel professionnel que nous avons commandé nous a été fourni afin d'accéder à un travail de meilleure qualité : une



Fig. 7 Protection ponctuelle de zones fouillées avec des bâches plastique, photo : ©MAFKF

bétonnière, une citerne d'eau aux abords directs du chantier, la livraison de sable et de terre par camion-benne, un tractopelle pour l'évacuation des déblais, ainsi que nombre d'outils spécifiques aux travaux de maçonnerie et restauration. À présent il serait souhaitable, en collaboration avec le NCCAL, d'établir un plan de conservation qui ancrerait le programme et le déroulement de nos futures interventions. Ainsi, nous pourrions poursuivre nos activités et renforcer nos capacités, accompagnés d'une équipe stable toujours composée d'archéologues, d'architectes et conservateurs, de maçons spécialisés et expérimentés ainsi que d'ouvriers.

Les actions réalisées jusqu'à présent à la forteresse hellénistique d'Ikaros ne sont, nous l'espérons, que les prémices d'un vaste programme à venir. Depuis 2013, nous sommes passés d'une phase de « solutions d'urgence » pour atteindre, dès 2014, l'étape de la phase « test » avec la restauration d'une tour et la validation de cette expérience en 2015, même s'il est encore possible de l'optimiser. En fonction de la pérennité et de la qualité des résultats que nous continuerons à obtenir il

Fig. 8 Protection des secteurs fouillés entre deux campagnes, photo : ©MAFKF



Fig. 9 Consolidation et protection réversible sur le rempart nord, photo : ©MAFKF

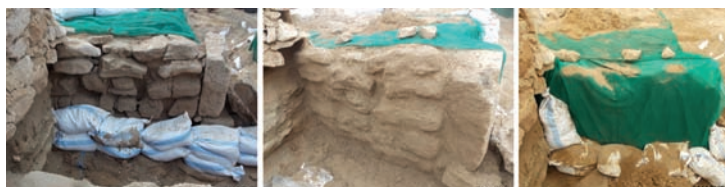


Fig. 10 Réfections 2014 et 2015 au mortier de terre laissé à nu, Tour 2, photo : ©MAFKF

conviendra de passer par d'autres phases d'essais plus approfondis et toujours *in situ*, avant de planifier des interventions plus lourdes. Celles-ci devront s'inscrire dans un programme complet, détaillé et planifié. En effet, la gestion et la planification sont les clefs indispensables à la pérennité des mesures conservatoires qui seront mises en œuvre. C'est donc une véritable politique de conservation à l'échelle locale, telle que l'a engagée le NCCAL, qui doit continuer à prendre forme. Bien que le chemin à parcourir reste long, nos efforts et investissements humains commencent à porter leurs fruits. Nous pouvons à présent espérer que, dans un avenir proche, nos opérations ponctuelles de sauvetage laisseront place à un projet plus vaste et à une réflexion d'ensemble sur la mise en valeur des divers sites de l'île qui, nous en sommes convaincus, représentent un intérêt scientifique et patrimonial sans précédent.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Gelin M. (2010). Conservation et mise en valeur du patrimoine archéologique au Proche-Orient : quelques réalisations de missions archéologiques, Dans *Journal of Historical, Philological and Cultural Studies* 27-1, En l'honneur des 75 ans de Guénadi Andréievitch Koshelenko, Académie des Sciences de Russie, Moscou-Magnitogorsk-Novossibirsk, p. 62-84, pl. 1.

Gelin M. (2012, 2013, 2014). De retour de mission... Failaka au Koweït (1, 2 et 3), Dans *Les Carnets de l'Ifo, La recherche en train de se faire à l'Institut français du Proche-Orient*. [En ligne] <http://lifo.hypotheses.org/2908,14929> et [16123](http://lifo.hypotheses.org/16123).

Gelin M. (2014). The Hellenistic settlement in Failaka-Ikaros Island. New research of the Kuwaiti-French archaeological mission, Dans *Actes du colloque Kuwait through the ages, through monumental witnesses and historical sources*, Koweït (sous presse).

Pour des compléments d'informations : <http://www.nccal.gov.kw>

FORMULACIÓN DE MORTEROS DE INYECCIÓN DE TIERRA

AUTORES

Clemencia VERNAZA

Claudia CANCINO

Leslie RAINER

Getty Conservation Institute, Los Angeles, USA

Hugo RIVERA ROSSELL

Rotney ABRILL

Huberto GUTIÉRREZ

Ministero de Cultura Perú

RESUMEN

La iglesia de Santiago Apóstol - de ahora en adelante iglesia de Kuño Tambo - es una de las cuatro edificaciones tipo del Proyecto de Estabilización Sismorresistente (SRP por sus siglas en inglés) del Getty Conservation Institute (GCI). El SRP tiene como principal objetivo combinar técnicas y materiales de construcción tradicionales con métodos de avanzada tecnología con el fin de diseñar técnicas que mejoren el desempeño sísmico de las edificaciones históricas de tierra en el respeto de sus materiales originales. La Iglesia de Kuño Tambo cuenta además con pinturas murales, lo que implica que la implementación de técnicas sismorresistentes sea un gran reto. Uno de los desafíos es su consolidación in situ, antes del inicio de la obra de estabilización sismorresistente, para evitar así el desprendimiento de las pinturas, práctica común en América Latina. Con este objetivo, el GCI - en colaboración con la Dirección Desconcentrada de Cultura del Cusco, Perú (DDC-C) - diseñó una metodología para la formulación y uso de un mortero de inyección de tierra compatible con los materiales de las pinturas murales. Esta metodología, que incluye la documentación, análisis de condiciones y pruebas in situ, puede ser reproducida para la formulación de otros morteros de inyección de tierra en lugares similares.

INTRODUCCIÓN

La iglesia de Kuño Tambo (fig. 1) es la construcción más importante de la comunidad campesina del mismo nombre, localizada en la provincia de Acomayo al sureste de la ciudad de Cuzco. Propiedad de la Arquidiócesis de Cuzco, ha sido utilizada de manera continua como lugar de culto desde su construcción en el siglo diecisiete. Construida con muros gruesos y contrafuertes de adobe y sobre-cimiento de piedra, cubierta de madera a dos aguas (*par y nudillo*) y con una superficie de 500 m², presenta la tipología y características de diseño y materiales típicos de las iglesias rurales de la región. Aun cuando ha sido objeto de modificaciones y deterioros, todo parece indicar que ha conservado su configuración arquitectónica, volumetría y decoración, así como la mayoría de sus materiales originales. El interior de la iglesia está recubierto con pinturas murales que representan tapicerías, marcos en trampantojo, frisos con vasijas y ángeles y pintura figurativa (santos Pablo y Pedro y los evangelistas). La pintura mural está conformada por un revoque de tierra con enlucido de yeso y capa pictórica aglutinada con cola animal. Presenta importantes desprendimientos y lagunas (fig. 2).

En general, la estructura de la edificación está en buenas condiciones pero el estudio constructivo indica que el desempeño estructural se

encuentra en riesgo debido a filtraciones, conexiones rotas o inadecuadas de la armadura, pérdida de varios contrafuertes exteriores y asentamiento de los cimientos debido a la erosión (Cancino et al., 2013).

Estas condiciones han afectado las pinturas murales a tal punto que se hizo necesaria una consolidación de las mismas previa al inicio de las obras de estabilización sismorresistente. Con el fin de ofrecer propuestas de consolidación adaptadas al sitio, se llevó a cabo una completa documentación de las condiciones de las pinturas murales y el análisis de sus componentes.

1. CONTEXTO Y PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

Las pinturas murales de la iglesia de Kuño Tambo han sufrido principalmente el deterioro provocado por la pérdida de la cubierta y la presencia de grietas estructurales, lo que ha ocasionado que, durante época de lluvias, el agua penetre al interior de la iglesia debilitando los revoques de tierra y enlucidos, generando el desprendimiento de las interfaces de los estratos y, en algunos casos, la pérdida total de la capa pictórica.



Fig. 1 Iglesia de Kuño Tambo, foto: Para el GCI, Wilfredo Carazas, 2010

Es importante mencionar que los restauradores de la región han sido formados siguiendo la metodología de intervenciones para pintura mural vigentes después de las inundaciones de Florencia, Italia, en 1966, la cual consistía principalmente en el desprendimiento de las pinturas murales para ser consolidadas en el taller o en laboratorio (Ferrer Morales, 1998).

Sin embargo, y desde un principio, se propuso demostrar en la intervención de las pinturas murales de Kuño Tambo que es posible su

consolidación in situ. Con la certeza de que el éxito de toda propuesta depende siempre del compromiso de los responsables para su implementación, en este caso los restauradores de la región, el proyecto se llevó a cabo con la activa participación de los mismos.

2. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN

Con el fin de proponer un método adecuado para la consolidación de las pinturas murales, era necesaria la cabal comprensión de su estado de conservación. Para ello se desarrolló un levantamiento detallado de las mismas, así como el análisis de sus condiciones. Este levantamiento se realizó en colaboración con el *Immersive Media Studio (CMIS)* de *Carleton University*, e incluyó las siguientes actividades:

- Definición y descripción escrita y fotográfica de los deterioros encontrados en la iglesia para realizar un glosario de términos a utilizar durante el levantamiento. Este glosario se desarrolló con el objetivo de homogenizar definiciones y códigos gráficos de levantamiento para así poder llevar a cabo esta fase de manera multidisciplinar.

Fig. 2 Pinturas murales de la Iglesia, foto: Scott Warren, 2014



- Levantamiento fotogramétrico de todos los paramentos interiores de la iglesia y rectificación ortogonal de las fotografías para ser utilizadas como base para el levantamiento gráfico de condiciones de las pinturas murales.
- Integración de las fotografías rectificadas en un software de dibujo asistido por computadora (AutoCAD®) y división de los paramentos interiores en sub-sectores.

El uso del AutoCAD permitió evaluar cuantitativamente y cualitativamente los deterioros, obteniendo la comprensión global del estado de conservación de las pinturas murales.

2.1. ESTADO DE CONSERVACIÓN Y DIAGNÓSTICO

Una de las ventajas de utilizar un programa de dibujo asistido por computadora es la posibilidad de analizar objetivamente el estado de conservación de las pinturas murales. No sólo constituye una herramienta para identificar las áreas a intervenir, la cantidad y porcentajes; sino que también, es la base para un monitoreo de las condiciones de conservación así como de las intervenciones realizadas. Utilizando este sistema obtuvimos las siguientes conclusiones:

Dato	Área
Área policromada de la iglesia	341.70 m ²
Área de pérdida total de revoque y capa pictórica	112.40 m ²
Área con desprendimientos de interfaces	82.30 m ²
Porcentaje de área policromada con desprendimientos de interfaces	24%
Total área a consolidar	229.00 m ²
Porcentaje a consolidar	67%

Esta evaluación numérica indicó claramente que la protección de las pinturas murales no podría ser llevada a cabo mediante un tratamiento temporal (por ejemplo, velados); sino que, debido a la extensión del área comprometida y la profundidad y ubicación de los desprendimientos, se requerían dos acciones:

- Estabilización general y definitiva de las pinturas murales mediante re-adhesión de las interfaces desprendidas con inyecciones de un mortero de tierra.
- Protección física de las pinturas ya estabilizadas para evitar futuros daños mecánicos durante los trabajos de obra en la implementación de las técnicas de estabilización sismorresistente y el proyecto de restauración de la iglesia (deterioro de las pinturas murales por la caída y/o golpe de herramientas o materiales de construcción).

2.2. ANÁLISIS DE LOS MATERIALES

Paralelamente al análisis de las condiciones de la pintura mural, se llevaron a cabo los análisis de materiales requeridos para el desarrollo de esta primera etapa del proyecto; específicamente, la granulometría del sustrato (adobes y mortero), revoques y enlucidos; así como la caracterización de la capa pictórica. Los resultados de estos estudios y análisis preliminares pueden resumirse de la siguiente manera:

Adobe y revoques - Granulometría	Porcentaje
Grava	0%
Arena gruesa	10%
Arena fina	30%
Arcillas y Limos	60.7%

El análisis micro-físico-químico estratigráfico de la pintura mural fue realizado por la DDC-C, tomando cuatro muestras ubicadas en la parte superior, altura de la cornisa de la Nave de la Epístola (muro norte); obteniendo los siguientes resultados:

- El estrato pictórico amarillo está compuesto por el pigmento ocre amarillo; el verde, cobre (malaquita); el rojo, pigmento rojo bermellón, con presencia de trazas de rojo ocre; negro, compuesto por el pigmento negro vegetal (carbón vegetal).
- La base (enlucido) está compuesta por una preparación de tono blanquecino compuesto de sulfato de calcio hidratado aglutinado con cola orgánica, capa continua, muy absorbente, porosa.

Como se puede apreciar, la cantidad de arcilla en los adobes y revoques es proporcionalmente alta por lo que quienes realizaron la obra emplearon gran cantidad de paja como desgrasante. La capa de yeso en el enlucido es bastante delgada y fue aplicada con brocha. La capa pictórica fue aglutinada con una proteína animal.

3. DISEÑO DEL MORTERO DE INYECCIÓN

Cómo ya se ha explicado anteriormente, con el objetivo de conservar las pinturas murales in situ la consolidación de las pinturas murales se centró básicamente en la re-adhesión de las interfaces desprendidas mediante la inyección de un mortero de tierra.

Para ello, el equipo del proyecto –conformado por personal y asesores del GCI, así como restauradores de la DDC-C- se concentró en diseñar una metodología para la formulación de morteros de inyección en tierra, reproducible en condiciones similares, utilizando materiales y capacidad local. Parte del proceso implicó la instalación de un laboratorio in situ que permitiera probar las diferentes formulaciones en sus condiciones medioambientales propias.

El mortero a utilizar debía tener las siguientes características:

- Buena capacidad de adhesión
- Compatibilidad y comportamiento físico similar al original
- Tiempo razonable, baja contracción y mínima segregación al secado
- Bajo peso tanto en húmedo como seco
- Fácil de inyectar

3.1. LA METODOLOGÍA Y LAS PRUEBAS

Tomando como punto de partida la publicación para la formulación de morteros de inyección hidráulicos a base de cal del GCI (Biçer-Şimşir, Beril, et Leslie H. Rainer, 2013), el equipo identificó una serie de materiales y definió una serie de pruebas para obtener un mortero de tierra que cumpliera con los requisitos anteriormente mencionados.



Fig. 3 Gigantón, foto: Claudia Cancino, 2013



Fig. 4 Prueba de fluidez, foto: Claudia Cancino, 2013

Selección de materiales:

Con base en la composición del revoque original, el mortero de inyección debía estar compuesto por: 1) un material de carga fácil de obtener en la región y de comportamiento físico similar al original; 2) un desgrasante para contrarrestar la contracción al secado y 3) aditivos que por un lado permitieran incrementar la adhesividad del mortero durante la primera fase de secado y por otro impidieran la floculación de la mezcla.

Tipo	Función	Materiales
Cargas	Materiales de la zona con mayor o menor contenido de arcillas y limos	<ul style="list-style-type: none"> • Arcilla roja • Polvo de adobe • Tierra del lugar
Desgrasantes	Se buscaba un material que no solo actuara como desgrasante sino que diera al mortero un menor peso húmedo y seco y que permitiera una mejor “inyectabilidad”. Los materiales seleccionados podrían ser utilizados de manera individual o en combinación	<ul style="list-style-type: none"> • Arena • Polvo de ladrillo • Micro esferas 3M K-15
Aditivos	Con los aditivos se buscaba incrementar el poder adhesivo de la mezcla durante la primera fase de secado y evitar la floculación del mortero de inyección durante la inyección y durante el secado	<ul style="list-style-type: none"> • Clara de huevo batida • Mucílago de <i>Trichocereus pachanoi</i> llamado comúnmente Gigantón Hexametáfosfato de sodio

Pruebas:

Con el fin de determinar y diseñar el mortero de inyección más adecuado se realizaron las siguientes pruebas (fig. 3 - 6):

Prueba	Descripción
Fluidez en jeringa	Primer parámetro a evaluar. Se pasó el mortero a través de la jeringa con aguja con la presión que se requiere para una inyección normal. Un mortero de inyección imposible de pasar a través de la aguja No 18 no se consideró para continuar las pruebas.
Fluidez en adobe	En un adobe similar al original se endentaron canales verticales. El mortero se “inyectaba” en estos canales para medir la distancia recorrida (fig. 3).
Contracción al secado al interior de un ladrillo de adobe	En un adobe de las mismas características del original se realizaron cavidades cilíndricas. Estas cavidades se rellenaron con las diferentes fórmulas para medir y comparar la contracción al secado (fig. 4).
Expansión y sedimentación	Dentro de un tubo de ensayo se introdujo una cantidad constante de mortero sellando el recipiente. La sedimentación de la mezcla se midió a intervalos regulares.
Densidad húmeda	Una cantidad constante de mortero se pesó inmediatamente después de su preparación para, mediante una fórmula matemática, encontrar su densidad húmeda.
Tiempo de secado	Medición del tiempo de secado requerido para cada fórmula
Dureza después del secado	Se realizó para cada fórmula una prueba con escala de Mohs. Se buscaba máxima dureza 2 –similar o inferior al original.

El proceso de evaluación y diseño del mortero empezó con un total de 26 formulaciones, variando las proporciones de los materiales antes mencionados. Finalmente, la formulación que presentó un mejor comportamiento en los ensayos descritos fue la siguiente:

Cargas	Tierra de adobe tamiz ASTM No.100 (<150m)
	100 gramos
Desgrasantes	Micro-esferas 3M K-15
	1 gramo
	Polvo de ladrillo tamiz ASTM No.100 (<150m)
	50 gramos
Aditivos	Gigantón
	15 ml.
	Hexametáfosfato de sodio (0.4% en agua)
	45 ml
Agua	
	60 ml

Fig. 5 Prueba de fluidez, foto: Claudia Cancino, 2014



Fig. 6 Prueba de contracción, foto: Claudia Cancino, 2014

CONCLUSIONES

La inclusión del personal de la DDC-C (restauradores del Ministerio de Cultura del Cuzco) fue uno de los valores fundamentales para el buen éxito de la formulación e implementación del presente trabajo de diseño de una alternativa al desprendimiento de las pinturas murales mediante su consolidación in situ. El aporte del conocimiento de las técnicas y materiales locales posibilitó la inclusión de éstos en la formulación del mortero de inyección. De igual manera, fue de cardinal importancia diseñar una metodología reproducible en condiciones similares, que permita la formulación de morteros de inyección adecuados y compatibles con el material original y que pueda ser llevada a cabo por los restauradores de la región. Cabe mencionar además que las pruebas aquí descritas para la formulación de morteros de inyección fueron realizadas por primera vez en la región y que el proceso se realizó con excelentes resultados. Finalmente, la implementación de los resultados, consolidando toda la pintura mural de la iglesia de Kuño Tambo como medida previa para la estabilización sismorresistente de la edificación, se pudo realizar en un plazo de ocho semanas contando con personal de la DDC-C (6 trabajadores) y un total de cuatro profesionales y asesores del GCI. Como corolario del presente trabajo, se propone la estandarización de las pruebas y sus resultados para que el comportamiento de los morteros de inyección formulados y empleados en otros sitios diferentes puedan ser comparados y evaluados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cancino, C., y Lardinois, S. (2013). *Proyecto de Estabilización Sismorresistente: Estudio de edificaciones tipológicas*. 2 vols. Los Angeles, CA: Getty Conservation Institute. http://hdl.handle.net/10020/gci_pubs/assess_prototype

Biçer-Şimşir, B., y Rainer, L. H. (2013). *Evaluation of Lime-Based Hydraulic Injection Grouts for the Conservation of Architectural Surfaces: A Manual of Laboratory and Field Test Methods*. Los Angeles: Getty Conservation Institute. http://hdl.handle.net/10020/gci_pubs/evaluation_grouts

Ferrer Morales, A. (1998). *La Pintura Mural: Su Soporte, Conservación, Restauración y Las Técnicas Modernas*. Universidad de Sevilla.

PRODUCTOS ORGÁNICOS PARA LA CONSERVACIÓN DE PINTURA MURAL

AUTORES

Gianella PACHECO

Denise POZZI-ESCOT

Santuario Arqueológico de Pachacamac, Perú

Marta CAPPALÀ

Università degli studi di Cagliari, Italia

Sheila MALPARTIDA

Susana PETRICK

Universidad Nacional de Ingeniería, Perú

RESUMEN

La conservación del Santuario de Pachacamac utiliza productos orgánicos como una alternativa para la conservación de la arquitectura y de las superficies de tierra. Se llevaron a cabo diferentes pruebas en condiciones controladas de laboratorio y en condiciones reales en campo. Entre las pruebas realizadas se midió la erosión por viento, el desprendimiento de las superficies consolidadas y el cambio de apariencia por reflectancia. Los productos orgánicos probados fueron mucílago de cactus, agar agar y gelatina. Estos productos considerados alternativos han resultado ser efectivos.

INTRODUCCIÓN

El Santuario Arqueológico de Pachacamac, es el centro de peregrinación prehispánico más grande de la costa del Pacífico, ubicado en la costa central del Perú, a 31 km al sur de Lima. Este sitio alberga edificaciones de diferentes características y periodos. Entre éstas, el Templo Pintado tiene especial importancia arquitectónica debido a su pintura mural polícroma con diseños (Pozzi-Escot et al., 2013). Este trabajo resume la investigación realizada con materiales orgánicos alternativos probados en laboratorio y posteriormente en fragmentos de pintura mural de muros colapsados y en áreas restringidas de los murales del Templo Pintado (fig. 1).

En Perú se ha extendido el uso de consolidantes sintéticos tales como el Paraloid B72 y silicato de etilo, dos sustancias que mejoran notablemente la readherencia de superficies desprendidas, sin embargo provocan un notable cambio de color, tal como reportó Wright en el 2007. Por este motivo se ha considerado conveniente buscar materiales naturales, de mayor compatibilidad con el soporte.

Consideramos, sin embargo, que con un mantenimiento regular y planificado, se garantiza una mayor compatibilidad y una mejor conservación del monumento. Los materiales elegidos fueron mucílago de tuna, material tradicional usado desde el periodo precolombino; la gelatina, utilizada a lo largo de más de diez años en el Parque Nacional Mesa Verde (Estados Unidos) y el agar, usado corrientemente en conservación para limpieza de superficies.

Fig. 1 Vista panorámica del Templo Pintado en el sitio



1. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de experimentación se realizó en laboratorio (Malpartida, 2015) y en campo. En laboratorio se eligieron las concentraciones de las soluciones y se midieron algunas propiedades físicas para evaluar las mejoras en las superficies consolidadas. Entre éstas, la resistencia

a la erosión del viento, el desprendimiento de la superficie consolidada y el cambio de apariencia de las superficies.

La segunda parte de la investigación se desarrolló en campo. Utilizamos muestras arqueológicas con capa pictórica procedentes de colapsos de muro del Templo Pintado que no pudieron ser reintegradas, en donde condujimos pruebas preliminares. Una vez evaluado el comportamiento de las superficies consolidadas, escogimos las soluciones que redujeron el desprendimiento y no provocaron cambio de apariencia. La siguiente etapa fue la aplicación en áreas restringidas de las paredes del Templo Pintado.

1.1. TRABAJO EN LABORATORIO

1.1.1. Consolidantes

Los consolidantes orgánicos alternativos utilizados en el presente trabajo son:

- **Mucílago de tuna** (*Opuntia Tuna*): polisacárido de alto peso molecular extraído de los cladodios de tuna. Esta sustancia es ampliamente utilizada en la preparación de morteros y enlucidos, así como consolidante; por ejemplo podemos mencionar el trabajo realizado por Hoyle (1990) en el Complejo Arqueológico de Chan Chan, en donde emplearon mucílago de tuna al 5% como consolidante de superficies y manufactura de mortero. Sus evaluaciones concluyeron que las zonas tratadas tuvieron una mejora notable en la readherencia de las superficies y una buena resistencia a la abrasión eólica; además permitió la retratabilidad de las zonas trabajadas. A lo largo del tiempo, el uso de cactáceas ha sido registrado por diferentes fuentes, como la crónica de Juan Betanzos (1880 [1551]):

“...para que la mezcla pegase bien, (Inca Yupanqui) mandó que trujesen (sic) cantidad de unos cardones que ellos llaman “aguacolla quisca”, con el zumo de los cuales fueron untadas las paredes...”.

- **Gelatina natural de uso comercial**: sustancia compuesta por colágeno, proteína estructural de los tejidos conectivos, piel de los animales y peces. Al respecto podemos mencionar los trabajos de investigación realizados a lo largo de más de diez años en el Parque Nacional Mesa Verde (Estados Unidos), Carr (2002). Los tratamientos realizados en diversas zonas del Parque por Ferron (2007) y Aloiz (2011) dan cuenta de una mejora en la fijación de las superficies tratadas.

- **Agar agar** (*Gelidium Capense*): polisacárido obtenido al aislar el hidrocoloide agarosa de las algas marinas. El agar agar es usado actualmente en conservación para la limpieza de superficies, ya que esta sustancia forma una película fácilmente desprendible en la superficie aplicada.

Las concentraciones de las soluciones trabajadas se realizaron de acuerdo a los trabajos mencionados anteriormente. Para el caso del agar agar se tomó como referencia la concentración de la solución de gelatina.

Durante el desarrollo de trabajo de laboratorio, se buscó la mejor forma de preparación del mucílago de tuna con el fin de aprovechar al máximo sus propiedades como adhesivo. Esto nos condujo a realizar dos tipos de preparaciones: la primera siguiendo el método tradicional de preparación, que consiste en el remojo en agua destilada de los cladodios de tuna durante varios días y la segunda fue realizando la deshidratación en estufa de los cladodios de tuna e hidratándolos con un volumen controlado de agua destilada.



Fig. 2 Facsímiles preparados en laboratorio

Con estas consideraciones, las concentraciones (en P/P) de las soluciones preparadas fueron gelatina al 5%, agar agar al 1,2% y 0,7% y mucílago de tuna al 80% de acuerdo a la preparación tradicional, y al 18% de acuerdo a la segunda forma de preparación.

1.1.2. Pruebas de laboratorio

La primera parte del trabajo en el laboratorio consistió en la preparación de facsímiles. Estos fueron preparados con restos de adobes que cayeron del Templo Pintado, conservando las mismas características texturales de grava, arena, limo y arcilla. Las dimensiones de los facsímiles fueron 5 cm x 5 cm x 4 cm (fig. 2) como base y una capa de enlucido de 1 cm aproximadamente.

Los enlucidos de los facsímiles fueron consolidados con cada una de las soluciones preparadas. La aplicación se hizo sobre papel japonés y con brocha. Las soluciones de gelatina y agar agar se aplicaron a 37°C y 80°C, respectivamente y las soluciones de mucílago de tuna se aplicaron a temperatura ambiente.

La primera prueba conducida en laboratorio fue el test de desprendimiento, basado en la norma ASTM D4214 - 07 que describe procedimientos para evaluar el grado de pulverización de pinturas exteriores. Este test se realiza evaluando el porcentaje de material desprendido del enlucido consolidado tras aplicar una cinta adhesiva, nosotros utilizamos cinta 3M Scotch™. Los segmentos de cinta adhesiva fueron escaneados y procesados con el software Image Tool© versión 3.00. Este test nos permitió establecer el número de aplicaciones necesarias para obtener el mínimo de desprendimiento sobre los enlucidos.

La siguiente prueba conducida fue el test de erosión por aire comprimido, basado en la publicación de Lian-You (2003). Para realizar este test montamos un sistema que condujo aire comprimido a través de una manguera de goma hasta un tubo de PVC de 35 cm de largo y 4 cm de diámetro (fig. 3). La rapidez del aire inyectado se midió con un anemómetro digital DELTA OHM™, acoplado a una sonda de medición de rapidez de aire DELTA OHM™, con rango de medición de rapidez de aire entre 0,1 m/s hasta 5,0 m/s.

Los enlucidos consolidados sobre los facsímiles no tenían capa pictórica alguna. La evaluación de los cambios de apariencia debidos al tratamiento de consolidación se realizó midiendo la reflectancia difusa. Ésta fue medida con un iluminador de luz halógena de tungsteno de 5 W. La luz reflejada se midió con un espectrofotómetro de reflectancia CCD y la colección de luz se realizó con una esfera inte-



Fig. 3 Instrumentación utilizada para la prueba de erosión



Fig. 4 Aplicación de los consolidantes en el muro del Templo Pintado

gradadora de geometría $d/8^\circ$.

1.2. TRABAJO EN EL SITIO

1.2.1. Consolidantes

En el trabajo de campo se probaron 4 diferentes tipos de consolidantes. Las características controladas fueron la variación del color de la capa pictórica y la capacidad consolidante.

Los consolidantes usados y las concentraciones (P/P) fueron elegidas después de las pruebas de laboratorio. En particular se eligieron:

- Gelatina 2,5%
- Gelatina 5%
- Agar agar 1,2%
- Mucílago fresco 80%
- Mucílago deshidratado 18%

Se consideró utilizar las soluciones de mucílago y gelatina, teniendo en cuenta que los cambios de apariencia observados en las pruebas de reflectancia de laboratorio no eran muy significativos.

La aplicación se realizó con brocha sobre papel japonés (fig. 4). La preparación se hizo en laboratorio y en campo se instaló una pequeña cocina cacerera para calentar las soluciones de agar agar y gelatina.

1.2.2. Pruebas de campo

Las pruebas preliminares hechas en las muestras arqueológicas procedentes de colapsos de muro fueron muy importantes para la evaluación del cambio de apariencia provocado en la capa pictórica (fig. 5). Ésta se realizó únicamente de manera visual, aplicando el consolidante en la mitad del área de la superficie de la muestra y comparando si las dos partes de ésta mantenían igual color. Además estas pruebas preliminares nos sirvieron para determinar la mejor forma de realizar la prueba del “Scotch tape test” en el sitio.

Asimismo, fueron muy importantes las pruebas sobre los muros del Templo Pintado porque nos permiten monitorear a futuro el comportamiento de las superficies consolidadas, al ser expuestas al microclima del sitio.

Inicialmente se utilizó la misma metodología desarrollada en laboratorio para medir la capacidad consolidante, cortando un segmento de cinta adhesiva Scotch 3M 550 de 50 mm x 18 mm y aplicándola en las muestras del sitio. A continuación se procedió a evaluar la calidad de la adhesión por el mismo software utilizado anteriormente en laboratorio.

A pesar de la facilidad en efectuar el test, se encontraron muchas

dificultades en la interpretación de los resultados con el software, debido a que la granulometría mucho más fina de las pinturas dejaba en la cinta adhesiva áreas de pigmento de la pintura y no era posible distinguir los granos individuales. El software no podía evaluar la diferencia entre las partículas y las áreas de pintura desprendidas, que llegaban a tener hasta un diámetro de 5mm, y nos daba el mismo valor para ambos. Por este motivo, se decidió cambiar la metodología de evaluación y se optó por pesar la cinta antes y después de la prueba, como en el trabajo realizado por Drdácý et al. (2015); para esto fue necesario una cinta de doble cara.

Los instrumentos necesarios para evaluar la consolidación en campo fueron:

- Balanza legible a 0,1 mg
- Cinta adhesiva de doble cara
- Bolsitas de plástico transparentes
- Papel milimetrado

Para la elección de la cinta adhesiva doble cara se escogió entre diferentes marcas disponibles en las tiendas de Lima.

Se escogió la de menor adhesividad para no dañar las superficies frágiles de la pintura mural. Entre todos, se decidió usar la cinta adhesiva Shurtape DF-633.

Antes de hacer la prueba en el sitio se prepararon los fragmentos de cinta adhesiva en el laboratorio. Para hacer esto se pegó por un lado la cinta adhesiva doble cara al papel milimetrado y se pesó. Cada fragmento de cinta tiene una superficie adhesiva de 18mm x 40mm aproximadamente (fig. 6).

Las cintas se adhirieron con esponja muy suave sobre las superficies pintadas, aplicando una mínima presión. Esta operación se realizó antes y después de cada aplicación del consolidante. La evaluación del desprendimiento se realizó en diferentes lugares de la superficie. Al final de cada prueba, se pesó cada fragmento de cinta y por diferencia se obtuvo la cantidad de material retirado.

2. RESULTADOS

2.1. RESULTADOS EN LABORATORIO

Los resultados de la prueba de desprendimiento establecieron que para el caso de las soluciones de gelatina fueron necesarias dos capas para obtener el mínimo desprendimiento, en el caso de agar agar fueron necesarias cuatro capas y en el caso del mucílago de tuna pre-

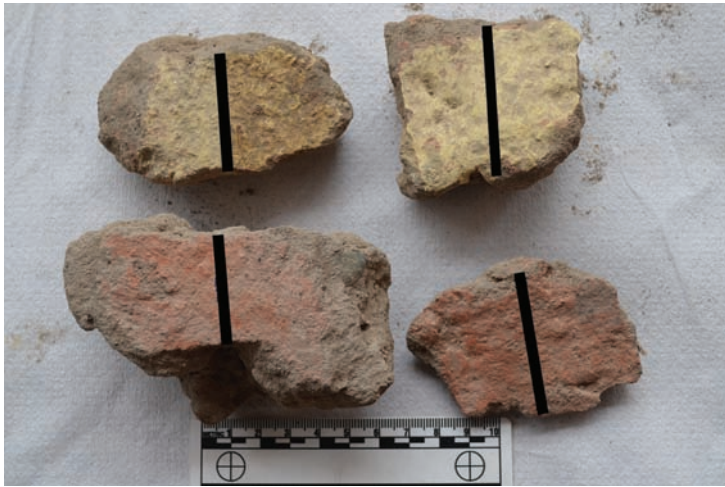


Fig. 5 Pruebas preliminares en muestras arqueológicas

parado de forma tradicional fueron necesarios diez capas, mientras que la solución preparada con los cladodios de tuna deshidratados, fueron necesarias únicamente cuatro capas.

En el gráfico (fig. 7) observamos que los resultados obtenidos con la prueba de erosión sobre los enlucidos consolidados con las soluciones de agar agar, gelatina y mucílago de tuna nos dan cuenta que el material desprendido se reduce a la décima parte, respecto a un enlucido no consolidado.

En la gráfica (fig. 8) mostramos los resultados obtenidos de la reflectancia medida a partir de la relación entre las reflectancias del enlucido consolidado (R_c) y la del enlucido sin consolidante (R_{sc}). Observamos que en los enlucidos tratados con la solución de agar agar no se produjeron cambios significativos en la apariencia del enlucido (valor R_c/R_{sc} más cercano a 1), mientras que los enlucidos tratados con las soluciones de mucílago de tuna y gelatina, presentan tendencia a oscurecer ligeramente el enlucido, siendo la última solución la que altera la apariencia en menor proporción.

2.2. RESULTADOS DE CAMPO

En esta primera fase de pruebas sobre las muestras se observó que la gelatina con concentración al 5% provocaba un oscurecimiento de la superficie. Por esta razón se decidió no incluirla en la siguiente etapa de aplicación en las paredes del templo.

También se comprobó que la aplicación del agar agar generaba una película que al removerla causaba un mínimo desprendimiento de la pintura.

En los muros se aplicaron solamente tres soluciones, siendo éstas las que no produjeron cambio de apariencia: solución de mucílago fresco (preparación tradicional), mucílago deshidratado y la gelatina al 2,5%.

Los resultados nos muestran que las tres soluciones empleadas disminuyen considerablemente la pulverización y, a simple vista, no alteran la apariencia de la pintura mural. En particular se obtuvieron mejores resultados con la gelatina, comprobando que la cantidad de material desprendido disminuía alrededor del 60% después de la primera aplicación (fig. 9).

Con respecto a la solución de mucílago de tuna fresco, se ha comprobado que la cantidad desprendida con la cinta adhesiva disminuyó alrededor del 30% después de la quinta aplicación.

Con respecto a la solución de mucílago de tuna deshidratado, se ha comprobado que la cantidad desprendida con cinta adhesiva, después de la segunda aplicación, disminuyó cerca del 40% (fig. 10).

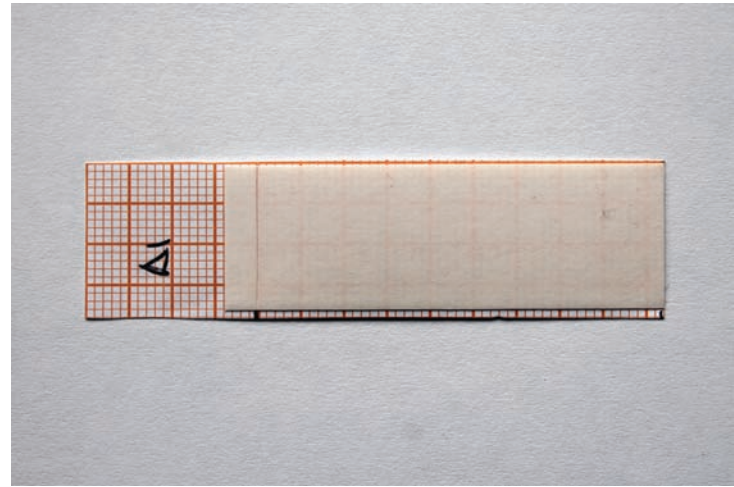


Fig. 6 Cinta adhesiva doble cara en papel milimetrado usada por las pruebas de campo

CONCLUSIONES

Las pruebas realizadas tanto en campo como en laboratorio nos dieron resultados satisfactorios.

Los resultados de la prueba de abrasión nos muestran que todos los enlucidos consolidados producen una tasa de desprendimiento considerablemente menor a un enlucido sin consolidar, alrededor de la décima parte; esto nos dice que se obtuvo una mejora considerable en la readhesión de la capa superficial. Entre los enlucidos consolidados se observó que en promedio, la mayor y la menor tasa de desprendimiento obtenida fue con la solución de gelatina y la solución de mucílago de tuna respectivamente.

Todos los consolidantes aplicados en los enlucidos de los facsímiles produjeron una variación en la reflectancia de la superficie. Entre las soluciones de mucílago de tuna, aquella que fue preparada de forma tradicional es la que más tiende a oscurecer la superficie consolidada. La solución de gelatina tiene a oscurecer en menor proporción. Sin embargo, estos cambios no son visibles a simple vista tal como se observa en las paredes donde fueron aplicadas.

La solución de agar agar forma una capa desprendible sobre la superficie. Una vez que ésta es retirada, la superficie presenta mínima variación en su apariencia. La remoción de esta película fue fácil realizarla en los facsímiles preparados en laboratorio, mientras que en campo no lo fue. Esta diferencia entre ambos resultados se da porque

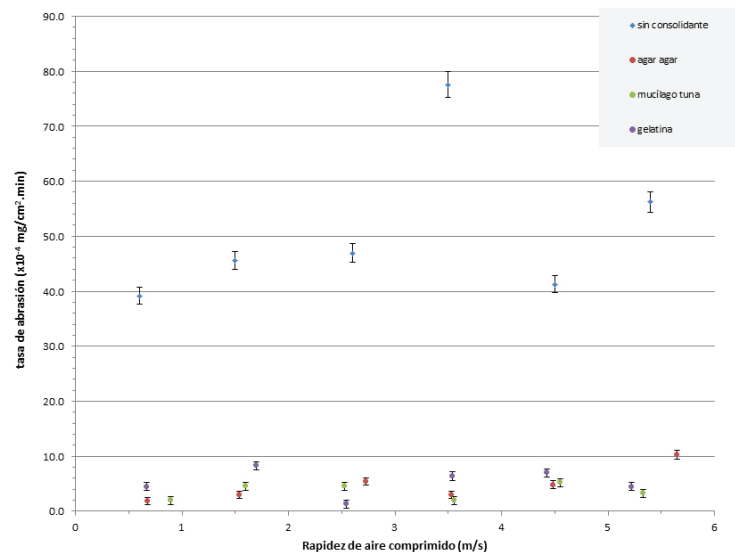


Fig. 7 Tabla de resultados de la prueba de erosión

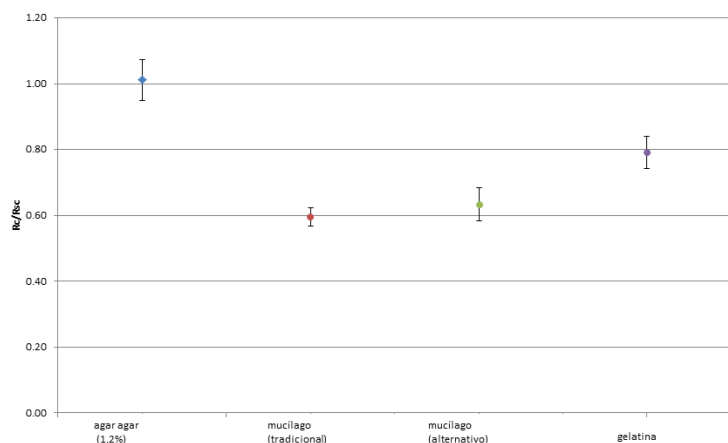


Fig. 8 Tabla de resultados obtenidos por reflectancia difusa

en laboratorio los enlucidos preparados en los facsímiles fueron muy homogéneos y la superficie no presentaba irregularidades, mientras que las superficies de pinturas en las paredes del templo son irregulares y sinuosas. Debido a ello, este producto no fue aplicado en dichas paredes y solamente se aplicó en las muestras de pintura de colapso de muro. Nuestra investigación continuará profundizando sobre esta problemática para encontrar una manera que nos permita remover la película sin dañar la superficie.

La prueba de desprendimiento conducida en laboratorio sobre los enlucidos consolidados de acuerdo a la norma ASTM D4214-07 ha sido un aporte fundamental para establecer el número óptimo de aplicaciones a cada enlucido. Esta prueba en laboratorio nos ha permitido también establecer que la forma más efectiva de preparación de la solución de mucilago de tuna es de acuerdo a la forma alternativa, que consiste en secar en estufa los cladodios para luego volver a hidratarlos.

Todavía, a la luz de los datos obtenidos y de la evaluación visual de las cintas adhesivas aplicadas en campo podemos observar como el material desprendido varía gradualmente de polvo a pequeños pedazos de pintura. Esto nos hace concluir que, si bien las soluciones disminuyen y consolidan la capa pulverulenta expuesta, tienen un problema de penetración en las capas más profundas. Por ello, actualmente se está trabajando en laboratorio y en campo para encontrar una manera más eficaz de aplicación y preparación estos materiales para resolver estos problemas.

Otro aspecto a considerar para mejorar la prueba de campo es la cantidad y calidad de pegamento de fabricación de la cinta adhesiva

doble cara. La cinta que hemos empleado contiene un pegamento muy fuerte para la superficie deteriorada en donde hemos conducido la prueba. Actualmente venimos evaluando diferentes tipos de cintas adhesivas y metodologías diferentes de medición de desprendimiento, más adecuadas a la fragilidad de la pintura.

Además, continuamos monitoreando constantemente las superficies, para controlar el estado y la durabilidad de las superficies consolidadas, cambios de apariencia en el tiempo y posibles ataques biológicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aloiz, E. (2011). *New investigations into a historic treatment: the efficacy of gelatin as an adhesive for the earthen finishes at Mesa Verde National Park*. Tesis de Maestría, Universidad de Pennsylvania, Philadelphia, p.19.

American Society for Testing and Materials – ASTM. Standard Test Methods for Evaluating the Degree of Chalking of Exterior Paint Films”, method D. ASTM 4214-07, West Conshohocken, PA, 2007.

Betanzos, J. (1880 [1551]). “*Suma y Narración de los Incas*” Bibl. Hisp. Ultram. Madrid.

Carr, R. (2002). *Evaluation of adhesive binders for the preservation of in-situ aboriginal surface finishes at Mesa Verde National Park*. Tesis de Maestría. Universidad de Pennsylvania, Philadelphia. p. 42 – 45.

Drdácák, M., Lesák, J., Niedoba, K. et Valach, J. (2015). *Peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of mortar and render surfaces*, Materials and Structures 48, Florencia, p. 1947-1963.

Ferron, A. (2007). *The Consolidation of Earthen Surface Finishes: A Study of Disaggregating Plasters at Mesa Verde National Park*. Tesis de Maestría. Universidad de Pennsylvania, Philadelphia, p. 45 – 47, 66 – 76.

Hoyle, A. M. (1990). Chan Chan: Aportes para la Conservación de la Arquitectura en Tierra. Dans Agnew N., Alva A., H. Houben (Eds.). *Acta 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture*. Getty Conservation Institute, Los Angeles. p. 225 – 229.

Lian-You, L., Shang-Yu, G., Pei-Jun, S., Xiao-Yan, L., & Zhi-Bao, D. (2003). *Wind tunnel measurements of adobe abrasion by blown sand: profile characteristics in relation to wind velocity and sand flux*. *Journal of Arid Environments*, 53.3, 351-363.

Malpartida, S. (2015). *Estudio de algunas propiedades físicas de enlucidos de barro consolidados con mucilago de tuna, agar agar y gelatina*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, p. 42 - 44, 47 - 51, 53, 56 - 57, 63 - 70.

Pozzi-Escot, D., Pacheco G. Et. Uceda, C. (2013). *Pachacamac: Templo Pintado. Conservación e investigación*. Minsiterio de Cultura, Lima.

Wright, V. (2007). *Étude de la polychromie des reliefs sur terre crue de la Huaca de la Luna*. Tesis doctoral. Université Paris I – Panthéon Sorbonne, Paris, p. 276 – 279.

Fig. 9 Tabla Superficie consolidada con gelatina

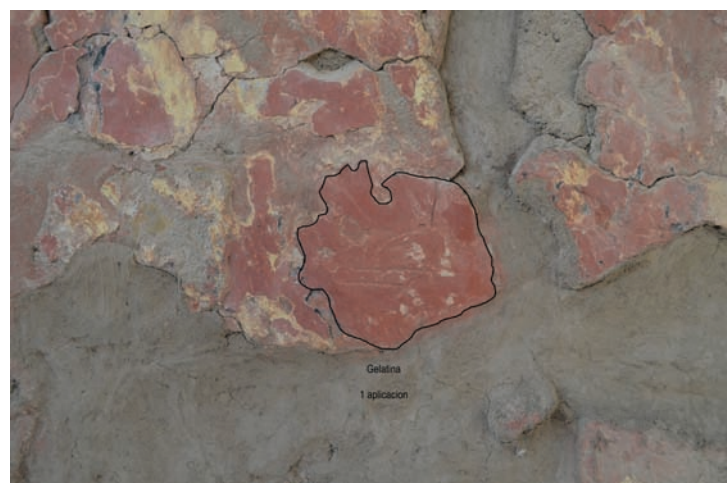
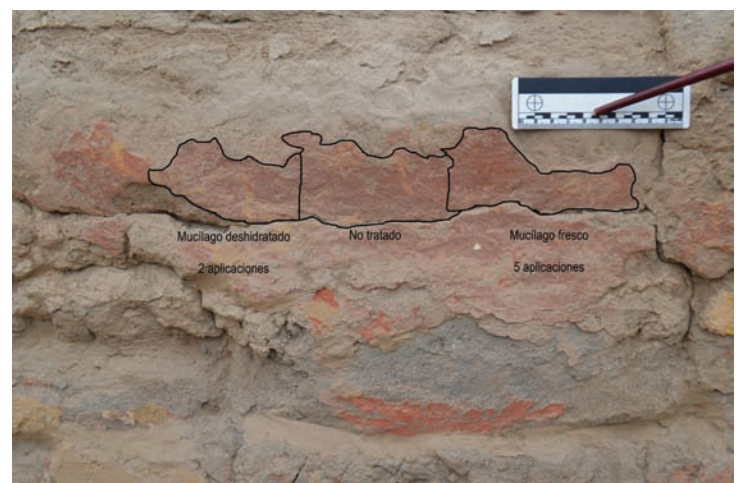


Fig. 10 Superficie consolidada con mucilago fresco y deshidratado



CONSERVATION OF BUDDHIST WALL PAINTINGS WITH TRADITIONAL MATERIALS

AUTHOR

Anca NICOLAESCU

Romania, Tibet Heritage Fund, Leh, Ladakh, Beijing, China

SUMMARY

The built heritage (residential or religious) of Ladakh is mainly represented by earthen architecture; religious properties (monasteries, temples, stupas or shrines) are consecrated by Buddhist wall paintings on dry mud supports.

In the high altitude deserts of Ladakh, where only a few materials are available, the skills and knowledge of craftsmen have provided the means to build in sophisticated ways, resulting in a heritage that has lasted for centuries.

This paper presents stabilization solutions for wall paintings on earthen plasters, simple from the technical point of view, using local available ingredients but specially designed to feature the same or similar performance characteristics as the original.

Learning about local materials and understanding their performance properties was achieved firstly thanks to the know-how revived through Tibet Heritage Fund's (THF) work involving the documentation and preservation of Tibetan architecture in Himalayan regions for more than 20 years.

Scientific analysis of the original wall paintings' components and an in situ evaluation of materials followed, to determine the best performing systems.

This paper presents all the research undertaken in choosing the right materials for preserving the Buddhist murals from this area with a focus on earthen grouts and their field evaluation tests.

INTRODUCTION

Ladakh is a semi-autonomous region in the Indian Himalayas. For centuries an important crossroads of Central Asian caravan trade, local culture, language and religion come mainly from Tibet.

Wall paintings are an important component of Ladakh's Buddhist heritage. The interior mud walls of temple halls, monastic assembly halls and shrines are painted in their entirety.

In Ladakh, several temples still preserve early murals executed in the tradition of the now-lost Buddhist civilization of Kashmir, while later murals were done in the traditional styles of Western and Central Tibet.

Compared with other Himalayan regions, where many historic monasteries and their paintings were damaged due to either political or natural misfortunes, the small territory of Ladakh preserves an astounding number of early paintings.

Nevertheless, earthen materials are very sensitive and vulnerable to external aggressive agents (water, winds and earthquakes), revealing most often a fast degradation rate if not properly maintained.

Research on the conservation of wall paintings on earthen supports is scarce, but a recently growing interest in the study of these murals led to the publication of a number of papers. Most published materials deal with the analysis of original technologies but not yet with methodologies for addressing preservation challenges. Structural damages are a real problem, and can endanger future preservations if not addressed on time.

Research on local materials and their possible use in addressing such structural damages started in 2005 when THF was invited to undertake the conservation assessment of Chamba Lhakhangs' architecture and murals (15th century in Leh) and is still on-going, both in Ladakh through their most recent project in 2014 at Lotsawa Lhakhang (15th century Shangrong village) and in other Himalayan regions such as Sikkim (2011-2013).

1. LADAKH BUDDHIST MURAL PAINTINGS: GENERAL TECHNICAL DETAILS

Ladakhi temples and residential buildings share the same basic architecture. An internal timber frame supports flat, mud-covered roofs. The walls, which represent the primary support for the wall paintings, are built of rough stones covered in mud mortar or sun-dried mud bricks around an internal timber frame.

The secondary support consists of two separate layers of earthen plaster. The stone walls are first levelled with a coarse plaster made of earth, sand and gravel. The diversity of aggregate sizes improves the adhesion to the primary support and also provides a good base for subsequent plaster applications. The large-sized fragments of rock used at times, instead of the inclusion of organic fibres, inhibit shrinkage. The occasional use of organic additives is rare.



Fig. 1 Old and new plasters



Fig. 2 Mural damages

The surface is finished by a second finer layer containing “markalak” (a local clay described further in this paper) and sand (fig. 1). This upper layer is thinner and more compact due to the burnishing of the surface with a smooth stone – a technique used even today in the area, providing an appropriate smooth and stable base.

The preparatory layer is a thin white coat (chalk or gypsum), which provides a final even surface before the application of pigments.

The paint layer is formed by a complex application of mineral pigments and organic colorants bound with animal glue and applied thin or thick depending on the materials used or the painter’s intentions. Originally the murals are unvarnished which makes them even more vulnerable to water damage.

2. DAMAGES

The main causes of degradation are water-related occurrences (infiltration, capillarity and damp) and improper human interventions (lack of or inappropriate maintenance and repairs).

The built heritage of Ladakh, comprising both domestic and religious earthen architectures, often located in very remote places and at high altitudes is particularly exposed to rain and wind erosion. This vulnerability is intensified by climate change, which has created new conditions that these structures were not originally designed to withstand.

The earthen structures are often degraded internally when the roof starts to leak. Murals are therefore the first to suffer and since they are made with water-sensitive materials, water infiltration solubilizes them gradually (fig. 2).

Earth supports are also subject to cracking and detachment in reaction to unequal loading or movement of the structure. As the Himalayan region is one of the most seismically active, this represents a major risk.

All problems mentioned above summarize the main causes of degradation for earthen structures in this region and, consequently, for interior murals.

But the most severe and difficult to repair damages deal with the degradation and detachment of murals supports.

Detached render layers, on which the paintings are applied, need to be reattached. Attempts to find the most compatible materials for such procedures have led to examination of local earthen materials

still used in vernacular architecture. These traditional materials have been adapted for both grouting reattachment and for surface repairs. The ability of local clay materials to perform these functions is the basis of this paper.

3. MATERIALS AND PRELIMINARY IN SITU TESTS

Particle size, particle morphology, and mineral composition of the clays found in Ladakh play a pivotal role in determining many aspects of soil behavior, including shear strength, permeability, volume change and resistance to deformation and loss of cohesion in the presence of water.

3.1. LOCAL MATERIALS

Samples of different local soil qualities used in traditional construction have been collected and similarities, differences and performances have been analyzed¹. The following materials have been identified (fig. 3):

- Soil from Shey, used to make high-quality mud bricks,
- Yellow soil (sersa) from Stakmo (near Tiktse) used in mortars,
- Red soil from Basgo used in mortars or for colored plasters,
- Tap-sa soil used to build traditional stoves but also for flooring,
- Markalak clay used for roofing and wall plastering².

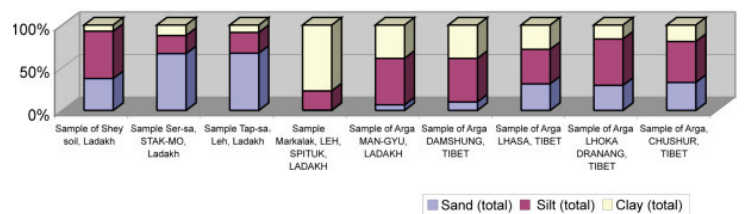


Fig.3 Soil samples from Ladakh and Tibet analyzed by Prof. Achim Bräuning from Stuttgart University

¹ Samples have been analyzed thanks to the kind help of Prof. Achim Bräuning from Stuttgart University, the results have been compared with samples from Tibet.

² In Tibet, a fine-grained limestone (micrite) is used to waterproof roofs, known in Tibetan as arga. Arga is rare in Ladakh, just one sample was found at Manguyu.

X-ray diffraction (XRD) identification³ of the clay minerals determined that each material shares the same broad illite-dominated clay mineral range, which makes them desirable materials to be used in construction with a slight additional stabilization.

Analysis showed that markalak (in Ladakh meaning oily sludge) is 80% clay (mainly Illite 77.50%, Kaolinite 1.80% and Montmorillonite 0.70%) with some silt but zero sand, while all the other soil samples contain sand, silt and some clay. It is interesting to note that the quality of the Shey soil (the mud bricks are highly water-resistant) appears to be related to the high silt content.

3.2. OTHER INGREDIENTS TESTED FOR SUPPORT CONSOLIDATION - INJECTION GROUT MIXTURES

Organic materials such as apricot juice or cow dung were successfully used to improve the durability and the dust free qualities of floors. Donkey dung has been found to be the best material to improve roof waterproofing.

The first support consolidation tests initiated in 2005 included additives such as pumice, chalk or glass microspheres as inert materials. Synthetic emulsions and egg whites were tested for improved adhesion, etc. (fig. 4). But all these materials offered no improvements, instead they produced undesirable changes such as diminishing water drop absorption, hardness or unwanted shrinkage, transforming the grout into a material less compatible with the original (fig. 5).

We therefore obtained better results when using local materials for different types of mortars and started designing grout mixtures only with them: yellow soil, sand and markalak, which were without a doubt compatible with the original materials. It remained to be proved by field tests whether they could be successfully used in injection grouts to address murals' support issues.

4. IN SITU TESTING OF EARTHEN MORTARS AND GROUTS

4.1. FILLINGS

The first experience with the local materials took place as part of the mortar testing project that was carried out in 2005 (Chamba Lhakhang Leh) in order to establish a suitable composition for a compatible intervention mortar.

For this purpose, the ingredients were chosen only from the locally available materials: yellow soil, sand, markalak (considered in this case as a binder, due to its high illite clay content) and straw as an organic additive.

The goal of the test phase was to find the right composition, proportion and size of the aggregates for designing a material with good workability, linear shrinkage or adhesive strength and similar characteristics to the original support in terms of hardness, porosity and mechanical resistance.

For comparison, the mortars were applied on existing mud bricks or directly on walls in damaged areas.

Two important conclusions came out of this testing phase: the percentage of binder (markalak) in the mortar composition must be less

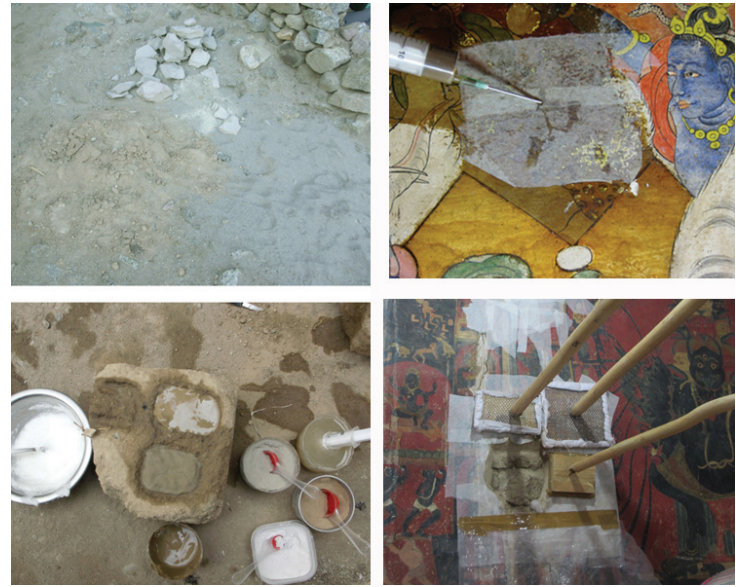


Fig. 4 Materials and grout injections

than 25% to minimize linear shrinkage. The preparation and application methodology of the mortar is also very important for good results.

4.2. GROUTING

An injection grout can be defined as a fluid material employed for the consolidation and/or upgrading of the mechanical properties of systems containing pores, voids, cracks, loss of cohesion or delaminated systems. In general, grouts are composed of fillers, binders and a fluid, usually water.

Grouting is a non-reversible technique, which can induce durability and compatibility problems if unsuitable materials are chosen.

A few criteria for the proper application of injection grout on earthen supports were identified:

The minimal addition of water can be very harmful for physical-chemical and mechanical reasons: dissolution, expansion/retraction and risk of detachment.

Fluidity is a second important condition, difficult to conciliate with the minimal addition of water.

Setting time is another parameter to take into account, having in mind the weak mechanical resistance of humidified earthen plasters. Prior to any wall painting stabilization, the damaged area is firstly delimited and protected with a facing, which can comprise several layers of Japanese paper. Establishing the injection points is the second step, which might suppose drilling small holes in the painted surface for a better dispersal of the grout and inserting perfusion tubes. The surface is temporarily supported with padded wedges maintained by sticks during the injection and solidification of the grout. A controlled quantity of water and alcohol is used to pre-wet the damaged area for a better penetration of the grout, which is injected through syringes straight into the walls or through perfusion tubes. The operation can be repeated if necessary.

Field tests

The following tests done at Lotsawa Lhakhang (Ladakh Shangrong village) in 2014-2015 were adapted from a published lime-based in-field grout evaluation⁴. The results most relevant to earthen materials

³ The XRD analysis has been performed thanks to the kind help of Prof. Dr. Eng. Gheorghe Niculescu and Dr. Eng. Migdonia Georgescu from the Romanian National Museum Laboratory.

⁴ Biçer-Şimsir B. and Rainer L. (2013) Evaluation of Lime-Based Hydraulic injection grouts for the conservation of Architectural surfaces. The Getty Conservation Institute, USA.



Fig. 5 Grouts tests

were chosen, following the exact procedures or, as necessary, slightly changing them.

The tests have been designed for in situ comparisons of the grout mixtures' properties in the wet state and during curing and setting, without special instrument setups.

In order to compare the behavior of each grout formulation, all the proportions (markalak, yellow soil and sand, all sieved through a 150 micron sieve) and water content were noted (table 1) as well as the preparation method, which might influence their performance (manual mixing of the composition or mechanical blending).

After having performed several shrinkage tests it was observed (as in the case of mortar) that a binder (markalak) percentage of more than 25% would create severe cracking and hardness of the material. Therefore, all the formulations were limited to this proportion, aiming to obtain slight improvements by adjusting grout composition.

During the preparation process, each grout composition was recorded, observing the water volume necessary for the mixture to become easily injectable, the optimal setting time and so on, gradually selecting the most suitable mixtures and using these mixtures only for further testing.

Drying shrinkage

The test concerns the volumetric change of an injection grout after drying, which is very important when determining the adhesion and durability properties of a grout mixture.

The liquid grout was injected into cups (5 mm in diameter, 1,5 mm in depth) formed in a mud brick, pre-wet with water isopropyl 1:1. Some grouts were injected in a dry cavity just to test their behavior and some were covered with render block for a better simulation of in-wall conditions but the results showed no improvement.

All grout formulations from table 1 were tested and their behavior during preparation or pouring in the cavity was also observed.

Table 1 Comparing grout n°1 with n°9

Grout composition	No.1 M1p, YS2p, S1p			No.9 M1p, YS1p, S2p		
	Normal	Blended – 4 min	5% Less water	Normal	Blended – 5 min	
Working properties	Flow with syringe	- not relevant	-	-	- not relevant	-
	Flow on mud brick	H	-	L	L	M
	Expansion and bleeding	8.9% bleed water	-	7.1% bleed water	-	-
	Wet density (g)	1.8	-	-	1.8	-
Properties during setting and curing	Drying shrinkage	- superficial shrinkage with good contact to walls - doesn't pop out - sample crumbles without any separation from the cup	- behaves as 1 in all respects	-	- no shrinkage - sample very weak - well attached	- no shrinkage - sample much harder - well attached, does not pop out
	Final setting time	75min			60min	
Hardened properties	Adhesion shear of the grout injected (i)	- more than adequate strength. - difficult to separate.			- easy to separate. - not enough strength	
	Adhesion shear test of the grout injected and pressed between	- could not separate, the render began to crumble.			- easy to separate - not enough strength	

Grout no.	Drying Shrinkage	Bonding and adhesion shear test	
		Injected (i)	Pressed (p)
1	- the shrinkage separation was superficial with good contact to the walls. - does not pop out, sample crumbles without any separation from the cup	- difficult to separate; more than adequate strength	- could not be separated; the render began to crumble
2	- sample more durable than 1 - popped out readily	- more difficult to separate than 1i, render began to crumble but it could be separated	
3	- behaves as 1 in all respects	- very easy to separate	- could not be separated, render began to crumble
4	- fell out while moving the block; no attachment to the cup	- identical with 1i	
7	- deeper shrinkage crack - sample well adhered - sample crumbles with no separation	- slightly harder to separate than 1i	- could not be separated
8	- superficial shrinkage crack - well adhered	- difficult to separate	- moderately easy to separate; easier than 8i
9	- no shrinkage - sample well attached - sample very weak	- easy to separate	- easy to separate
10	- does not pop out - sample well attached - sample much harder than 9		

Table 2 Drying shrinkage test and bending and adhesion tests results

Shrinkage test results are recorded in table 2.

As expected, a large percentage of markalak (binder) of more than 25% produced deeper cracking in sample 8 but also a lesser binder percentage created a weaker sample (sample 3). It is interesting to observe that the mechanical blending of grout sample 10 improved the setting time and fluidity of the same composition mixed manually (grout 9) but diminished the adhesion and fluidity of sample 2 compared to its manually-mixed version (sample 1).

Bonding of two renders and adhesion shear test

This was another important test proving the bonding qualities of grout compositions, which is the main goal of grouting.

The grouts were either injected between two prepared render blocks (70/70/20 mm) or injected then pressed between the render blocks, for a better simulation of actual consolidation interventions. The results are recorded in table 2.

An obvious outcome of this test was that pressing the injected surface improves bonding. Therefore, supporting and pressing the detached wall painting areas during grouting is important not only from a protective point of view but also for achieving good adhesion results.

Flow with syringe

This trial, following the published protocol (Biçer-Şimşir and Rainer, 2013, p. 72) aimed to test the ability of a grout to fill the capillary network of granular materials under gravitational forces by pouring 20 mL of grout into a vertically-held 60 mL syringe that is partially filled with 20 mL of granular material (earthen mortar particles in this case) and see it penetrate as much as possible, in the best case flowing through the tip of the syringe. This test proved inadequate for earthen grouts, which actually can consolidate the earthen particles within the syringe without flowing completely through, but simply by reactivating the clay components with either the pre-wetting water or bleeding water.

It is the ultimate goal of our treatment to fill up the voids and consolidate them, which happened without flowing out of the syringe.

Flow on a mud brick

A thin mud brick (45/24cm) using the coarse mortar receipt for fillings was prepared.

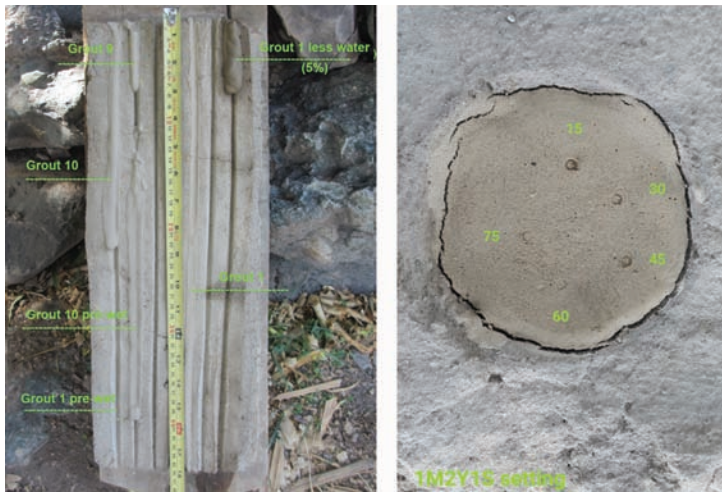


Fig. 6 Flow on a brick and final setting

While the mud brick was still wet, V-shaped channels (0.5 cm wide and 2-3 cm apart) were created on its surface. Following the instructions for lime-based evaluating tests (Biçer-Şimşir and Rainer, 2013, p. 75) we injected 10ml of the grout into the top of the channel and measured the distance the grout travelled down the channel once it stopped flowing.

The flow of the grout was then classified according to the measured distance: low (L) for a distance of less than 100 mm, medium (M) for a distance of less than 200 mm, high (H) for a distance of more than 200 mm.

Grouts 1 and 9 were considered the most suitable mixtures and were tested with and without pre-wetting the surface. The mixture composing grout 9 was also tested after mechanical blending (grout 10), yielding better results (fig. 6). Results are shown on table 3.

Expansion and bleeding

The test is used in the field to determine the amount of expansion and accumulation of bleed water that forms over time at the surface of freshly mixed grout.

The grout mix was poured into a graduated cylinder up to 80 mL. The cylinder was covered to prevent water evaporation and left on an even surface with no vibration.

The volume was measured every 15 minutes in the first hour and hourly thereafter. The volume was recorded at the surface of the bleed water layer and at the surface of the grout.

8.9% bleed water was measured after 26 h for grout formula number 1, which was considered the most adequate for consolidation purposes. By reducing the water content of the same grout by 5%, the bleed water diminished by only 1.8% (to 7.1%).

Even though it seems an important water quantity (for the lime-based grouts the suggested final bleeding should be less than 0.4% - Biçer-Şimşir and Rainer, 2013, p. 78) we consider this amount not dangerous for the earthen system. In fact, comparing the amount of water applied to pre-wet the surfaces to facilitate injection grout flow indicated that the bleed water volume was inferior to the water volume applied in the pre-wetting phase.

Wet density

In the context of earthen architecture, adding weight during grouting might cause various structural problems, from instability to surface damage. When dealing with large voids or vaults, the wet density of the grout becomes a very important parameter.

The wet density has been measured (by weighting a syringe filled

with grout) only for the two most compatible grout compositions, 1 and 9 (table 3).

Final setting time

For earthen grouts the setting time is particularly important, as the mechanical resistance of the original renders can be very fragile in wet conditions.

The final setting time of a grout is the time at which it becomes rigid enough to resist penetration by a cannula (Biçer-Şimşir and Rainer, 2013, p. 87). Grout is injected into cups formed in a mud brick, and the time of final setting is determined by the periodic insertion of a cannula into the grout until the cannula no longer penetrates (fig. 6). Earth grouts set at a much faster pace than the usual lime-based ones. Grouts were checked every 10 and 15 min and were completely set in less than two hours.

CONCLUSIONS

The present study is not exhaustive, but the preliminary results show that earthen injection grouts can address the stabilization issues of mural paintings on mud renders. Systems for both grouting and surface repair have been developed and can be applied effectively and remain stable after 10 years (fig. 7).

Critical requirements related to adhesion, shrinkage and flowing have all been refined through testing and it is critical to state that the tests themselves were inspired by how the materials perform in real-life applications. An illustration of this concerns free water content and how this has the potential to soften a render through

Table 3 Grouts 1 and 9 are considered the most suitable mixtures

Grout no.	Ingredients Markalak (M), Yellow Soil (YS) Sand (S)	Preparation	Observations	Grout (gr)	Water (gr)	Isopropanol (gr)
1	M 1p, YS 2p, S 1p	manual mixing	- easy to draw in syringe - the selected mixture	80	40	
2	M 1p, YS 2p, S 1p	mechanical blending for 5 min	- setting faster than 1	80	40	
3	M 1p, YS 2p, S 2p	manually	- flow diminished - water fraction increased	100	50	
4	M 1p, YS 2p, S 1p	manual mixing	- liquid fraction increased slightly to achieve consistent viscosity. Water reduced by 17,5ml while total liquid increased by 5ml (10%)	80	22,5	22,5
5	M 1p, YS 2p, S 1p	manual mixing	- repeat of 1 with more pre-wetting	80	40	
6	M 1p, YS 2p, S 1p	manual mixing	- repeat of 1 but with filled cup capped with render block	80	40	
7	M 1,5p, YS 2p, S 2p	manual mixing	- water fraction increased	95	55	
8	M 2p, YS 2p, S 2p	manual mixing	- water fraction increased	120	60	
9	M 1p, YS 1p, S 2p	manual mixing	- setting quite fast becoming difficult to draw it into the syringe - flow diminished - second mixture selected	80	40	
10	M 1p, YS 1p, S 2p	mechanical blending for 5 min	the composition becoming more homogeny and easier to draw it into the syringe than 9	80	40	

over-saturation. Calculations and laboratory experimentations could not provide the same data as the information gathered from the repeated application of renders over a ten-year period. It is through the study of combined data obtained through controlled testing and in situ applications that significant results may be obtained.

In 2011 an earthquake of magnitude 5.6 damaged many buildings across Sikkim in north-eastern India, including the Tsuglakhang temple in Gangtok. The mural paintings in this temple had been treated using techniques based on the approaches described above and stood unscathed, while other parts of the building were damaged. This was both a relief and a validation of the technologies described herein.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

Biçer-Şimşir B. and Rainer L. (2013). *Evaluation of Lime-Based Hydraulic injection grouts for the conservation of Architectural surfaces*. The Getty Conservation Institute, US.

Houben H. and Guillaud H. (1989). *Traité de construction en terre*. Parenthèses, Marseille.

Minke G. (2012). *Building with earth: design and technology of a Sustainable Architecture*. Birkhäuser, Bâle.

Rainer L. and Bass Rivera A. (2004). *The conservation of Decorated Surfaces on Earthen Architecture*. The Getty Conservation Institute, US.

Fig. 7 Lotsawa Lhakhang before and after



FÊTE DES MÉTIERS : LES ENDUITS DÉCORATIFS AU NIGER

AUTEUR

Odile VANDERMEEREN

Ingénieur-architecte, Association nigérienne de construction sans bois (ANCSB), Niamey, Niger

RÉSUMÉ

En 2012, une "Fête des métiers" est organisée à Niamey (Niger). La fête met en valeur les techniques traditionnelles de la construction (Brésillon, 2012). Ouverte au public, elle met un accent sur la jeunesse en lui proposant des formations professionnelles et la découverte de l'architecture en terre. L'événement est rythmé par la réalisation des enduits décoratifs sur une nouvelle école construite en banco. Cette école est spécialisée dans les formations professionnelles destinées aux jeunes. Elle est située dans un quartier populaire, en périphérie urbaine. Or justement, les techniques traditionnelles sont méconnues de la société urbaine et davantage encore des jeunes générations. L'objectif de la Fête des métiers est d'éveiller cette jeunesse aux métiers d'art et à leur potentiel économique. Il s'agit aussi de promouvoir une architecture durable sur le marché de la construction. La Fête propose des conférences, des ateliers, des démonstrations techniques. Elle rassemble et convainc différentes générations et groupes sociaux de raviver un patrimoine en l'intégrant dans une architecture contemporaine. Un patrimoine par ailleurs porteur d'emplois !

INTRODUCTION

Beaucoup de pays africains accueillent les avancées technologiques mondiales : il est bon de les utiliser, surtout quand on les marie avec la tradition. Au Niger, pays sahélien d'Afrique de l'Ouest, de nombreux matériaux de construction sont importés. La construction en terre trouve tout son sens car elle utilise un matériau local, disponible en quantité et à un prix abordable. Elle peut être complétée par des matériaux contemporains pour pallier certaines de ses faiblesses. De plus, du fait d'un taux d'alphabétisation très faible, les métiers restent principalement manuels. Parmi ceux-ci, certaines pratiques sont héritées des techniques traditionnelles de la construction en terre.

C'est dans ce cadre que s'inscrit l'initiative d'une "Fête des métiers" : un événement culturel portant sur les enduits décoratifs traditionnels du village d'Ayorou (fig. 1). L'idée est de diffuser une image positive de l'architecture en terre : durable, respectueuse du patrimoine culturel et de l'environnement. C'est également l'occasion de montrer les caractéristiques techniques pérennes de ce type de construction et de montrer les débouchés économiques potentiels dans le secteur. Concrètement, la fête se déroule pendant un mois sur le site de construction d'une nouvelle école en terre. Celle-ci est commandée par l'association Carrefour Jeunesse pour y installer son centre d'apprentissage en couture. Le programme de la Fête comprend plusieurs activités : un cycle de formations professionnelles pour quarante jeunes apprentis, des ateliers pour les enfants, des journées

"chantier portes-ouvertes", des séances d'information technique. La Fête est ponctuée par des conférences, des tables rondes et des visites officielles (fig. 2). Elle est clôturée en musique par une cérémonie rassemblant tous les participants et intervenants.

1. CONSTRUIRE ET FAIRE LA FÊTE, UNE HABITUDE AU SAHEL

Cette fête est inspirée des traditions sahéliennes qui associent le geste de bâtir à un moment convivial. Plusieurs exemples illustrent cette culture festive de la construction. Au Mali, une grande célébration a lieu autour de la réparation des bâtiments publics tels que la mosquée de Djenné (Fontaine et Anger, 2009, p. 72) ou encore le tombeau des Askia à Gao (Joffroy, 2005, p.12). Au Niger, dans le village d'Ayorou, la décoration murale de la maison de la jeune épouse fait partie intégrante du rite du mariage. Jusqu'à la capitale Niamey, une "Gaya" (langue Haoussa) est affaire courante chez les jeunes adultes : les amis se réunissent pour effectuer des travaux dans la maison tout en passant un bon moment ensemble. On voit donc par ces exemples que "construire" est un moyen actuel de se réunir et de célébrer.

S'appuyant sur ce fond culturel intrinsèque, la Fête des métiers est organisée pendant la dernière phase de construction de l'école : elle rassemble et favorise les synergies dans une atmosphère conviviale.



Fig. 1 Lors de formations professionnelles, 40 jeunes apprentis initiés par les artisanes d'Ayorou



Fig. 2 Cérémonie officielle, les ministres, gouverneur, artisanes et apprentis réunis

2. ORGANISER : DES SAISONS, UNE SOCIÉTÉ, UNE CULTURE

Dans un environnement professionnel tel que celui du Niger, il faut tenir compte de facteurs parfois négligeables dans d'autres types de sociétés : le planning doit être organisé en fonction des fêtes religieuses, des fêtes familiales, de la saison du travail aux champs, et encore d'autres facteurs sociaux... Si ces paramètres sont oubliés, le chantier risque d'être déserté !

Tous ces éléments sont respectés lors de la phase de préparation de la Fête des métiers. Cela a favorisé sa réussite. L'événement a lieu en octobre, après la saison des pluies annuelles. Il était donc impératif que la construction du gros-oeuvre de l'école soit achevée dans les temps, suffisamment à l'avance pour sécher et se stabiliser, avant l'application des enduits de finition et des enduits décoratifs.

Pendant le mois précédant l'événement, le chantier est approvisionné en matériaux spécifiques et la stratégie de communication est mise au point. Les équipes de chantier sont recrutées et organisées par l'Association Nigérienne de Construction Sans Bois (ANCSB). Parallèlement, le processus de sélection de quarante jeunes apprentis est lancé et leur contrat finalisé. L'accueil des cinq artisanes en provenance d'Ayorou est fin prêt (fig. 3).

3. UN MOIS DE FESTIVITÉS : LA JEUNESSE A L'HONNEUR

La Fête bat au rythme de la réalisation des enduits. Elle dure un mois. Cela correspond au temps nécessaire pour effectuer les quatre couches d'enduit de protection et la couche finale de décoration. Les journées sont ponctuées de cours théoriques et de mise en pratique. Les tâches sont réparties et les apprentis sont rapidement impliqués dans le travail avec les artisanes (fig. 4).

Chaque jour, le chantier est ouvert au public. Pour les visiteurs, des séances de démonstrations ludiques et pédagogiques sont aussi organisées durant les week-ends. Par ailleurs, des visites officielles d'élus locaux sont des moments forts pour les équipes sur le chantier et encouragent les jeunes apprentis.

Pour toucher le plus jeune public, des ateliers-découverte de l'architecture en terre accueillent les enfants. Pendant la journée, il n'est pas rare non plus de voir les élèves des écoles avoisinantes courir dans la

cour pour venir assister aux décorations et mettre la main à la pâte !

4. LE SUPPORT ARCHITECTURAL : UNE ÉCOLE ACIER-TERRE

La Fête des métiers est un événement dont le but est à la fois de former la jeunesse par la pratique et en même temps de présenter des démonstrations au public. Elle a lieu sur le chantier de construction de la nouvelle école de formation professionnelle en couture, commandée par l'ONG Carrefour Jeunesse.

L'école de couture est composée de trois classes et d'une salle commune. Son architecture fusionne les matériaux locaux et les matériaux industriels: la terre et l'acier.¹ Les classes sont entièrement construites en banco, un mélange de terre et de paille, jusqu'aux toitures faites en voûtes de terre. La construction est surplombée par un large préau sur portiques métalliques, créant des espaces extérieurs couverts entre chacune des classes. Les élèves et les professeurs peuvent aussi s'installer à l'extérieur pour le déroulement de leurs leçons. Cette utilisation du "dedans" et du "dehors" est en adéquation avec le climat et la culture nigérienne (fig. 5).

La lumière dans les classes provient d'une succession d'arcs de différentes hauteurs, qui créent des ouvertures au sommet des toitures en terre et permettent ainsi la diffusion du jour depuis le haut de la pièce. Ces ouvertures génèrent en plus une ventilation naturelle grâce à un "effet cheminée". Cette ventilation, associée à la protection de la double toiture, permet de lutter contre la chaleur, dans un pays où les températures sont fréquemment élevées en saison chaude, allant jusqu'à 48°C (Mester et Parajd, 1992, p.10). En débordant sur les côtés, la toiture apporte de l'ombre sur les parois extérieures des classes. Les parois sont dès lors moins exposées au soleil et aux pluies.

Le choix de la terre est évident : ce matériau est disponible sur place et donc moins cher (le projet a coûté 98€/m²). La terre a été utilisée de tous temps au Niger et sa mise en oeuvre est maîtrisée par les maîtres-maçons. Les enduits intérieurs sont composés de terre rouge et de gomme arabique, une recette délivrée par l'ANCSB. Les finitions des murs extérieurs sont réalisées par les célèbres femmes-peintres d'Ayorou, grâce à une technique connue d'elles seules qu'elles acceptent de livrer ici.

¹ Concept et documents produits par l'architecte Odile Vandermeeren (<http://odilevandermeeren.blog.com>)





Fig. 4 Les apprentis travaillent avec les artisans sur la première couche des enduits

Fig. 3 (à gauche) Les artisanes-décoratrices en provenance du village d'Ayorou

5. LA TECHNIQUE DÉCORATIVE DE L'ENDUIT D'AYOROU

Ce patrimoine mis à l'honneur pendant la Fête des métiers est une technique vernaculaire pratiquée dans le village d'Ayorou.

“À Ayorou, localité située à environ deux cent kilomètres au Nord-Ouest de Niamey, la capitale du Niger, les femmes sont depositaires d'une technique d'enduit transmise de mère en fille. Cette pratique aux résultats splendides a été utilisée pour décorer les murs de l'école de couture de l'ONG Carrefour Jeunesse.”² Les femmes d'Ayorou ont pour tradition de décorer leur maison lors de leur mariage ou lors des événements ponctuant la vie familiale. La décoration de la maison doit être tout aussi impeccable et séduisante que leur tenue vestimentaire, expliquent-elles.

D'un point de vue architectural, cette technique est choisie en finition sur les murs de l'école pour deux raisons: pour que l'école soit attrayante et qu'elle célèbre la créativité; mais aussi parce que ce type d'enduit préserve les propriétés de respiration et d'hygrométrie des murs en terre.

D'un point de vue culturel, le partage de ce savoir-faire rural avec une nouvelle génération urbaine est un moyen de le faire perdurer.

Pour favoriser la reproduction de la technique, des outils didactiques sont mis à disposition sur internet pour les professionnels de la construction (fig. 6 - 7).

6. UN CHANTIER D'EXPÉRIMENTATION : UN MUR EN POTERIES

Une autre technique de finition des murs en terre est expérimentée lors de la Fête des métiers. En effet, un des freins à la généralisation des constructions contemporaines en terre est l'entretien qu'elles nécessitent. Pour pallier ce problème spécifique, une technique de parement de façade en poterie est mise au point (fig. 8). Le résultat obtenu est un mur de façade compact, étanche à l'eau mais perspirant. Cette technique abordable et efficace peut être facilement reproduite. Elle donne des pistes à la nouvelle génération de constructeurs en

² Extrait du film didactique du CISP mis à disposition sur le blog "Terre d'Afrique et architecture" https://terredafriqueetarchitecture.wordpress.com/1_outils-didactiques/

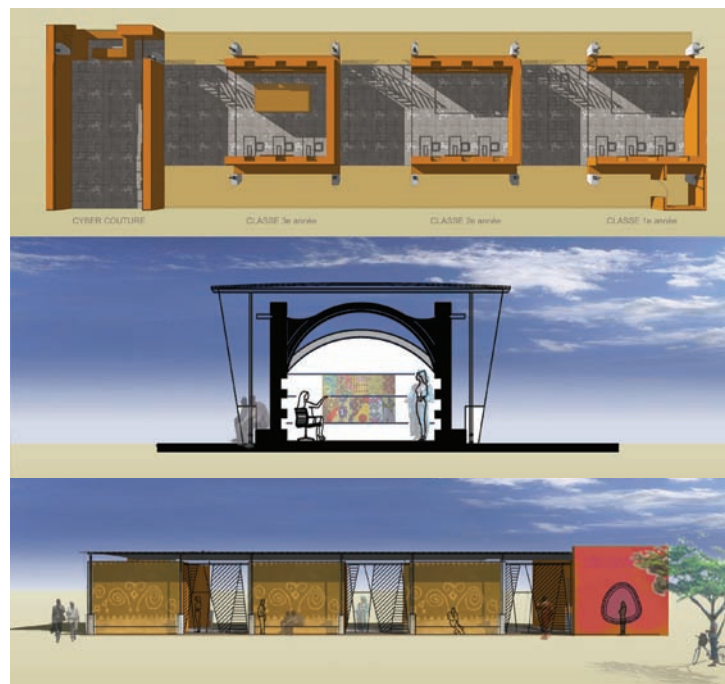


Fig. 5 Plan, coupe, façade du projet d'architecture de l'école de couture acier-terre

utilisant des matériaux et des savoir-faire locaux tout en les réinterprétant sur des bâtiments.

7. VERS UNE CERTIFICATION DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE

L'association Carrefour Jeunesse, le maître d'ouvrage de la nouvelle école, est spécialisée dans les formations professionnelles destinées aux jeunes. Grâce à cette expertise, le comité d'organisation de la Fête des métiers a pu s'appuyer sur un système efficace et objectif pour recruter les quarante apprentis. Certaines formations dispensées par Carrefour Jeunesse sont déjà certifiées par l'Etat. L'obtention de la certification dans le secteur de la construction en terre doit encore faire l'objet d'une démarche volontaire.

La Fête des métiers, c'est aussi l'occasion d'ouvrir une nouvelle "Plateforme d'Orientation Jeunesse", inscrite dans un réseau³. Plusieurs de ces plateformes sont réparties à travers les communes de la capitale. Ce réseau offre aux jeunes des informations pour la recherche d'un emploi. Lors de la Fête des métiers, la nouvelle plateforme gérée par Carrefour Jeunesse est inaugurée : elle s'appelle AfricapSud et prend place à côté de la nouvelle école, dans le quartier de Karadjé.

8. LE MARCHÉ DE L'ARCHITECTURE CONTEMPORAINE EN TERRE

Le renforcement des capacités techniques des ouvriers et des experts de l'architecture en terre doit aller de pair avec la promotion d'un nouveau marché de la construction: il s'agit de convaincre l'opinion publique de l'intérêt de cette pratique et aussi d'attirer de nouveaux investisseurs. Les experts peuvent dès lors exercer leur savoir-faire tout en générant des revenus sur ces nouvelles commandes de bâtiments écologiques.

³ Le réseau des Plateformes d'orientation-Jeunesse est mis en place par l'ONG Swisscontact au Niger.

<p>Matériel et proportions : 1/2 bol (petit) de cendres 1/2 bol (petit) de son de riz 1 bol (grand) de banco 1 litre d'eau</p>	<p>ETAPE 1. préparer de la surface du mur en adobe de banco (brique); éliminer les reliefs trop importants, les saillies à l'aide de la tranche d'une pelle</p>	<p>ETAPE 2. projeter 1 boule de mélange (2 x la taille d'une main) sur le mur; au préalable, mouiller sa main; il faut pour cela garder un bol d'eau près de soi; projeter plusieurs boules de terre.</p>	<p>ETAPE 3. étaler avec le plat de la main jusqu'à couvrir toutes les surfaces, y compris la toiture; obtenir une couche de maximum 1 cm d'épaisseur; garder les doigts serrés et la main plate; ne pas appuyer pour étaler; effectuer un mouvement du bras du haut vers le bas;</p>

Fig. 6 Fiche technique d'application de la première couche d'enduit

Parmi les partenaires de l'équipe d'organisation de la Fête et des autres projets en cours⁴, certains continuent d'accompagner les décoratrices pour la mise en valeur de leurs techniques. Ils oeuvrent pour la professionnalisation des artisanes en créant un "Groupement d'Intérêt Économique", un GIE. Celui-ci va permettre de répondre à un marché et de s'affirmer dans le secteur de la construction durable et de la mise en valeur du patrimoine (Essessé, 2005).

Plusieurs entrepreneurs ont visité le chantier et pris connaissance des techniques. Des clients potentiels ont trouvé l'inspiration en visionnant le projet sur internet. Par la suite, de nombreuses manifestations d'intérêt pour ce type de construction ont été reçues par les organisateurs et transmises aux différents entrepreneurs locaux, architectes et artisans oeuvrant pour l'architecture en terre au Niger.

Parallèlement à la Fête, un cycle de conférences est lancé. Il s'appelle "les Matinées de l'architecture en terre". Il s'adresse aux professionnels de l'architecture, aux décideurs et aux potentiels maîtres d'ouvrage. Aussi bien la Fête des métiers que ce cycle de conférences contribuent à faire la promotion d'une nouvelle architecture durable.

9. MÉDIATISATION, WEB ET TRADITION

Au cours de la réalisation des enduits, des portes-ouvertes sont organisées. Tous les canaux médiatiques sont utilisés pour inviter les citoyens et les élus à visiter le chantier. En même temps qu'une diffusion par la télévision, par la radio, sur le web et dans les journaux, un autre moyen - cette fois traditionnel - est engagé et démontre son efficacité : le "crieur de rue" (fig. 9). A Niamey, chaque quartier dispose de son crieur public attiré pour diffuser les informations du quotidien.

Grâce à l'ensemble de cette communication, deux mille personnes ont été sensibilisées et trois cents visiteurs accueillis. Cette grande Fête des métiers a, en outre, reçu la visite de plusieurs ministres, maires et du Gouverneur de Niamey. Un reportage sur Radio France International (RFI) relatera même l'événement par après, en janvier 2013 (Tulet, 2013).

⁴ Partenaires du projet "Une Industrie culturelle en développement: l'architecture en terre". Le projet a été soutenu et cité en exemple par la Commission Européenne (Programme ACP/Cultures).



Fig. 7 Motifs peints à la main ou à l'aide d'un morceau de bois ou de tissu

10. LE FUTUR EN 5 QUESTIONS

Ces actions et ces activités soulèvent plusieurs questions quant au futur de l'architecture en terre au Niger. Il est primordial d'y répondre, au risque que ces pratiques disparaissent totalement au profit d'une standardisation des techniques de construction non-adaptées à un contexte.

Première question : qu'en est-il de la réglementation de la construction en terre ? Certaines démarches avaient été entamées ; un plaidoyer pour des normes spécifiques à l'architecture en terre est relancé suite à la Fête des métiers. Il doit être poursuivi avec persévérance. Deuxième question : pour répondre aux incertitudes de certains maîtres d'ouvrage, ne faut-il pas créer un label ? L'objectivité d'un tel gage de qualité doit avant tout être garantie.

Fig. 8 Parement de mur réalisé par des cônes en poterie





Fig.9 Le crieur de rue traditionnel comme moyen efficace de médiatisation



Fig.10 L'école acier-terre entièrement décorée à la fin de la Fête des métiers

Troisième question : comment les maîtres-maçons de l'architecture en terre vont-ils réussir à transmettre leur savoir-faire? L'organisation des artisans et des maîtres-maçons en corporation devrait être une priorité. La génération suivante doit être engagée en apprentissage dès maintenant pour assurer la relève.

Quatrième question : comment mettre en place un système de formations certifiées par le Ministère de la Formation Professionnelle ? Des organismes travaillent déjà dans ce secteur, il faut s'appuyer sur leur expertise.

Cinquième question : quels sont les futurs événements de promotion de l'architecture durable au Niger ? Il faut persévérer dans la promotion culturelle, l'échange des savoir-faire et les débats d'idées.

La liste de ces questions n'est pas exhaustive. Elle est adressée aux responsables et acteurs de l'architecture en terre au Niger et ailleurs.

CONCLUSION

Lors de la Fête des métiers, quarante jeunes apprentis découvraient les métiers traditionnels dans le secteur de la construction. La formation professionnelle leur a donné un cadre et un complément de compétences qui les a amenés à renforcer leur confiance en eux ; ainsi qu'à prendre leurs responsabilités et à devenir des acteurs du développement socio-économique de leur pays.

De plus, il s'agissait de sensibiliser citoyens et politiques au fait que, moyennant des techniques appropriées, l'architecture en terre peut satisfaire les attentes et besoins d'une société contemporaine.

Au-delà de la décoration de l'école de couture, la Fête des métiers a porté des valeurs d'échange, de promotion sociale, des valeurs de protection de l'environnement et de mise à l'honneur des savoir-faire (fig. 10). Elle a permis également de développer de nombreuses synergies et de donner les moyens à la jeune génération de se construire un avenir, au propre comme au figuré !

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CISP (2013). *L'architecture en terre au Niger, entre passé et futur*, La Nouvelle Imprimerie du Niger.
- De Herde, A. et Liébard, A. (2006). *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*, Le Moniteur Editions.
- Essessé, A. et Bâtir et Développer (2010). *Fleuve Niger, Femmes et patrimoine*, Ibis Press.
- Fontaine, L. et Anger, R. (2009). *Bâtir en terre, du grain de sable à l'architecture*, Editions Belin.
- Houben, H. et Guillaud, H. (1989). *Traité de construction en terre*, Parenthèses, Marseille.
- Joffroy, T., Direction Nationale du Patrimoine Culturel (2005). *Le Tombeau des Askia*, CRAterre Editions.
- Kur, F. (2005). *L'habitat écologique, quels matériaux choisir ?*, Terre vivante.
- Mester, C. et de Parajid, L. (1992). *Regards sur l'habitat traditionnel au Niger*, Editions Créer.
- Ochesendorf, J. (2010). *Guastavino Vaulting - The art of structural tile*, Princeton Architectural Press.
- Prof. Junzo, K. (2007). *La restauration du Palais du Roi Gbèhanzin*, CRAterre-Ensag éditeur.
- Ravéreau, A. (2003). *Le M'Zab, une leçon d'architecture*, Sindbad Actes Sud.
- Weisman, A. et Bryce, K. (2009). *Enduits et peintures naturels à base de chaux ou de terre*, Laplage.

ILLUSTRATIONS, MÉDIATISATION ET OUTILS DIDACTIQUES

- Brésillon, T. (2012). Reportage photo *Les Artisanes d'Ayorou*. <https://www.flickr.com/photos/thierry-ontheroad/sets/72157631770503594/with/8088274276/>
- Essessé, A. (2005). Film documentaire *Les Femmes bâtisseuses du Niger*.
- CISP (2013). Film didactique *Terre d'Afrique et architecture*. https://terredafriqueetarchitecture.wordpress.com/1_outils-didactiques/
- Tulet, A. (2013). Reportage *L'architecture en terre: une solution pour le Sahel*. RFI. <http://www.rfi.fr/afrique/20130301-architecture-terre-une-solution-le-sahel>
- Swisscontact (2013). Plateformes d'orientation Jeunesse Africapsud. <http://www.orientation-niger.org/Africapsud-plateforme-orientation-niger-27-Africapsud.html>

CULTURE ET DÉVELOPPEMENT LOCAL

LOCAL CULTURE AND DEVELOPMENT

CULTURA Y DESARROLLO LOCAL

Avec ce troisième thème, les risques naturels (tremblements de terre, inondations) ont souvent été abordés, ce qui a permis de soulever la question primordiale de la résilience des populations affectées. Les qualités et les valeurs en lien avec la construction en terre sont mieux reconnues aujourd'hui, à travers le prisme du développement durable, de l'éco-habitat et de la diversité culturelle. La Terre est également mieux perçue en tant qu'option durable et viable pour l'architecture contemporaine. Puisque l'acte de construire en terre s'avère également très satisfaisant, l'attention accordée au bien-être humain est également soulignée. Néanmoins, l'appréciation générale de la terre en tant que matière à construire viable dépend fortement des politiques nationales et locales. D'autre part, comme l'ont souligné plusieurs auteurs, des défis en lien avec les codes du bâtiment, les règles et les normes professionnelles et les pressions résultant des systèmes technocratiques et bureaucratiques sont encore à relever. Une question a été soulevée : quel est le niveau acceptable de normes qui doit être promu afin que la terre devienne un matériau plus convaincant aux yeux des décideurs et des professionnels ?

Toujours par le biais de ce thème, un nombre croissant de réseaux professionnels nationaux et d'organisations à but non lucratif dédiées à l'architecture de terre ont pu être présentées. Le tourisme culturel joue un rôle décisif dans l'intérêt croissant suscité par le patrimoine architectural en terre mais aussi dans le développement de styles architecturaux locaux remarquables. Ces réalisations contribuent-elles à la préservation des cultures constructives traditionnelles en terre, des connaissances artisanales et du savoir-faire qui leurs sont associés ? Il a aussi été noté que l'architecture de terre moderne peut parfois apporter des réponses et des solutions singulières, déconnectées des besoins réels des communautés dans leurs contextes spécifiques. Mais bien souvent, les populations considèrent les techniques traditionnelles de construction en terre comme bien adaptées aux conditions et aux climats locaux, s'intégrant bien dans le cycle des activités humaines. Un certain nombre d'améliorations pourraient permettre aux pratiques de la construction en terre de se transformer potentiellement en des industries durables, ayant un impact positif sur les économies locales.

Through this third theme, natural risks (earthquakes, flooding) were often addressed, raising the paramount question of the resilience of affected populations. Merits and values of earthen settlements are better recognised today, through the prism of sustainable development, eco-habitat and cultural diversity. Earth is also better perceived as a sustainable and viable option in contemporary architecture. As building with earth also proves to be a very satisfying activity, the attention given to human well-being is also emphasised. Nevertheless, the general appreciation of earth as a viable medium for building greatly depends on national and local policies. On the other hand, as pointed out by several authors, the limitations of building codes, professional rules and standards and the pressures resulting from technocratic and bureaucratic systems remain to be faced. A question was brought up: what is the acceptable level of standards, between high and low, that must be promoted so that earth may become a more convincing material for decision-makers and professionals?

Also through this theme, an increasing number of national professional networks and non-profit organizations dedicated to earthen architecture were introduced. Cultural tourism plays a decisive part in the growing interest for earthen architectural heritage but also in the development of noteworthy local architectural styles. Are these achievements contributing to the preservation of traditional earth building cultures, artisanal knowledge and know how? It was noted that modern earthen architecture can, at times, provide singular responses and solutions disconnected from the needs of communities in their specific contexts. But more often than not, populations are convinced that traditional earthen building techniques are well adapted to local climates and conditions, and are well integrated into the cycle of human activities. With some improvements, earth-building practices have a high potential to turn into sustainable industries and thus make a positive impact on local economies.

En este tercer tema se abordó con frecuencia la cuestión de los riesgos naturales (terremotos, inundaciones), resaltándose la importancia de la resiliencia de las poblaciones afectadas. Las cualidades y valores de los asentamientos construidos con tierra están hoy en día más reconocidos, gracias a la pujanza del desarrollo sostenible, de la arquitectura ecológica y del reconocimiento sobre la importancia de la diversidad cultural. Del mismo modo, se percibe cada vez más a la tierra como opción duradera y viable para la arquitectura contemporánea. Dado que el acto de construir con tierra resulta a menudo muy grato, se subraya igualmente la atención concedida al bienestar de las personas. Sin embargo, la apreciación general de la tierra como material de construcción viable depende en gran medida de políticas nacionales y locales. Además, tal como señalaron varios autores, aún se deben tener en cuenta los desafíos relacionados con los códigos de construcción, las reglas y normas profesionales y las presiones resultantes de los sistemas tecnocráticos y burocráticos. Se planteó aquí una cuestión central: ¿cuál es el nivel de normas aceptable que se debe promover con el fin de que la tierra se convierta en un material más convincente a ojos de políticos y profesionales?

Asimismo, a través de este tema se pudieron presentar un número creciente de redes de profesionales nacionales y de organizaciones sin ánimo de lucro dedicadas a la arquitectura de tierra. El turismo cultural juega un papel decisivo en el creciente interés por el patrimonio arquitectónico de tierra, así como en el desarrollo de notables estilos arquitectónicos locales. ¿Contribuyen estos logros a la preservación de las culturas constructivas de tierra tradicionales, de las habilidades y conocimientos prácticos y técnicos? También se señaló que la arquitectura de tierra moderna a veces puede proporcionar soluciones y respuestas singulares, desconectadas de las necesidades reales de las comunidades en sus contextos específicos. Sin embargo, en muchos casos los habitantes consideran que las técnicas tradicionales de construcción con tierra se adaptan bien a las condiciones y climas locales, integrándose satisfactoriamente en el ciclo de las actividades humanas. La inclusión de ciertas mejoras podría permitir la potencial transformación de las prácticas de construcción con tierra en industrias sostenibles, con un impacto positivo en las economías locales.

CULTURAS CONSTRUCTIVAS EN TENSION (PROVINCIA DE JUJUY, ARGENTINA)

AUTOR

Jorge TOMASI

CONICET – Instituto Interdisciplinario Tilcara,
Facultad de Filosofía y Letras,
Universidad de Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

La Quebrada de Humahuaca y la Puna de Jujuy, en el noroeste argentino, presentan una importante cantidad de arquitectura en tierra con una significativa profundidad temporal y una notable actualidad. Las culturas constructivas incluyen una diversidad de técnicas, con variaciones a nivel local. En las últimas décadas, se han ido incorporando diferentes materiales y procedimientos que han comenzado a interactuar de diferentes formas con los modos de hacer locales.

La investigación que estamos desarrollando se orienta al registro y análisis de estas transformaciones recientes, identificando los modos de uso de los materiales que se han incorporado y cómo estos son puestos en relación con las técnicas existentes. El enfoque teórico adoptado considera que las técnicas constructivas deben ser analizadas dentro del marco cultural en el que son producidas.

El estudio realizado ha permitido profundizar en la comprensión de estos procesos en distintos niveles, incluyendo los potenciales aportes y problemáticas asociados al uso de los materiales; los cambios en las formas de ejecución de las obras y los modos de transmisión de los conocimientos; las implicancias de las políticas públicas que en general han tendido a desalentar la construcción con tierra, y las prácticas profesionales recientes.

INTRODUCCIÓN

Las tierras altas en la provincia de Jujuy, en el noroeste de Argentina presentan una significativa presencia de distintas técnicas basadas en la tierra cruda, con procedimientos que abarcan todas las etapas de la construcción de la arquitectura doméstica. Al igual que en toda el área andina, estas prácticas y saberes tienen una significativa profundidad temporal, y, como veremos, una notable persistencia en su uso (Viñuales, 1991). Las dinámicas sociales y las trayectorias históricas han implicado múltiples cambios en el tiempo, tal que de ninguna manera es posible comprender estas técnicas como prácticas estáticas.

En este trabajo nos concentraremos particularmente en dos áreas específicas como son la Quebrada de Humahuaca y la Puna de la provincia de Jujuy, ambas en el noroeste de Argentina (fig. 1). En particular nos interesaremos por las técnicas y prácticas vinculadas con la producción de arquitectura doméstica en estas áreas. Al referirnos a “culturas constructivas” nos proponemos aproximarnos a estas arquitecturas desde sus procesos de producción y las concepciones que están asociadas. Las técnicas no son hechos aislados sino que están históricamente constituidas, están insertas en un universo de relaciones sociales y son indisolubles de las distintas tramas de significación que le dan sentido (Dietler y Herbich, 1998).

En las últimas décadas estas culturas constructivas locales han

estado atravesadas por intensos procesos de transformación que han implicado cambios profundos en las prácticas con la incorporación de distintos materiales pero también modificaciones en las formas de organización de los trabajos, en las lógicas de transmisión y aprendizaje del construir. A esto nos referimos cuando hablamos de “culturas constructivas en tensión”, y son algunas dimensiones de estas tensiones las que nos proponemos considerar.

1. LAS LÓGICAS DE LAS TÉCNICAS Y SUS TRANSFORMACIONES RECIENTES

Si bien la Quebrada de Humahuaca y la Puna jujeña presentan características específicas, ambas han estado históricamente relacionadas a través de la intensa movilidad de la población que articulaba estos espacios. Al hablar de Puna jujeña nos estamos refiriendo a la porción del altiplano andino que ocupa el noroeste de la provincia de Jujuy y que se constituye como un macizo de altura que oscila entre los 3000 y 5000 msnm. Esta área puneña se ha caracterizado históricamente por una fuerte impronta pastoril con sus lógicas de movilidad asociadas. La Quebrada de Humahuaca se constituye como el borde oriental de la Puna, y en términos topográficos es una depresión en sentido norte-sur, de unos 120 km de largo, con una variación altitudinal que va desde los 1600 a los 3400 msnm (Reboratti et

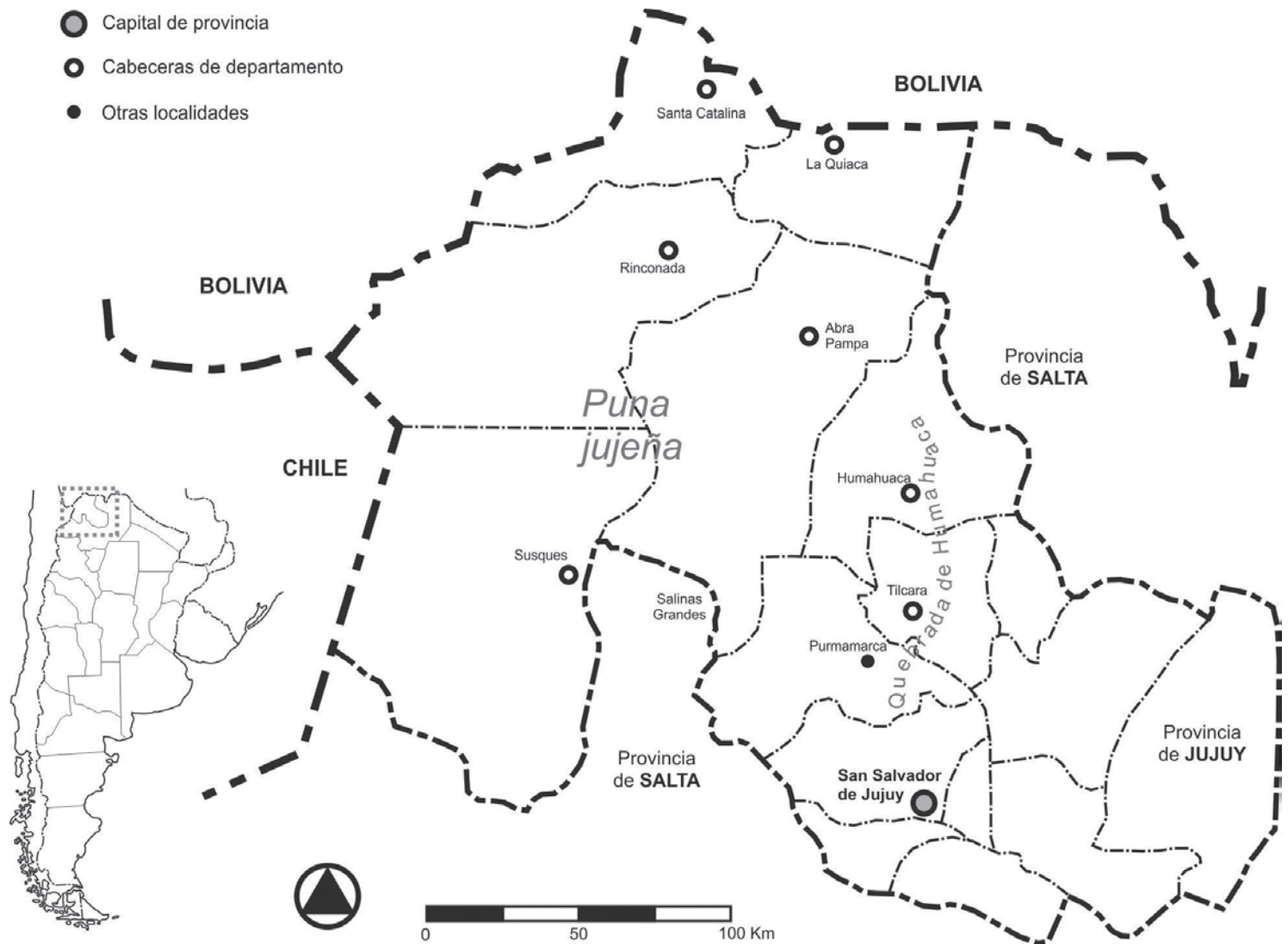


Fig. 1 Ubicación del área de estudio en el norte de Argentina, imagen: propia

al., 2003). Ha sido desde tiempos prehispánicos un intenso corredor que permitía la comunicación entre las tierras bajas y altas. La población fundamentalmente agrícola mantenía vínculos de intercambio con los pastores puneños, una práctica que, con modificaciones, se sostiene parcialmente hoy en día. Una cuestión sustancial a los efectos de este texto es que en el año 2003 la Quebrada de Humahuaca fue declarada Patrimonio Mundial por la UNESCO dentro de la categoría Paisaje Cultural.

Las técnicas basadas en el uso de tierra cruda han tenido una presencia más que relevante en la producción de arquitecturas domésticas en estas tierras altas de la provincia de Jujuy. Al observar los censos de población se advierte que en los 8 departamentos de Quebrada de Humahuaca y Puna la presencia del adobe alcanzaba a un notable 88% de las viviendas existentes. En lo que se refiere a las cubiertas, los porcentajes se reducen, pero no dejan de ser importantes, siendo que para los departamentos en cuestión se alcanza un 28,49% de viviendas con techados de barro o paja, y un 50% si nos limitamos al ámbito rural.

Si tuviéramos que caracterizar la arquitectura en tierra en la región, observaríamos entonces una elevada presencia de la mampostería de adobe con cimientos y sobrecimientos de piedra (Rotondaro, 2011). También, especialmente en la Puna, son importantes los muros integrales de piedra asentada en barro (Tomasi y Rivet, 2011). Otras

técnicas como los entramados realizados con caña tienen un uso relativo para ciertas estructuras accesorias en la Quebrada de Humahuaca (Rotondaro, 2011) y el tapial solía ser empleado particularmente para la división de parcelas en la misma área. Tradicionalmente los estucos también eran de barro, con una mayor incidencia en las caras interiores que en las exteriores (fig. 2).

En lo que se refiere a las cubiertas vamos a encontrar dos técnicas centrales dentro del corpus de procedimientos locales. En la Quebrada de Humahuaca históricamente ha tenido una relevancia superlativa el "torteadado", que consiste básicamente en la ejecución de una cobertura continua de barro en varias capas superpuestas, ejecutado sobre entramados de cañas o entablonados de distintas

Fig. 2 Vista urbana de un sector del pueblo de Tilcara, foto: propia





Fig. 3 Detalle una cocina construida en piedra y barro en una casa rural del área puneña, foto: propia

maderas (Rotondaro y Rabey, 1988; Tomasi y Rivet, 2011). En el caso de la Puna, la técnica más característica ha sido el “guayado”, es decir las cubiertas de gramíneas con un barro arcilloso y viscoso (fig. 3). Sintéticamente, los manojos de paja se embeben parcialmente en el barro y se disponen en forma superpuesta (Rotondaro, 1988; Delfino, 2001; Tomasi y Rivet, 2011). Recientemente, también en la Puna, ha aumentado el uso del “torteadado”, como una técnica retomada desde las tierras más bajas, como la Quebrada u otros valles de altura (Delfino, 2001).

En la actualidad, estos rasgos que hemos planteado son solo parcialmente suficientes para describir las técnicas y prácticas arquitectónicas en estas regiones. Si bien efectivamente la construcción con tierra sigue teniendo un rol preponderante, lo cierto es que particularmente en las áreas más urbanas es posible registrar en las últimas décadas una serie de transformaciones significativas que involucran tanto la incorporación de nuevos materiales y procedimientos, como de otras relaciones y modos de producir arquitectura (Delfino, 2001; Rotondaro, 2011). En efecto, en las distintas etapas de la construcción de una vivienda se han producido cambios importantes, con un creciente uso de materiales industrializados que se vinculan de modos variables con las técnicas existentes. En particular los morteros de cemento han reemplazado en muchos casos a aquellos de barro, particularmente en los revoques (a tal punto que ya casi no se ejecutan estos últimos), y cada vez más como argamasa para las juntas en muros de adobe. A esto se suma la amplia extensión de las estructuras de hormigón armado, incluso en viviendas pequeñas, como un refuerzo general para las construcciones de adobe. Esta incorporación puede implicar la realización de estructuras completas de columnas, encadenados, e incluso losas, con el adobe usado como cerramiento, o la ejecución parcial de dinteles o vigas de encadenado superior aisladas. Esto lleva a un proceso adicional que es el de la reducción de los espesores de los muros de adobe, que pasaron de ser dobles a simplemente soga, y sin vínculos con las estructuras. En paralelo, es cada vez más frecuente observar el uso de bloques cerámicos, de hormigón o ladrillos cocidos, de la mano con un cambio en las relaciones de producción de adobes y un aumento significativo en su costo. En las cubiertas podemos observar los cambios más contundentes con la incorporación de la calamina como resolución general, o bien con el sostenimiento de la técnica del “torteadado” pero con modificaciones radicales como la adición de una capa final

cementicia, de membranas asfálticas o la colocación de pinturas especiales

2. ENTRE LA NEGACIÓN Y LA APROPIACIÓN

Ciertamente este tipo de transformaciones no son exclusivas de estas regiones en el norte argentino, sino que son visibles en múltiples lugares donde la construcción con tierra ha sido históricamente central. El cuestionamiento que se nos presenta, es cómo pensamos estos procesos de transformación poniendo en el centro a los sujetos, y por fuera de las construcciones nostálgicas que se presentan habitualmente. En las conversaciones con constructores y pobladores en general, se expresan habitualmente una serie de explicaciones que es necesario tener en cuenta. En términos generales, los cambios están vinculados con una expectativa de mejora en las condiciones y rendimiento de las construcciones de tierra, más allá de los resultados que efectivamente se obtengan. Una cuestión central está vinculada con la reducción de las obligaciones de mantenimiento periódico o de reparaciones que se entiende son necesarias para un estuco de barro, un “torteadado” o un techo de paja. De la misma manera, se puede observar una creciente desconfianza hacia la construcción con tierra en muchos pobladores, que ponen en duda la resistencia de un muro de adobe si no se le incorpora hormigón armado o la capacidad de aislamiento hidrófugo de las cubiertas tradicionales. Finalmente, aunque pueda resultar paradójico, los costos en mano de obra y materiales en el caso de la tierra son cada vez más altos y superan a las tecnologías industrializadas. Nadie en estas comunidades ignora las mejores condiciones térmicas que presentan las cubiertas de tierra frente a la calamina, aunque puesto en una consideración general esto no siempre es suficiente en la ecuación. Por otra parte, la incorporación de otros materiales no implica necesariamente un abandono total de los tradicionales, sino que más bien se observa una ampliación del repertorio de respuestas posibles.

En su trabajo sobre las técnicas constructivas en la Puna de Catamarca, hacia el sur de Jujuy, Delfino (2001), al referirse a los cambios tecnológicos, propuso referirse a los materiales en términos de “institucionales”, más que de “industrializados”. Este cambio de foco conceptual, es significativo para reflexionar sobre los procesos de transformación arquitectónica, puesto que nos permite pensarlos en el marco de las relaciones que se establecen entre las poblaciones locales y los espacios institucionales, estatales o privados. Retomando nuestros casos de estudio, nos interesa considerar dos procesos que se dan en forma simultánea, que tienen características y discursos antagónicos, pero que de fondo están mucho más cerca de lo que puede parecer. Por un lado, nos encontramos con el sostenimiento de la negación y estigmatización de la construcción con tierra que se expresa claramente en las políticas públicas; por el otro, una supuesta reivindicación de estas tecnologías con la aplicación de distintas técnicas en ciertas arquitecturas, de la mano en buena medida del crecimiento del mercado turístico luego de la declaratoria.

En relación con el primero de los procesos, si bien las discusiones respecto a la viabilidad de la construcción con tierra han ampliado su visibilidad, lo cierto es que Argentina sigue sin tener una norma-



Fig. 4 Una de las viviendas en un plan habitacional estatal en una localidad puneña, foto: propia

tiva que la habilite y regule, limitándose entonces su uso. Al mismo tiempo, las estadísticas oficiales, por ejemplo, continúan vinculando estas técnicas en forma directa con condiciones de vulnerabilidad social o déficit habitacional. En los discursos públicos, las ideas de “erradicación de ranchos” se siguen expresando sin que se aclare demasiado a qué se refieren, sosteniéndose la histórica estigmatización de algunas técnicas como si éstas fueron responsables de determinados problemas sanitarios. La expresión material de esto es que las arquitecturas de las instituciones públicas replican en estas regiones acríticamente los modos de hacer de otras zonas del país. Lo propio ocurre con los distintos planes habitacionales, en los que escasamente se toman en cuenta los saberes locales y cuando se hace es en forma parcializada (fig. 4).

A mismo tiempo, en los últimos años, particularmente en la Quebrada de Humahuaca se registra un incremento significativo en el uso de distintas técnicas de construcción con tierra en proyectos de índole particular, institucional y comercial vinculados con el incremento de un mercado relacionado con la declaratoria de Patrimonio Mundial (Rotondaro, 2011; Tomasi, 2011; Tommei y Benedetti, 2014). En este marco, se han reproducido los hoteles, espacios gastronómicos o comerciales de la mano con la acción de distintos profesionales, mayormente arquitectos (fig. 5). Es innegable el rol sustancial del mercado turístico que demanda la reproducción, cuando no la creación, de determinados paisajes autóctonos, o su mercantilización, para el consumo de los visitantes. Estas nuevas arquitecturas buscan recuperar determinados elementos propios de la producción local. Sin embargo, se trata de búsquedas fundamentalmente estéticas, en las que se recuperan rasgos más o menos estereotipados y aislados de los sentidos que le son propios. Estos proyectos suelen presentarse en términos de “modernización” de los elementos tradicionales, en un desplazamiento que implica una negación de la contemporaneidad de los procedimientos locales (Tomasi, 2011).

En términos estrictamente técnicos, efectivamente estas nuevas arquitecturas retoman algunos modos de hacer aunque generalmente en términos superficiales. Los muros de adobe incluyen importantes estructuras de hormigón armado que luego se cubren y ocultan en los estucados, que a su vez suelen ser de cemento, aunque buscando terminaciones similares a las del barro. En las cubiertas, los “torteados” se modifican de tal manera que muchas veces no son

más que losas de hormigón armado con simple agregado de una fina capa de barro. No se trata de negar la posibilidad de realizar modificaciones en los modos de hacer, pero sí de considerar si esas transformaciones son realmente efectivas, si son compatibles o si son consecuencia del desconocimiento y la desconfianza hacia las técnicas locales.

3. NUEVOS PROCESOS DE APRENDIZAJE Y TRANSMISIÓN DE LOS SABERES

Ambos procesos, que se desarrollan en forma simultánea, tienen implicancias en el desarrollo de las prácticas locales. Esto no significa negar la agencia de las poblaciones de la Quebrada y Puna para la definición de sus arquitecturas, sino más bien considerar cómo éstas están insertas en relaciones de poder, que en muchos casos son asimétricas. Las formas de producción “institucionalizadas” se transfieren y replican en los campos de las prácticas locales a través de distintos mecanismos que alientan las transformaciones.

Si consideramos en términos sociales las prácticas constructivas en la región, nos encontraremos con que han sido las mismas familias las que tradicionalmente llevaban adelante la construcción de sus casas, activando en esos momentos distintas redes de relaciones cercanas para incrementar la fuerza de trabajo. Al mismo tiempo se trataba, y en buena medida siguen siendo, prácticas cotidianas, tal que el construir no es algo que ocurre esporádicamente, sino que se constituye como una actividad habitual. Todo esto está vinculado con que los saberes técnicos constructivos no pertenecen solo al universo de los especialistas, sino que forman parte de un cuerpo de conocimientos extendido en la población. En otros términos, la mayor parte de las personas sabe, o sabía, como levantar su propia casa. Esto tiene implicancias en relación con el modo en que se adquieren y transmiten los conocimientos. La reproducción y sostenimiento de los saberes ocurría en el ámbito doméstico y en forma cotidiana. De esta manera, los niños y jóvenes, primero jugando y luego colaborando efectivamente, incorporaban las destrezas necesarias.

Este esquema que hemos bosquejado ha tenido modificaciones importantes en los últimos años, en relación con los procesos ya planteados. Es posible considerar dos desplazamientos relacionados: por un lado, la tercerización de las actividades constructivas, y, por el otro, la creciente existencia de constructores especializados dedicados a tiempo completo a esta actividad. Es cada vez más habitual que las familias ya no levanten sus propias casas, sino que contraten a trabajadores para que lo hagan o al menos colaboren en los trabajos. Los constructores especialistas, trabajando por cuenta propia o bajo la dirección de profesionales, actúan como mediadores entre las personas y la concreción de sus arquitecturas, y al mismo tiempo se constituyen como reproductores de determinados procedimientos técnicos institucionalmente validados.

Si nos detenemos en los procesos de formación de estos constructores, que hemos registrado a través de distintas conversaciones, es posible reconocer dos momentos claros. Un primer momento que se da en el ámbito doméstico, a través de observar a sus padres y



Fig. 5 Sector de emprendimiento hotelero reciente en la localidad de Purmamarca, foto: propia

familiares, muy vinculado con el aprendizaje de las técnicas tradicionales. El segundo momento, ya en la adultez, está “profesionalizado” y es el resultado de su participación en obras de construcción en grandes centros urbanos, de la mano con migraciones temporarias, trabajando en la obra pública o planes de vivienda, o en los proyectos comerciales, por ejemplo hoteles, en la misma región. En estos márgenes se da una importante transferencia de determinados conocimientos desde los ámbitos institucionales hacia las prácticas constructivas domésticas. En general, se trata de conocimientos que, desde los espacios hegemónicos, son validados como superadores de aquellos vinculados con las prácticas tradicionales locales.

CONCLUSIONES

Los saberes y prácticas constructivas en ningún caso son estáticos, sino que han estado sujetos históricamente a constantes procesos de transformación a lo largo del tiempo. Tampoco están aislados, sino que estos cambios se han dado en relación con las múltiples interrelaciones que las sociedades han tenido en su historia. En estas articulaciones de tiempos y espacios, nuevas técnicas se incorporan, se modifican las existentes y otras se dejan de lado. Ciertamente, las arquitecturas en tierra que hemos recorrido someramente en estas páginas no han sido ajenas a estas transformaciones. En este sentido, al analizar las culturas constructivas es necesario que las comprendamos en el marco de trayectorias históricas específicas y desde la condición dinámica que les es propia.

En este trabajo hemos buscado aproximarnos a los procesos recientes de transformación que se registran en la Quebrada de Humahuaca y la Puna jujeña, que han estado caracterizados por la incorporación de nuevos materiales y procedimientos que se han articulado en forma compleja con las prácticas existentes. Tal como hemos plan-

teado, estos procesos se dan en el marco de nuevas relaciones que se establecen entre las instituciones públicas y privadas, los ámbitos profesionales y las poblaciones locales. En cualquier caso, cuando nos referimos a cambios en las culturas constructivas, estos no implican solo transformaciones en términos materiales en la arquitectura, sino que conllevan modificaciones mucho más profundas en los modos de hacer y las lógicas de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Delfino, D. (2001). Las pircas y los límites de una sociedad. Etnoarqueología en la Puna (Laguna Blanca, Catamarca, Argentina). En Kuznar, L. *Ethnoarchaeology of Andean South America*. International Monographs in Prehistory, Michigan.
- Dietler, M. y Herbich, I. (1998). Habitus, Techniques, Style: An Integrated Approach to the Social Understanding of Material Culture and Boundaries. En Stark, M. *The Archaeology of Social Boundaries*. Smithsonian Institution Press, Washington DC.
- Reboratti, C., García Codrón, J.C. y Albeck, M. (2003). Una visión general de la quebrada. En *La Quebrada*. Editorial La Colmena, Buenos Aires.
- Rotondaro, R. (1988). Arquitectura natural de la puna jujeña. En *Arquitectura y Construcción*, No. 69.
- Rotondaro, R. (2011). Culturas constructivas y arquitectura en la QH. Persistencias y cambios recientes. En *Miradas desde la Quebrada de Humahuaca. Territorios, proyectos y patrimonio*. Cuentahilos, Buenos Aires.
- Tomasi, J. (2011). ¿La revalorización de lo tradicional o la puesta en orden de lo local? En *Miradas desde la Quebrada de Humahuaca. Territorios, proyectos y patrimonio*. Cuentahilos, Buenos Aires.
- Tomasi, J. y Rivet, C. (2011). *Puna y Arquitectura, las formas locales de la construcción*. CEDODAL, Buenos Aires.
- Tommei, C. y Benedetti, A. (2014). De ciudad-huerta a pueblo boutique. Turismo y transformaciones materiales en Purmamarca. *Revista de Geografía Norte Grande*, 58.
- Viñuales, G. (1991). La arquitectura en tierra en la región andina. *Anales del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas*, 27-28.

CHALLENGING NEGATIVE IRISH ATTITUDES TO EARTH BUILDING

AUTHOR

Féile BUTLER

Mud and Wood, Ireland

SUMMARY

This article establishes the deep-rooted prejudice that Irish people have against earth as a building material and how it is bound up with the lives lived by our ancestors in a turbulent past. Enduring invasions, colonisation, the attempted decimation of our language, culture and religious beliefs, mass evictions, mass emigration and famine, many of our forbearers lived in poverty within mud walls. However, through recent new-build and conservation projects, the merits of building with earth is being rediscovered and lauded. Having stumbled across one homeowner's happy reminiscences of a mudwall building, I decided to seek out similar stories, to challenge negative attitudes and find ways to focus on positive associations with earth building. To this end, I put a callout to earth building stakeholders in Ireland inviting them to share their experiences.

This paper addresses the negative convictions that my contributors encountered. We need to identify these if we are to challenge them. The respondents also shared many positive stories illustrating the obvious and hidden benefits of working with earth.

In my conclusion I describe the recent positive earth-related activities that are gaining public recognition in Ireland.

INTRODUCTION

"The Mud Cabin in History and Architecture" appeared in *The Irish Builder* in 1878 (Anon. 1878). The author described how, over previous centuries, "The mud cabin or clay hut (...) cropped up, with all its attendant evils, cumulating in wretchedness till it reached the very acme of misery and demoralisation (...)" Wretchedness, misery and demoralisation; strongly emotive sentiments that still, I contend, inhabit collective core attitudes to Ireland's earthen buildings.

The author insisted that "clay cabins over the kingdom" must be entirely displaced with "brick or concrete". Nearly 140 years on, the remaining stock of earth buildings in Ireland is at best misunderstood or irrelevant and at worst invisible. Mudwall dwellings have all but been obliterated from our landscape and our collective

consciousness. The appeal of brick and concrete still prevails.

In 2009, I surveyed a mid-19th century cottage. Originally, a two-room stone dwelling, the additional room had been built from earth (fig. 1). The client recalled how the children slept in the mudwall room as it was the most comfortable. It was known as "the warm room". Rather than having any negative associations, the clay walls were the backdrop to her fondest childhood memories.

This chance conversation made me realise that, just as there are many unrecognised, invisible earth buildings all over the country, there must also be many unheard positive stories inspired by these buildings.

Fig. 1 Stone and Mudwall Cottage, photo: author's own



1. BACKGROUND TO EARTH BUILDING IN IRELAND

1.1. A BRIEF HISTORY OF EARTH CONSTRUCTION IN IRELAND

Wattle-and-daub technology has been documented in Ireland from the early Medieval Period (Byrnes *et al.*, 2004). Archaeologist, Shirley Markley, has uncovered evidence of solid mudwall buildings dating from the 13th/14th Century and even older earth-mortared buildings dating from the at least the 12th Century. There are many, so it is likely that the technology significantly pre-dates that (Markley, 2015).

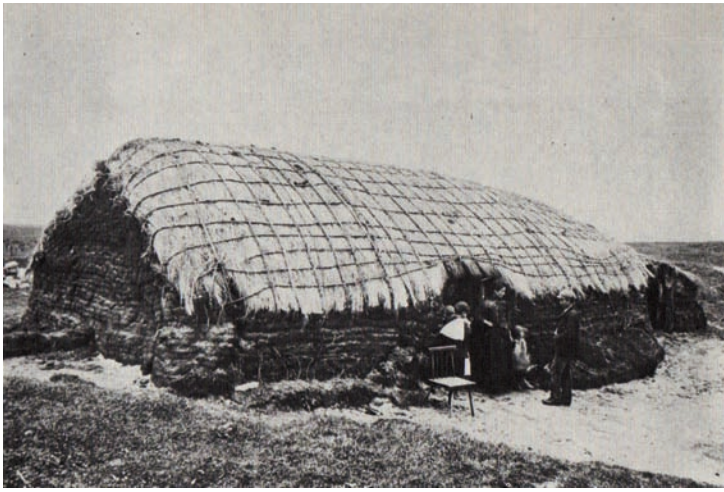


Fig. 2 Sod Wall Cabin, photo: Kevin Danagher

The fate of Irish people has always been intrinsically tied to the land and to the homes built thereon. Following the famine of 1741 (up to 480,000 died), boys and girls were encouraged to marry young. All that was required for a couple starting out was a sod cabin with a small potato patch (fig. 2). The affordable housing of the time, they were cheap and quick to build. According to Arthur Young's *Tour in Ireland* (1776 – 1779) a sod cabin cost £2, about 1/3 the cost of mudwall and 1/5 the cost of building with stone and slate (McConville, 1997).

Over the next century, the Irish population exploded from 2.4 million to 8.2 million.

By the 1841 Census, almost 40% lived in one-room mud cabins (Pritchard, 1998). Adding in superior building classes such as farmhouses, almost 50% of Irish people lived within mud walls (McDonald, 1997).

Within four years, however, Ireland was in the grip of The Great Famine. One million people died and another million emigrated. Under oppressive British rule since the mid-16th century, the social situation for ordinary people became intolerable.

Evictions of tenant labourers were rife and extreme poverty abounded. Deprivation, insecurity of tenure and an enforced transient existence meant that sod walling often provided the most practical means of shelter. Earthen burrows, known as scalps, were another solution. Described in *The Illustrated London News* (Anon., 1849), these were shallow holes dug in the ground and roofed with sticks and turf in the form of a flattened dome.

The appalling living conditions of so many became a key political question in Westminster (Anon., 1881). Social unrest and political agitation forced government representatives to act. By the 1901 Census, living standards had improved and many mud cabins had been replaced by stone-walled cottages.

1.2. NEGATIVE HISTORIC ATTITUDES TO IRELAND'S EARTH BUILDINGS

Englishman, Arthur Young toured Ireland between 1776 and 1778. He wrote, "The (mud) cottages of the Irish (...) are the most miserable looking hovels." (Young, 1778).

In 1833, the correspondent for the *Dublin Penny Journal* wrote about "the tottering, crumbling, mud walls (...) which no unaccustomed eye can repose on without disgust and pity." (Anon., 1833).

The Illustrated London News journalist commented that, "The mud cabins and turf huts (...) were (...) the scandal of civilised Europe." (Anon., 1849)

In his essay, *Earthen Houses*, Frank McDonald describes town plan-



Fig. 3 Wexford Mudwall Farmhouse, photo: Claire Breen

ner, Frank Gibney's attempt to reintroduce earth as a building material during World War II. The Industrial Research Council did not entertain the proposal. Frank Gibney recognised the barrier as a "psychological one (...) associated with 'mud cabins', peasantry and poverty". Frank McDonald comments, "this prejudice (...) is part of our national baggage." (McDonald, 1997).

Hugh McConville writes, "Just as neglect and poverty turned the fine Georgian town houses (...) into slums, so too clay (...) was tainted by the fate of the people living in the houses." (McConville, 1997). But, while the slums were elevated out of the dirt by inner city regeneration and heritage protection policies, the earth buildings of Ireland have, by their very nature, remained mired in the mud.

1.3. ALTERNATIVE HISTORIC ATTITUDES TO IRELAND'S EARTH BUILDINGS

Not all of Ireland's earth built heritage was comprised of crumbling, one-room mudwall cabins. In 1814, an article appeared in the *Irish Farmer's Journal* describing a mudwall farmhouse; "stone is not to be had here without great expense, but the surprising expertness with which this substitute (earth) is handled, and moulded into habitable form, makes a quarry altogether unnecessary." (McDonald, 1997) (fig. 3).

Emigration during hard times is a constant feature of Irish life and emigrant songs lamenting the lost homeland are common, such as this one,

"No more I'll see those happy times we spent in days of yore
In that little old mud cabin on the hill." (Irish Traditional Music Archive, n.d.)

2. CURRENT ATTITUDES TO EARTH BUILDING IN IRELAND

2.1. A CALLOUT TO STAKEHOLDERS IN IRELAND'S EARTH BUILDINGS

Inspired by my client's positive memories, I decided to contact anyone with links to earth building. Having identified sixty-seven people, I simply asked for their stories. More than half got back to me. The love that everyone had for these buildings and this process of building was tangible.

2.2. NEGATIVE THEMES

Sifting through the responses, clear themes emerged. The majority of the respondents experienced negative reactions from others about earth building. They fell under the following headings:

2.2.1. Invisibility of Ireland's Earth Built Heritage



Fig. 4 Clay and Boole Gable, photo: author's own



Fig. 5 Earth Mortar, photo: author's own

2.2.2. Association with Poverty, Disease and Famine

2.2.3. Lack of Knowledge and Understanding of Earth as a Building Material

2.2.4. Ignorant and/or Inflexible Bureaucracy

2.2.1. Invisibility of Ireland's Earth Built Heritage

If the population, including the policy makers, is not aware that Ireland has a rich history of earthen building, then ensuring the responsible conservation of the remaining stock is nigh on impossible. Some inroads are being made, however.

For example, the National Inventory of Architectural Heritage directs a nationwide rolling survey (<http://buildingsofireland.ie/Surveys/Buildings/>). In 2012, the N.I.A.H. revisited Co. Wexford, where a mere handful of mudwall buildings had previously been listed. This time more than 600 mudwall buildings were identified, with a quarter being added to the register.

Often people do not realise that they are living within mud walls. Architect, Cáit Ní Cheallacháin, recalled a house which was presumed to be stone until a fire broke out. When the earth walls were exposed, no one knew how to repair them. Further research uncovered another mudwall house close by, which was also heretofore unrecognised. This relatively intact building was an excellent source of information in guiding the restoration.

Little is written about Ireland's earth-built heritage, but there is consensus that regional pockets exist. This is unfortunate as it blunders people to the fact that earth buildings are everywhere. For example, the party walls of the stone terraced houses in Easkey, Co. Sligo (a coastal village in the northwest, allegedly where no earth construction exists) are mudwall. Close by are the remains of a clay-and-boole cottage, approximately 1.5km back from the Atlantic Ocean (fig. 4).

Earth building encompasses earth bonded stone buildings as well as solid mudwall construction. Whatever about the invisibility of solid earth walls, the situation is even worse for mud mortars.

The Office of Public Works oversees the repair and maintenance of Ireland's national monuments. It is dismissive of the existence of earth mortars, insisting that they are in fact lime mortars contaminated by earth over the passage of time. They continue to specify the replacement of earth mortars with lime, at odds with fundamental conservation principles.

There are signs that this situation may be improving. Heritage Council officials on a recent lime training course in Scotland were warned to look out for earth mortars, to acknowledge them when discovered and to repair them appropriately (fig. 5).

2.2.2. Association with Poverty, Disease and Famine

Many of the respondents experienced attitudes connecting earth building to "famine", "tuberculosis", "poverty", "despair", "starvation", "disease" and "death". There was a pervasive perception that earth buildings were "dark and dingy" or "old fashioned and unpleasant", an embarrassing connection to our past.

Even when discussing grand farmhouses, this bias against earth is applied. A report on Gormanston Cottage (fig. 6) found that "the construction of a mud-walled, thatched dwelling suggests that this wealth may have largely been in assets", i.e. the upper-class owner must have been forced to build with this material because of financial shortcomings (McGimsey, 2013).

Shirley Markley has carried out extensive research proving that limestone, and therefore lime mortar, was widely available in areas where earth mortars were used. Conservation masons, Patrick McAfee and Nigel Copsey insist that earth was a material of choice, not of necessity.

2.2.3. Lack of Knowledge and Understanding of Earth as a Building Material

There is an inherent distrust of earth's performance and durability. Almost all of the respondents heard variations on the following:

"Will it not wash away?"

"It can't be repaired."

"It won't last"

Ironically, this last statement often refers to a poorly maintained building that has already survived a few centuries.

In her essay "*Clay Houses*", Peigín Doyle points out that the "techniques that took 10,000 years to develop were nearly lost in one century." (Doyle, 2002). In 2000, when the Heritage Council took on the conservation of an 18th century mudwall farmhouse, the team had to be sent abroad for training. In 2001, English cob contractor, Kevin McCabe, was brought to Ireland to rebuild the mud walls of a farmhouse after a fire. There was no one here who could do it.

Because of this deficit of knowledge, many ill-advised repairs have been inflicted on earth buildings. Non-maintenance of roofs married with the application of cement renders has all but guaranteed their rapid deterioration. The public sees these failing buildings and attributes their demise to the original material, not to the inappropriate and destructive repairs.

Fig. 6 Gormanston Cottage, photo: author's own



2.2.4. Ignorant and/or Inflexible Bureaucracy

Carmel Duffy described how Meath Planning Department ordered the demolition of seven mudwall homes in succession, calling it “institutional vandalism”. The same council recently told a client that an existing mudwall house was no good for anything more than a cow shed. In the last year, a well-preserved 300 year old mudwall farmhouse was condemned by Wicklow Council to make way for a new-build dwelling.

Bureaucrats’ attitudes not only relate to the destruction of our existing, historic earth buildings, they also impact new-build earth-based projects. Many of earth’s positive characteristics, such as thermal storage, humidity buffering, capacitive insulation and toxin binding, are completely ignored by the building regulations.

Christian Cluever says, “Earth building is not supported by the construction industry. Banks also need their 30+ year income.”

Mortgage and insurance companies penalise homeowners for straying from the conventional norms. Insurance quotes are elevated, not because of any well-calculated risks associated with earth construction, but because of the underwriter’s ignorance.

2.3 POSITIVE THEMES

These negative attitudes were counterbalanced by the respondents’ positive experiences. The broad headings for positive themes are:

2.3.1. Connection with Nature and the Environment

2.3.2. Association with Positive Memories

2.3.3. Collaboration and Learning

2.3.4. Community and Family Involvement

2.3.1. Connection with Nature and the Environment

Earth is a local, readily available, inexpensive, natural, non-toxic, recyclable, biodegradable building material. The satisfaction of creating something using the materials to hand and one’s own skills had a powerful and empowering affect on many of the contributors. The physicality and the seasonal rhythm of the building process (start when the swallows arrive, stop when they leave) connected the builders to the material and to the cycles of nature.

Deirdre O’ Leary commented that working with earth was “an invitation to creativity”. Paul Dillon finds “comfort in the imperfect lines of a handmade home.” Christian Cluever likened it to “literally living in a field; fieldstones for the foundations, earth for the walls and sods for the roof.” (fig. 7).

Colm Murray theorised about the connection between clay and Irish places names. The town of Enfield is called An Bothar Bui in Irish,

literally translated as the Yellow Road. The area was known for its good building clay, yellow daub. There are hundreds of Irish place names referring to colours. Could it be that they are simply identifying what lies beneath?

2.3.2. Association with Positive Memories

Many of the contributors had fond memories of earthen homes and their owners, the two inseparable from each other. The love and attention that went into the construction of those earthen walls, by hands sometimes long gone, was perceptible. This is just as valid for new-builds as it is for old. It is the human touch.

Carmel Duffy’s father was a vet. He used to take her with him to the old earthen farmhouses. She remembers driving home to their cold, concrete house and her father saying, “Aren’t they grand and snug in their thatched house.”

When Sergiy Ksenych decided to renovate, he discovered mudwall. He remembered helping his granny plaster her house in Ukraine with a mix of earth and straw. This gave him the confidence to undertake the project. As a child, Dee Moss used to visit an old couple in their mudwall home. Her father said that, aged five, she announced she would live there some day. She bought the house in 2014 (fig. 8).

2.3.3. Collaboration and Learning

When Pat Ruane initially accepted the post as architect for the conservation of Mayglass Farmstead, he had no idea how to tackle it, but realised that “everyone else in the country was just as clueless”. From the outset the project was different. There was no hierarchy; everyone collaborated and everyone contributed. It was the most interesting project he ever worked on.

Patrick McAfee was involved in laying an earthen floor. Despite his research, the floor was not drying out. An old man happened to pass by who recollected laying earth floors as a boy. His advice was that it was best to do so before putting the roof on. McAfee wisely comments, “When it comes to old skills we need old people to tell us their stories so we can avoid some of the pitfalls that await us.”

There is an openness and willingness to share knowledge and experience among the earth-building community, both locally and globally. But much of the time it simply takes patience, experimentation and a deep set faith in the material.

2.3.4. Community and Family Involvement

From collaboration stems community. This was possibly the most positive theme that emerged.

Fig. 7 Christian’s Cob Cottage, photo: author’s own



Fig. 8 The Dunes, Co. Wexford, photo: Dee Moss





Fig. 9 Community and Family, photos: author's own, Sergiy Ksenych, Deirdre O'Leary, Ciara Barrett

As the Mayglass Farmstead Project started, Pat Ruane recognised that these buildings were “the by-product of a way of living and working”. Local Thatcher, Dermot Redmond, introduced him to the “ecology of people” necessary to make the project a success.

Ruane remarked on how the local community embraced this project; from the car hire woman, who insisted on personally dropping the car to the site every weekend, to the old men who stopped by to reminisce about their connections to earth buildings long ago. He feels that the modern homeowner has “lost the interconnectedness of place, the materials, the eco-system of people needed to create the place.”

All of the respondents cited the involvement of family, friends and willing volunteers as a major positive. Thanks to the benign properties of earth, and a natural affinity with mud, children were often involved in the projects as their parents (fig. 9). This provided multiple opportunities for bonding, inclusion, empowerment and good old-fashioned fun.

CONCLUSION

The overall outlook is improving. Fifteen years ago, it was not possible to train in earth building in Ireland. Enterprises such as Mud and Wood and The Hollies now offer high quality workshops. Ireland joined forces with Earth Building UK in July 2015 and the inaugural national earth building event took place in November. Recognised and supported by semi-state bodies and the building professions' institutes, 109 people attended.

In September 2015, the Irish Georgian Society Traditional Building Skills Register allocated its own skills subset to earth building for the first time. The Heritage Council has provided grant aid for the repair of a mudwall farm building, where the owner received training (in Ireland) to carry out the work himself. Following the success of the investment, they hope to promote more of this type of activity in the future.

The administration of building control changed in Ireland in 2014. A number of new-build earth houses will be subject to the scrutiny of that system over the coming months. Hopefully, these will be flagship projects, helping to dispel any remaining fears that earth construction cannot be regulation-compliant.

But perhaps one of the most positive indicators that the re-acceptance of mudwall is on the rise was the inclusion of one such home in



Fig. 10 The Cob House, RTÉ's Home of the Year, photos: Steve Rogers

a national television competition, RTÉ's *Home of the Year 2015*. The Cob House came second. In the public vote, it came first (fig. 10).

As for the stories and musings collected from Ireland's earth building stakeholders? There is a book in that. Watch this space.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Anon. (1878). *The Mud Cabin in History and Architecture*, *The Irish Builder* Vol. XX – No. 454 Nov. 15 1878, Dublin, p.323.
- McConville, H. (1997). *Ireland's Earthen Houses: The Building Blocks of Ireland*, A & A Farmer, Dublin, p.9.
- Byrnes, E. and Little, D. (2004). *A History of Woodland Management in Ireland: An Overview*, Forest Service, Dublin, p. 5.
- Markley, S (2015). *Presentation: Archaeological Earth Building Technologies in Ireland*, Earth Building Ireland 2015, I.T. Sligo
- Pritchard, D. (1998). *The Irish Cottage*, Real Ireland Design, Bray, p.7.
- McDonald, F. (1997). *Ireland's Earthen Houses: Earthen Houses*, A & A Farmer, Dublin, p.11.
- Anon. (1849). *Condition of Ireland – Illustrations of the New Poor Law*, Illustrated London News Dec. 15 1849, p.393.
- Anon. (1881). *Agricultural Labourers Habitations (Ireland) Resolution*, Transcript: Houses of Parliament Debate May 6 1881, London.
- Young, A. (1778). *A Tour in Ireland*, reprint Cambridge 1925, p. 187.
- Anon. (1833). *On the Improvement of the Habitations of the Poor in Ireland*, Dublin Penny Journal - Vol. 1, No. 40, Mar. 30 1833.
- Anon. (1849). *Condition of Ireland – Illustrations of the New Poor Law*, Illustrated London News Dec. 15 1849, p.394.
- McDonald, F. (1997). *Ireland's Earthen Houses: Earthen Houses*, A & A Farmer, Dublin, p.16.
- McConville, H (1997). *Ireland's Earthen Houses: The Building Blocks of Ireland*, A & A Farmer, Dublin, p.9
- McDonald, F. (1997). *Ireland's Earthen Houses: Earthen Houses – Extract from the Irish Farmer's Journal 1814*, A & A Farmer, Dublin, p.13.
- Anon. (n.d.). *The Little Old Mud Cabin on the Hill*, Irish Traditional Music Archive.
- McGimsey, T. (2013). *Gormanston Cottage Heritage Impact Report*, Mesh Architects, Dublin, p.7.
- Doyle, P. (2002). *Clay Houses*, Select Magazine, London.

CULTURES CONSTRUCTIVES LOCALES ET RÉDUCTION DES VULNÉRABILITÉS

AUTEURS

Annalisa CAIMI

Olivier MOLES

Philippe GARNIER

École Nationale Supérieure d'Architecture de
Grenoble, unité de recherche AE&CC, France

Graham SAUNDERS

Corinne TRÉHERNE

Fédération Internationale de la Croix Rouge
et du Croissant Rouge

Pablo HARO PÉREZ

Secours Catholique – Caritas France

RÉSUMÉ

Plusieurs organisations travaillent à la promotion des ressources et savoirs locaux dans le cadre de programmes d'habitat et de réduction de la vulnérabilité. L'expérience et les leçons apprises au cours de ces projets ont mis en évidence la nécessité de favoriser une plus grande adéquation aux contextes locaux des approches proposées. Pour cela, des chercheurs associés à des acteurs de terrain ont développé des outils opérationnels et pédagogiques soutenant une plus large sensibilisation aux pratiques locales et traditionnelles relatives à l'habitat et aux risques naturels. Un kit méthodologique est mis à la disposition des acteurs de l'aide internationale qui se structure en trois phases: un guide pratique (phase 1) et des activités de formation (phase 2) pour l'analyse de terrain ainsi que des supports de sensibilisation relatifs aux pratiques locales de construction et de résilience (phase 3). Après une description de la problématique liée à l'habitat en zone à risque et un aperçu des modes de réponses conventionnels pour répondre aux risques encourus par les populations, cet article présente la démarche utilisée pour réaliser ce kit pédagogique, puis les grandes lignes de chacun des outils développés, ainsi que des résultats d'applications de ces outils sur des projets réels.

INTRODUCTION

Le mal logement figure parmi les problèmes majeurs auxquels notre monde est confronté. Bien que le pic démographique ne soit pas encore atteint, ce sont des centaines de millions d'individus qui sont exposés aux aléas climatiques, technologiques et humains dans un environnement naturel et bâti de plus en plus vulnérable. Des réponses pertinentes, contextualisées et durables doivent être soutenues afin de permettre aux populations exposées de vivre, s'épanouir et construire un avenir.

Cette dimension globale ne doit pas nous faire oublier de réfléchir et agir local. Si un travail doit être fait en amont pour prévenir et atténuer les impacts des aléas, comme cela a été mis en avant lors de la conférence de Sendai (UNISDR, 2015)¹, un effort très important reste à faire pour réduire les risques et améliorer les réponses post-crise ou post-catastrophe, afin d'atténuer les effets de futurs aléas.

Encore aujourd'hui, après une catastrophe, l'aide humanitaire intervient en distribuant des kits, des tentes, et / ou en réalisant des abris temporaires. Dès lors, il est important d'utiliser des matériaux et des techniques constructives qui permettront, dans chaque contexte, d'allier simplicité d'exécution et facilité d'entretien, tout en veillant à ne pas créer de rupture avec les pratiques locales. Force est de constater que les technologies importées ne répondent pas à ce triple enjeu.

Nos approches doivent s'appuyer sur une logique de résilience basée sur les dynamiques et ressources locales et territoriales. Placer les populations affectées en tant que simples bénéficiaires de l'aide est contre-productif. Il ne faut pas oublier que celles-ci connaissent le contexte dans lequel elles vivent et détiennent des clefs pour améliorer durablement leurs conditions de vie. Elles doivent être les principaux acteurs de la reconstruction en valorisant ressources, capacités, savoirs et dynamiques territoriales.

¹ Bureau des Nations unies pour la réduction des risques de catastrophes <http://www.unisdr.org/we/coordinate/wcdr>

1. DÉMARCHE UTILISÉE POUR LA RÉALISATION DU GUIDE MÉTHODOLOGIQUE

Le guide méthodologique « Assessing local building cultures for resilience and development. A practical guide for community assessment » est le résultat d'un travail de recherche mené conjointement et depuis plusieurs années par les équipes du CRAterre², de la Fédération Internationale de la Croix Rouge et du Croissant Rouge (FICR) et du Secours Catholique-Caritas France (SC-CF). Plusieurs autres institutions partenaires ont ponctuellement pris part à des activités qui ont nourri la réflexion et abouti aux résultats présentés dans cet article.

Des projets pilotes en Afrique (Côte d'Ivoire, Burkina Faso, Nigeria, Bénin), en Asie (Bangladesh, Philippines), dans les Caraïbes (Haïti), ont permis d'acquérir une expérience sur les méthodes à mettre en place. Des séminaires scientifiques et des colloques internationaux ont mené à la définition d'une vision commune³ ainsi qu'à des outils à développer pour atteindre les objectifs visés (CRAterre, 2011). Les premières synthèses des expériences acquises ont été menées avec, dans un premier temps, la production d'un ouvrage de référence *Aléas naturels, cultures constructives et développement local*⁴, puis une thèse de doctorat portant sur le sujet (Caimi, 2014)⁵.

Poursuivant ces efforts, afin de permettre une diffusion des résultats obtenus, il est apparu important de synthétiser ce qui apparaît aujourd'hui comme une démarche pertinente et efficace pour atteindre les objectifs d'amélioration des conditions de vie et de résilience des populations locales. Ce travail, réalisé sous la coordination du Dr. Arch. Annalisa Caimi et de Olivier Moles (CRAterre), a été revu et corrigé par des représentants de plus de 30 institutions gouvernementales ou non gouvernementales, actives dans la réflexion, la planification ou l'exécution de programmes de construction mis en place dans le cadre de l'aide humanitaire et au développement. L'objectif du guide est de décrire et diffuser une méthode qui puisse valoriser les savoirs locaux dans le domaine de la production de l'habitat, et plus particulièrement ceux qui ont démontré un fort potentiel pour apporter une réponse pertinente à la réduction de la vulnérabilité des populations. Grâce aux informations qu'il permettra de collecter, ce guide se veut être à la fois un outil d'aide à la décision (partie 1, s'adressant aux responsables politiques des organisations actives dans l'habitat), à la mise en œuvre de projets d'habitat (partie 2 de l'ouvrage), et aussi à la programmation de tels types de projets (partie 3 de l'ouvrage).

2. CONTIGUUM ENTRE URGENCE, RÉHABILITATION ET DÉVELOPPEMENT, L'APPROCHE CULTURES CONSTRUCTIVES LOCALES

De tous temps, les populations locales ont appris à faire face aux catastrophes. Aujourd'hui encore, dans la grande majorité des cas, les principaux acteurs de la reconstruction sont en premier lieu les populations affectées⁶. Il est donc essentiel que les projets d'appui à

l'auto-reconstruction ne viennent pas interférer, voire s'opposer à cet effort endogène. Pour cela, il est indispensable de bien identifier les pratiques existantes, de comprendre leurs pertinences, avant d'envisager des actions visant à compléter et renforcer ces dynamiques locales. Mettre cela en place n'est rien d'autre qu'appliquer des principes humanitaires reconnus par plusieurs organisations impliquées dans la réponse aux désastres et énoncés dans un code de conduite partagé au niveau international (FICR/CICR⁷, 1994), à savoir :

- Respecter les cultures et les coutumes.
- Chercher à fonder nos interventions sur les capacités locales.
- S'employer à trouver des moyens d'associer les bénéficiaires des programmes à la gestion des secours.
- Notre travail a mis en perspectives les arguments principaux qui militent pour la mise en œuvre de telles approches.
- La compréhension des dynamiques existantes permet une intervention immédiate et efficace d'appui aux initiatives locales, souvent mises en place dès le lendemain de la catastrophe.
- Les réponses basées sur ces approches sont par nature adaptées au contexte local. Elles prennent en compte les capacités techniques et économiques des acteurs locaux. De ce fait, elles favorisent une appropriation locale des initiatives extérieures qui sont définies en fonction de l'analyse des forces, des savoirs et des savoir-faire locaux, et qui s'attacheront à pallier les faiblesses identifiées de ces pratiques.
- L'aide extérieure doit appuyer les initiatives locales et être mise en place via des approches participatives. Ce processus participatif se mettra en place d'autant plus facilement, dès lors que comprendre les stratégies locales et les appuyer oblige à l'échange avec les populations concernées.
- La reconnaissance des intelligences locales et leur respect dans la réponse apportée à une crise contribuent à renforcer la dignité des populations locales, ceci est aussi un point essentiel à prendre en compte dans l'action de l'aide internationale.
- La compréhension des cultures constructives locales permet d'anticiper l'évolution naturelle des pratiques existantes, et ainsi d'intégrer les liens possibles entre urgence, réhabilitation et développement.
- Les approches d'aide qui découleront de l'étude des savoirs locaux appuieront les pratiques d'auto-reconstruction. Cela aura un impact sur l'ensemble des populations locales, et non pas sur les seuls bénéficiaires directs des projets mis en place.
- L'étude des pratiques des communautés locales permet de comprendre le rôle et le positionnement de chaque groupe social qui les compose. Ce qui permet ensuite de savoir comment appréhender de façon efficace et pertinente la réponse aux besoins des groupes sociaux les plus défavorisés, les plus marginalisés.
- Privilégier l'utilisation des ressources locales dans la définition des réponses proposées aux populations permet de garantir un maximum d'impact positif dans les économies locales des fonds investis dans l'aide internationale ; ce qui concourt de manière non négligeable à la réduction de la pauvreté.

² Centre international de la construction en terre <http://cra-terre.org/>

³ <http://cra-terre.org/diffusion-ouvrages-telechargeables/view/id/d0fad9f1fe47474241b6074a45d26cb>

⁴ <http://cra-terre.org/diffusion-ouvrages-telechargeables/view/id/b46c4bc0b0948aa5c57421a74e3b2027>

⁵ <http://www.theses.fr/2014GRENH011>

⁶ Ivan Vuarambon, architecte urbaniste, spécialiste des projets de reconstruction ; Conférence « AdP – Villes en développement » organisée le 13 janvier 2014 à Lausanne.

⁷ Comité International de la Croix Rouge <https://www.icrc.org/fr/page-accueil>

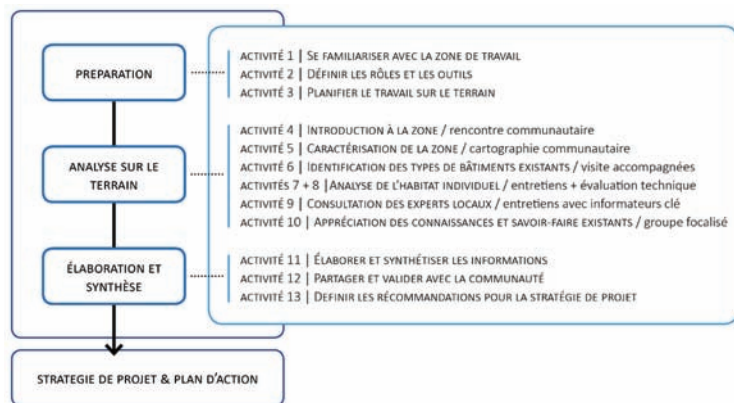


Fig. 1 Étapes de mise en place de la méthodologie



Fig. 2 Habitat à Dinājpur

3. MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DES CULTURES CONSTRUCTIVES LOCALES

La méthode s'appuie sur une approche participative qui vise à identifier et analyser les savoir-faire locaux dans un contexte caractérisé par ses spécificités économiques, sociales, culturelles et environnementales. Il s'agit, pour les acteurs du projet, d'avoir un appui dans la conception, programmation et mise en place des études du milieu, avec l'objectif de co-définir les approches visant à répondre aux problèmes identifiés.

3.1. OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

Il s'agit d'identifier les spécificités du milieu local. Cela inclut :

- l'organisation et l'usage de l'espace bâti et non bâti ; les matériaux, les savoirs et savoir-faire existants ;
- les modes de production, d'entretien et d'évolution de l'habitat ;
- l'étude du marché de la construction ;
- les modes d'organisation et les pratiques locales impactant la résilience des communautés ; ce qui permet de comprendre les différents challenges auxquels sont confrontées ces dernières, qu'ils soient quotidiens (climat, confort, usages...) ou exceptionnels (aléas naturels ou non) ;
- la connaissance des forces et faiblesses des organisations en place, pour intégrer ces facteurs dans les activités à mettre en place.

3.2. MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre de la méthodologie se base sur 13 étapes (fig. 1). En fonction de l'expérience de l'équipe de facilitation, des résultats peuvent être obtenus dans un délai allant de quelques jours à deux semaines. L'approche proposée peut être tout à fait complémentaire à d'autres outils d'analyse tels que PASSA⁸, VCA⁹, CBHFA¹⁰, PHAST/CLTS¹¹. L'approche peut être mise en place dans des contextes d'amélioration de l'habitat, de préparation aux catastrophes, de réduction du risque ou de réponse post-catastrophe.

Le travail d'analyse est réalisé en partenariat avec des membres représentants des communautés et des autorités locales, des professionnels de la construction, des groupes et organisations impliqués sur le secteur géographique et/ou sur la thématique abordée (organisations communautaires, organisations villageoises, organisations non gouvernementales, centres de formation, financeurs...).

3.3. CONCEPTS CLÉS

Participation : chaque groupe cible possède un savoir et une expérience. Il faut savoir les impliquer tous, pour apprendre mais aussi pour comprendre comment les impliquer dans les futures actions.

Questions / actions : des actions – observer, questionner, écouter, vérifier – et des questions clés - Quoi ? Pourquoi ? Comment ? (par) Qui ? Quand ? – sont à la base de chaque activité.

Facilitation : le projet, à toutes ses étapes, doit être porté par les acteurs locaux. Il faut qu'ils puissent s'exprimer et être impliqués en tant que principales parties prenantes.

Adaptation : la méthodologie et les outils proposés sont un concept qu'il faut adapter aux contraintes du terrain comme du projet.

Croiser l'information : ne pas accorder foi à une seule source d'information. Vérifier et valider les renseignements auprès de différents acteurs.

4. PROGRAMMATION DE L'APPROCHE

Le kit méthodologique comprend une partie à l'attention des responsables de programmes et de projets de terrain. L'objectif est de leur permettre d'appréhender les besoins en temps, en ressources humaines et matérielles, nécessaires pour mettre en place les activités d'analyse de terrain.



Fig. 3 connexions pour un démontage rapide

⁸ Participatory Approach for Safe Shelter Awareness : <https://www.ifrc.org/PageFiles/95526/publications/305400-PASSA%20manual-EN-LR.pdf>

⁹ VCA Vulnerability and Capacity Assessment <http://www.ifrc.org/vca>

¹⁰ Community-Based Health and First Aid <https://www.redcross.fi/about-red-cross/community-based-health-and-first-aid-cbhfa>

¹¹ PHAST. Participatory hygiene and sanitation transformation : <http://water.worldbank.org/shw-resource-guide/promotion/hygiene-promotion-approaches/phast> CLTS. Community-led total sanitation : <http://www.communityledtotalsanitation.org/page/clts-approach>



Fig. 4 Transport de l'habitation

Cette partie comporte aussi des éléments permettant de développer les grandes lignes stratégiques du projet en s'appuyant sur les résultats obtenus lors de l'analyse des forces et faiblesses des cultures constructives existantes dans un territoire donné.

5. ÉTUDE DE CAS DE RÉSULTAT SUITE À LA MISE EN PLACE DE L'APPROCHE

5.1. BANGLADESH

Depuis 2007, CRAterre, Caritas Bangladesh-CB et la Bangladesh University of Engineering and Technologies-BUET¹² travaillent ensemble à la définition de stratégies et de solutions architecturales adaptées aux territoires très variés dont ce pays est composé. Huit territoires ont été définis en lien avec la nature des risques présents dans ces zones (séismes, cyclones, sécheresse, raz de marée, inondations, glissements de terrain...), de l'environnement (zone humide, maritime, sèche, ...), des pratiques sociales et de la culture locale. A la demande du Gouvernement du Bangladesh et avec l'appui du Shelter Research Unit de la Croix Rouge, CB et BUET travaillent aujourd'hui à la mise à disposition des résultats du projet aux acteurs locaux. Parmi d'autres, les résultats obtenus dans la région de Sylhet, Dinājpur et Chittagong méritent d'être cités.

Au fil des étapes 1 à 5 de la méthodologie proposée (se familiariser avec la zone de travail / définir les rôles et les outils / planifier le travail sur le terrain / introduction à la zone et rencontre communautaire / caractérisation de la zone et cartographie communautaire), il a été identifié que, à Dinājpur (fig. 2), les populations vivant sur les rives des fleuves peuvent être amenées à déménager rapidement

¹² Bangladesh University of Engineering and Technology <http://www.buet.ac.bd/>

Fig. 5 Habitat groupe 1



Fig. 6 Habitat groupe 2

lorsque les digues menacent de rompre. Les villages enquêtés ont déjà été relocalisés plusieurs fois. Et à chaque fois, pour des raisons d'accès à la terre et de proximité avec les sites où ces populations ont leurs activités économiques (le fleuve), ces villages se réinstallent sur la berge du fleuve, en zone à risque.

Les activités 6 à 9 de la méthodologie (identification des types de bâtiments existants et visites accompagnées / analyse de l'habitat individuel / entretiens et évaluation technique / consultation des experts locaux et entretiens avec des informateurs clés) ont permis aux personnes extérieures à la zone de prendre conscience que les populations locales avaient leurs propres stratégies pour faire face à ce risque récurrent. Les habitants ont en effet développé des systèmes constructifs qui permettent à leur habitat d'être démonté et remonté en quelques minutes (fig. 3).

Les différents éléments composant l'habitation sont d'une dimension et d'un poids qui permet leur transport (fig. 4) pour être mis en sécurité et reconstruit ultérieurement.

Sur ces sites particuliers, toute autre approche risquerait d'aboutir à un investissement à perte. Ainsi, lors des étapes 10 à 13 de la méthodologie (appréciation des connaissances et savoir-faire existants / élaborer et synthétiser les informations / partager et valider avec la communauté / définir les recommandations pour la stratégie de projet), les solutions spécifiques à l'appui à la reconstruction post catastrophe ont intégré ces savoirs et stratégies locales afin de permettre aux habitants de cette zone de continuer à être en mesure de sauvegarder leurs habitations et leurs biens en cas de crise majeure.

Sur certains sites de la région de Chittagong, la mise en place de notre approche a mis en évidence que plusieurs communautés vivaient ensemble dans les mêmes villages. En lien avec leurs cultures, ces communautés ont développé des modèles architecturaux aux caractéristiques très différentes. Fort de ce constat, le projet a développé

Fig. 7 Prototype habitat avec une base en galets





Fig. 8 Projet de reconstruction post-Haiyan

deux modèles d'habitat d'urgence (fig. 5 – 6), chacun pouvant évoluer vers l'habitat définitif souhaité par l'une ou l'autre des communautés concernées. En cas de crises, ces deux modèles seront proposés à la population, et les personnes affectées pourront choisir le modèle qui leur convient le mieux.

A Sylhet, de nouveaux aléas (inondations) entraînent une réflexion sur l'évolution de l'habitat local. L'analyse du milieu a permis d'identifier le manque de savoir-faire de la population pour pallier ces nouveaux risques. Elle a aussi permis d'identifier des potentiels de réponse liés aux caractéristiques des matériaux locaux. Le projet a donc pu proposer des innovations en montrant aux populations comment utiliser les galets localement disponibles pour réaliser des soubassements résistants à l'eau (fig. 7).

5.2. PHILIPPINES

Le typhon Haiyan a détruit les toitures ainsi que l'Ambulang, arbre dont la feuille sert à la confection des éléments de toiture. La mise en place de la méthodologie proposée a entériné le fait que la population locale ne pouvait pas, dans l'immédiat, réparer les toitures abîmées avec les ressources disponibles localement, mais qu'elle ne pourrait pas non plus, dans l'avenir à moyen terme, disposer des moyens pour entretenir ou réparer des toitures construites avec d'autres matériaux que ceux disponibles localement. Afin de préserver les savoirs liés à l'Ambulang (qui sera de nouveau disponible localement environs trois ans après le typhon), le projet a privilégié l'importation de ce



Fig.9 Nimatkiskis. Abri cyclonique local

matériau (fig. 8) plutôt que l'introduction de matériaux de substitution (comme la tôle par exemple).

5.3. VANUATU

Le Cyclone Pam a détruit 80 % des bâtiments aux endroits qu'il a frappés. Toutefois, il n'a fait « que » 11 victimes. Avant l'analyse des cultures locales, l'aide internationale envisageait la construction de refuges para-cycloniques sur l'ensemble des zones touchées. Or, ce qui a sauvé les gens sont les abris traditionnels. Ignorer cela lors de la reconstruction pourrait avoir des effets dramatiques dans le futur. Grâce aux résultats de l'analyse effectuée via la méthodologie proposée, la Croix Rouge Française a initié un projet dont une composante est la mise en valeur des solutions locales d'abri para-cyclonique (fig. 9).

CONCLUSIONS

Améliorer les cultures constructives locales et développer des réponses basées sur les savoirs et savoir-faire existants n'impliquent pas une sorte de retour nostalgique vers le passé. Le secteur de la construction – formel et informel – doit être analysé dans sa dimension dynamique. Ceci afin de :

- Renforcer les compétences techniques, opérationnelles, organisationnelles
- Promouvoir des processus pérennes d'amélioration des conditions de vie des populations locales
- Mettre l'accent sur la préparation au désastre
- Proposer des améliorations en s'appuyant sur l'existant
- S'appuyer sur les forces locales et s'attacher à les préserver et à les consolider

La bonne connaissance et compréhension des cultures constructives est une base solide pour développer des programmes d'appui aux initiatives locales en vue de répondre aux défis à venir. En renforçant les actions d'auto-relèvement et en redonnant leur pleine place aux approches et solutions locales pertinentes, il est possible de relancer des processus endogènes qui permettent le renforcement des résiliences locales et, de ce fait, une amélioration à long terme des conditions de vie des populations. Un vrai challenge pour l'avenir.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Caimi, A. (2014). *Cultures constructives vernaculaires et résilience. Entre savoir, pratique et technique : appréhender le vernaculaire en tant que génie du lieu et génie parasinistre*. Thèse de doctorat. Grenoble : Université de Grenoble.

CRAterre (2011). *Valoriser les cultures constructives locales pour une meilleure réponse des programmes d'habitat*. Document issu du séminaire « DSA - Terre Cultures constructives locales et amélioration de l'Habitat » et partagé par les institutions suivantes : Caritas Bangladesh, CRAterre-ENSAG Fédération Internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge, Fondation Abbé Pierre, Misereor, Secours Catholique-Caritas France, Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau, 21 - 22 mai 2010.

FICR/CICR (1994). *Le code de conduite pour le Mouvement international de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge et pour les ONGs lors des opérations de secours en cas de catastrophes*. Genève : Fédération internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge et le Comité international de la Croix-Rouge.

UNISDR (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. Genève: United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

SARDINIAN EARTH BUILDING TRADITION AND URBAN TRANSFORMATIONS: A POSSIBLE REGENERATION¹

AUTHOR

Viola TOCCAFONDI

Architect, Italy

SUMMARY

Beginning in the 1960s, the loss of traditional techniques and materials, together with inadequate urban planning and building measures, triggered a process of urban expansion (sprawl) that has lasted until today.

Accordingly, an urban-planning-based analysis was carried out. For this purpose, using the example of the southern Sardinian city of Cagliari and its surrounding area, urban and socio-economic changes were described and analysed.

The focus of this urban planning analysis is on the communities of Monserrato, Selargius, Quartucciu and Quartu Sant'Elena, which form the hinterland of Cagliari ("Zwischenstadt"). Through landscape metrics, the evolution of the structural elements forming this cultural landscape could be studied - from earth constructions to industrial-standardised constructions - and investigated with the aid of the ArcGIS software. The years 1942, 1954, 1968, 1977 and 2008 were chosen. Maps and graphs were created for the different temporal strata of the compact town characterised by the presence of earthen architectures and the "Zwischenstadt".

In conclusion, focusing on the roles of governance and planning instruments and their correlation, future prospects for gaining a sustainable local urban development in this area were discussed.

INTRODUCTION

Due to the rapid urbanisation process that took place worldwide in the twentieth century, urban issues involving city growth and the resulting urban sprawl have gained particular attention in urban planning research over recent decades.

The loss of agricultural landscape and the increasing urban sprawl often led by speculative building development are among the consequences of urban growth¹.

In this context, research projects on "Urban Patterns" and their spatial configuration are playing an increasingly important role, particularly with regard to the characterisation of anthropogenic influence on contemporary urban development (Walz, 2000, p.2).

Urban sprawl affects - especially in Europe - not only the extension of the city itself, but also the image of the urbanised countryside, which is often characterised by the town centres of historic villages. Accordingly, this paper describes and analyses the urban transformations with particular attention given to the urbanised countryside.

The research is focused on a historical analysis of the urban development of the cultural landscape in the hinterland of Cagliari, which is characterised by traditional settlements built with earth.

1. HISTORICAL BACKGROUND

The Hinterland of Cagliari is formed by the municipalities of Monserrato, Selargius, Quartucciu and Quartu Sant'Elena, which are located in the lowland of Campidano di Cagliari, the southernmost region of Sardinia. This region, together with Campidano di Oristano, Sarrabus, the terraced hills of Cixerri and the valley bottom of Campidano centrale constitutes the historical geographical area in which building with earth prevailed until the 1950s (Atzeni and Sanna, 2008, pp.6-7), (fig. 1).

The above-mentioned municipalities form a semicircle, which surrounds the capital from northeast to northwest, extending over a total area of 162.64 km².

The distinctive urban structure of their historical centres dates back to the Middle Ages and exhibits the typical character of Sardinian settlements made from earth, a *compact form*, shaped by an ensemble of massive earthen architectures (houses with courtyard)². They thus typify the primary image of historic European towns, which is based de facto on the model of the *compact city*.

The socio-economic structure of these settlements was based on a rural economy, which, together with the compact townscape made from earth, formed the image of the surrounding landscape (an agricultural landscape). Around the compact structure of the settle-

¹ This article is based on the results of a research conducted in the context of the doctoral thesis: Toccafondi V. (2011-2015). Neuinterpretation und zeitgenössische Anwendung der antiken Lehm-Tradition auf Sardinien, Technische Universität Berlin, Berlin.

² The hierarchical structure of the road network (main road-road-alley) is very similar to that of the North African city centres ("medina"), and, according to architect Marco Cadinu, it was influenced by Arab culture (Cadinu, 2001, pp.11-25).



Fig. 1 The historical geographical areas of earthen architecture (Baldacci, 1985; Achenza and Sanna, 2008)

ments an open area expanded: the cultivated fields of “vidazzone”³. This spatial distribution remained unchanged until the first decades of the twentieth century.

The modernisation process that began in Sardinia after the Second World War was accompanied by the radical transformation of traditional, cultural and socio-economic structures that led to the loss of the traditional agrarian society and the correlated image of a cultural landscape characterised by compact settlements made from earth in an open field rural landscape environment.

In particular, the traditional earth construction form was affected as it was supplanted by industrially-produced building materials.

2. RESEARCH PURPOSE

Research is focused on the characterisation of architectural elements of this landscape in the transitional phase - from earthen construction forms to industrial-standardised construction methods.

³ The term “vidazzone” describes the arable land of surrounding villages that was cultivated through a collective rotation system. With the reforms introduced by the Piedmontese (1823 “Editto delle Chiudende”), a privatisation of the arable lands was implemented, but the image of this agricultural landscape remained almost unchanged until the 1950s (Angioni and Sanna, 1988, pp.16-27).

This study is thus based on a descriptive analysis of two different landscapes: the landscape dominated by earthen architecture settlements - the cultural landscape of the “compact city” - and the landscape resulting from the modernisation-period - the cultural landscape of “peripheral areas”.

The periods under examination are the years 1942, 1954, 1968, 1977, 1997 and 2008. This is the first study of its kind for the Sardinian Region: an urban monitoring over such a period of time has never been carried out before⁴.

2.1. DATA AND METHODS

The descriptive analysis was conducted with the software ArcGIS (ArcGIS Desktop version 10) and Patch Analyst.

2.1.1. Data

The urban transformation of the municipalities of Monserrato, Selargius, Quartucciu and Quartu Sant’Elena was investigated and mapped by means of the collection of data across an extended time span, covering the years 1942, 1954, 1968, 1977, 1997 and 2008 (as mentioned above). All data collected to carry out the analysis are illustrated in the table below:

Type of data	Source
Aerial photos of the years 1942, 1954, 1968, 1977, 1997 and 2008	Geoportal of Region Sardinia ⁵
Shape file “Edificato CTR”	Geoportal of Region Sardinia
Shape file “Uso del suolo 2003” and “Uso del suolo 2008”	Geoportal of Region Sardinia
Cadastral plans of the year 1902	Cagliari Municipal Archive

Table 2 Collected data

With the aid of the data Shapefile “Edificato CTR”, it was possible, by means of an image interpretation (aerial photos) of the different time intervals, to determine the patches (structural elements) of investigated feature groups (built-up areas: earthen architecture and conventional buildings)⁶.

The typical historical elements of the landscape “compact city” (earthen architecture) were mapped on the basis of the 1902 Cagliari Municipal Archives’ historical cadastral plans.

Land use maps of the Sardinia Region from 2003 and 2008 (“Uso del suolo 2003” and “Uso del suolo 2008”) were used to determine the sub-categories, which are illustrated in table 3.

2.1.2. Methods

The first step of the analysis consisted in selecting “built areas” that characterise the urban fabric of the historical settlements made from earth (“Compact city”) and of the most recent fringe areas (“Zwischenstadt”)⁷.

⁴ The research approach is similar to the one exhibited in a work by Bibiana Catalàn, David Sauri and Pepe Serra investigating the urban development of Barcelona in temporal sequence (Catalàn, Sauri and Serra, 2008, pp. 174-184).

⁵ Sardegnageoportale, catalog data of Region Sardinia (<http://www.sardegnageoportale.it/catalogodati/download/>; 03. December 2013)

⁶ With regard to the municipalities of Monserrato and Selargius, the digitalisation work concerns all of the landscape structural elements of feature group “Built-up areas” that are located within the administrative boundary. The exceptions are Quartu and Quartucciu: the aerial photos from 1942, 1954, 1968 and 1977 do not cover the entire administrative area and for this reason the south-western coast of Quartu and the north-western area of Quartucciu (adjacent to Quartu) are not included.

⁷ The word “Zwischenstadt” refers to the urbanised area that developed from the 1960s in the surrounding arable area - between the historical city centres of these settlements and the city of Cagliari. This term was coined by architect and urban planner Thomas Sieverts (Sieverts, 1997).

Using a chronological classification, the feature group “built areas” was summarised as follows:

- **Built areas:**

1. Earthen architectures from 1942
2. Earthen architectures from 1954
3. Buildings from 1968
4. Buildings from 1977
5. Buildings from 1997
6. Buildings from 2008

The descriptions “earthen architectures from 1942” and “earthen architectures from 1954” refer to the features of the “compact city”. The term “earthen architectures” describes the traditional earth architectures which characterised the distinctive image of those settlements until the 1950s.

The other descriptions: “buildings from 1968”, “1977”, “1997” and “2008”, refer to both the conventional buildings made of industrial-standardised materials and the residual earthen architectures. A distinction between conventional buildings and earthen architecture was not possible because of the speculation process, which from the 1960s had a severe impact on the historical city centres of the “compact city”. These thematic main-categories were then subdivided into several sub-categories according to the commonly used classification scheme “Corine Land Cover” (table 3).

Years	Corine Land Cover -subcategories-	Built-up areas
1942	[1.1 Urban fabric]	Earthen architecture (“Compact city”)
1954	1.1.1 continuous urban fabric 1.1.2 discontinuous urban fabric	
1968	[1.2 Industrial, commercial and transport units]	Buildings (“Zwischenstadt”)
1977	1.2.1 Industrial or commercial units	
1997		
2008	[1.4 Artificial non-agricultural vegetated areas] 1.4.2 Sport and leisure facilities	

Table 3 Classification scheme according to “Corine Land Cover”

Following this, a core set of landscape metrics that measure and describe the entire patches mosaic of the studied landscape was selected (table 4). They were computed using the “Patch Analyst” software, taking into account the patch⁸ level.

The selection of a core set of landscape metrics follows a semantic approach, the aim of which is to “restrict the total number of useful metrics according to ecological criteria, thereby ensuring that they are employed in a targeted manner”⁹.

Moreover, in order to integrate the analysis, diagrams were computed through MS Excel so that the socio-economic changes at local level could be illustrated¹⁰.

The socio-demographic and economic parameters used for the

analysis were provided from the Italian National Statistical Institute (“ISTAT”)¹¹. They are listed below:

- Number of inhabitants
- Entire agricultural cropland
- Number of farms
- Population by type of employments
- Education rate
- Illiteracy rate
- Absolute number of dwelling units between 1919 and 2001

Metric	Evaluation criteria	Unit	Subcategories
Class area (CA)	Built-up area	sqm	Landscape continuous urban fabric discontinuous urban fabric industrial or commercial units sport and leisure facilities
Number of patch (PN)	Number of buildings	—	Landscape continuous urban fabric discontinuous urban fabric industrial or commercial units sport and leisure facilities
Patch density (PD)	Density of construction	no./sqm	Landscape continuous urban fabric discontinuous urban fabric industrial or commercial units sport and leisure facilities
Shannon's Diversity Index (SDI)	Quantification of the sprawl. High values indicate an increasing degree of sprawl	—	Landscape
Class area proportion (CAP)	Average area of the buildings on the entire cultural landscape	%	Continuous urban fabric discontinuous urban fabric industrial or commercial units sport and leisure facilities
Mean patch edge (MPE)	Mean patch edge of the single buildings. High values indicate a less compact building-shape	m	Landscape continuous urban fabric discontinuous urban fabric industrial or commercial units sport and leisure facilities

Table 4 The landscape metrics selected for the analysis (Botequilha Leitão, Miller, Ahern and McGarigal, 2006; Lang and Blaschke, 2007)

3. RESULTS AND DISCUSSION

The landscape metrics *class area* CA (built-up areas) and *patch number* PN (number of buildings) calculated in the first examination step show for the period under investigation a continuous expanding process of sprawling in the hinterland of Cagliari, which has resulted in a fragmentation of the territory both in the compact city and in the “Zwischenstadt”. During the period taken into consideration, the built-up areas (CA Landscape) grew in fact from 875.594 m² in 1942 to 4.514.214 m² in 2008 and the number of buildings (PN Landscape) from 7.738 to 32.067.

A clear demonstration of this trend is the significant decrease of the building density value (Patch Density, PD) beginning in the 1960s, which can be explained by increasing land consumption, triggered by real estate speculation in historic city centres (compact city) and in fringe areas (“Zwischenstadt”), which continued until 2008.

⁸ Stefan Lang and Thomas Blaschke describe the patch as “an extensive element of the landscape, which is considered to be homogeneous in a certain scale and under certain criteria”. An analysis on patch level is therefore the “lowest, primary analysis-level of the landscape analysis” (Lang and Blaschke, 2007 p. 384)

⁹ Ibidem, p. 217

¹⁰ This research method follows the one used in a recently published work by Nina Schwarz, in which a set of landscape metrics were connected with socio-economic parameters in order to analyse the spatial configuration of the city. In contrast to this study, however, the selection of landscape metrics in the present work is based on a semantic approach (Schwarz, 2010)

¹¹ Istituto nazionale di statistica (ISTAT) [http://www.istat.it/it/, 04. September 2015]

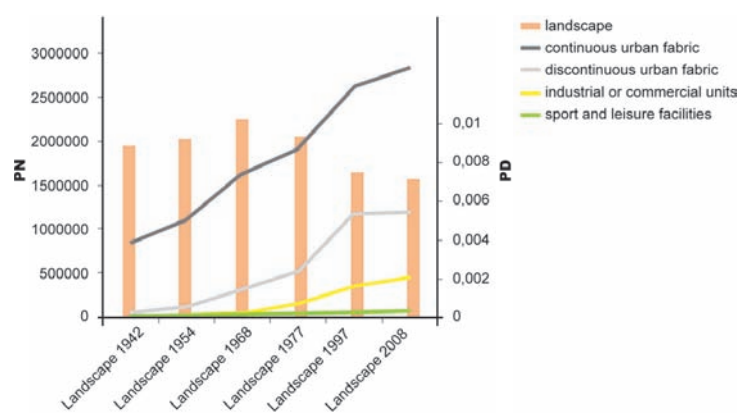


Fig. 5 Chronological sequence of Patch Number and Patch Density

The temporal progression of landscape metrics PN and PD is shown in fig. 5.

Parallel to this progressive land consumption caused by the expanding building construction, the population growth shows a similar trend, leading to an on-going suburbanisation process in terms of migration of the urban population into the hinterland¹².

At the same time, a profound change in the traditional socio-economic structures of those settlements was observed in the period following the Second World War. A modernisation process took place on the whole island, leading to the loss of the traditional agrarian society and the correlated image of its cultural landscape.

From the 1950s, due to progressive gentrification, the social structure of these municipalities became increasingly similar to that of the capital.

The ISTAT-data *number of farms* and *entire agricultural cropland* show a strong decrease in arable lands on the entire cultural landscape¹³ (fig. 6).

The loss of the agricultural land, as a result of an on-going urbanisation, has its cause inter alia in a non-competitive agriculture sector and in a rapidly growing service sector¹⁴.

The above-described processes led to a transformation of the spatial configuration of these settlements, which changed from a “compact city” to a “Zwischenstadt” in the period between 1942 and 2008. The results regarding the diversity based metrics make this change abundantly clear: even though the landscape matrix is constituted by the subcategory *continuous urban fabric* (which coincides with the landscape configuration of the “compact city”) for the entire period studied (their CAP values do not sink below 60%), the rising values of the “Shannon’s Diversity Index” show an increasing urban sprawl process on the whole analysed area (fig. 7).

¹² According to the data of the Italian Statistical Institute (ISTAT), the population in the hinterland grew almost linearly from 1952 until 2011, while decreasing in Cagliari. In 2011, Cagliari had 150.727 residents and the hinterland 131.459. Given the peak of 233.848 inhabitants in 1981, this means that the population decreased in the capital almost by half during this period.

¹³ This tendency is particularly marked in Quartu Sant’Elena and Selargius, where, until the 1970s, agricultural cropland made up over 70% of the total administrative area, a figure which had dropped to 30% in 2011. Correspondingly, the number of farms in the entire hinterland decreased significantly, falling progressively from a maximum of 2,500 units in the 1970s to 500 units by 2010.

¹⁴ As documented in the census of the Italian National Statistical Institute regarding the *population by type of employments*: in 2001, over 60% of the hinterland population was employed in commerce and other service sectors. Correlated to this are the almost exponential growth of the population with a higher education degree and a marked decrease of the illiteracy rate both in the capital and in the surrounding settlements.

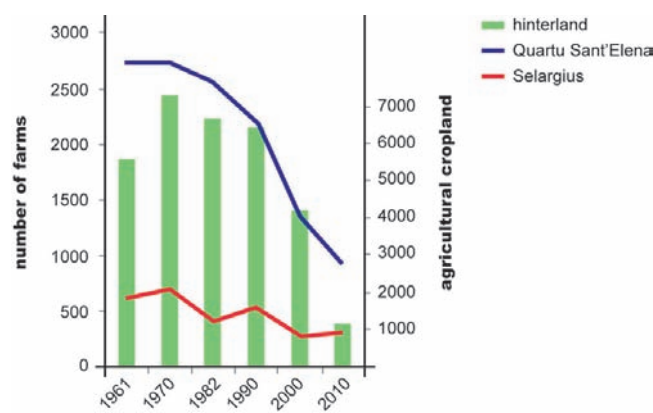


Fig. 6 Number of farms in Quartu S. Elena and Selargius and agricultural cropland of the hinterland

The displacement of these settlements characterised by traditional earthen architecture into the “compact city” and the extensive development of the peripheral area in the “Zwischenstadt” have their cause primarily in a decades-long spontaneous and uncontrolled urban growth, which largely result from a lack of regional and communal measures regarding landscape and urban planning.

Another observation, related to the previous one, is a clear increase in the buildings’ compactness (Mean Patch Edge, MPE) regarding the subcategories *continuous urban fabric*, *discontinuous urban fabric* and *Industrial or commercial units* during the period 1968-1977. This coincides temporally with the emergence of a massive speculative intervention and an extensive parcelling of the properties with historic structures in the compact city. Both of these phenomena are recognisable in the data referring to the “absolute number of dwelling units between 1919 and 2001” of the Italian National Institute of Statistics. It is also striking to see that the number of dwelling units reaches its peak value in the period from 1972 to 1991, a period in which a virtually uncontrolled and spontaneous urbanisation process started.

With regard to the legal aspects of earthen architecture, this urban development coincides with a gradual dismantling of legislative measures at the regional level starting in the 1930s¹⁵ and reaching its lowest point in the 1960s, a time when modern construction technologies and industrially-produced building materials were favoured and local artisanal building methods involving earth materials were disregarded.

A new interest in earthen architecture first became apparent in the 1990s. At this time, Sardinia and other Italian regions (the Abruzzi and Piedmont) were already playing an active and decisive role in

¹⁵ The comprehensive technical rules and building codes from the twentieth century for regulating construction and settlement (urban) processes and for determining restoration and enhancement measures in historic buildings have been increasingly losing their importance.

Archival research has led to the discovery of important documents from the 1930s that demonstrate the political and legislative role played in the decline of building with earth through the promotion of more modern construction technologies. Exemplary in this regard are the reports of the planning commission and the building authorities of Cagliari (in which the surrounding villages of the hinterland were considered as underdeveloped) and the technical code “Costruzioni in mattoni crudi” of the city of Quartu Sant’Elena (in which the use of the technique of building with earth was subject to severe restrictions): Regolamento di Costruzioni in mattoni crudi, Comune di Quartu Sant’Elena (Delibera del Posetà Nr. 210, 18 August 1930), Archivio Storico Comunale – Comune di Quartu Sant’Elena, Cat. I.6.4.1/2; Progetto per il Piano Regolatore di massima della città di Cagliari, Relazione, Comune di Cagliari (Cagliari 12 July 1938), Archivio Storico Comunale – Comune di Cagliari, Sezione IV, X.X.2/3; Provvedimenti per l’esecuzione di opere pubbliche straordinarie di carattere igienico nella città di Cagliari, Municipio di Cagliari (December 1931), Archivio Storico Comunale – Comune di Cagliari, Sezione IV, X.X.2/3

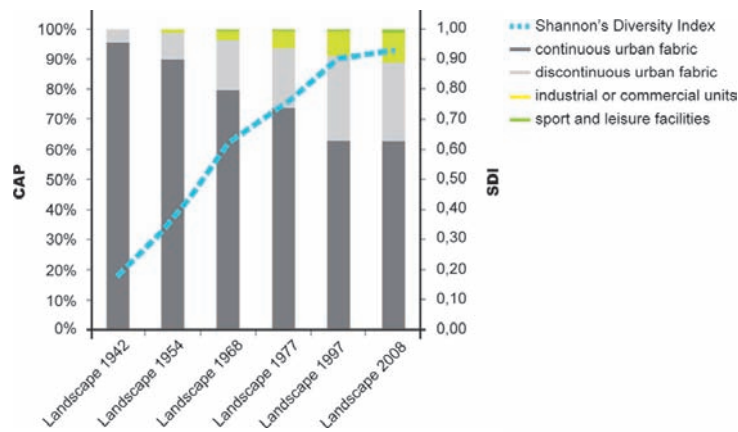


Fig. 7 Chronological sequence of Class Area Proportion and Shannon's Diversity Index

the adaptation of local legislation in favour of building with earth¹⁶. The passing of the first local laws setting the legal foundations for the protection and enhancement of historic earthen architecture can be traced back to these initiatives.

In Sardinia the adoption of the Regional Law No 29 "Tutela e valorizzazione dei centri storici della Sardegna" - together with continuous cooperation between universities, associations and municipal authorities - initiated a process that has led to the revaluation and conservation of historical earthen architectures.

These proceedings were followed in 2006 by the adoption of a regional urban and landscape plan (Piano Paesaggistico Regionale; PPR)¹⁷, which recognised the historic town centres of analysed settlements made with earth as integral components of the Sardinian cultural landscape and as models for the future urban renewal of Cagliari and its hinterland¹⁸.

Thanks to these two legislative instruments, the speculative destruction of many historic settlements and their related architectural heritage was halted during the last two decades.

CONCLUSION

FUTURE PROSPECTS. BUILDING WITH EARTH AS A STRATEGIC INSTRUMENT TO ACHIEVE SUSTAINABLE LOCAL URBAN DEVELOPMENT: THE ROLE OF URBAN POLICIES

The process of a locally appropriate revitalisation of earthen architecture can be triggered in the hinterland of Cagliari through a renewed *synergy* between *governance* (especially regional and municipal governance) and *planning instruments*.

With regard to achieving a sustainable form of urban development, the issue of urban growth in fringe areas ("Zwischenstadt") has been

¹⁶ Disposizioni per il recupero e la valorizzazione delle Capanne a Tholos e delle case in terra cruda, Regional Law No. 17 (Region of Abruzzi, 22 February 1997); amended on 15 February 2001: Integrazioni alla LR 18/93 nel testo in vigore, Regionales Law No. 5 (Region of Abruzzi, 15 February 2001)

Tutela e valorizzazione dei centri storici della Sardegna, Regional Law No. 29 (Region of Sardinia, 13 October 1998)
Norme per la valorizzazione delle costruzioni in terra cruda, Regional Law No. 2 (Region of Piedmont, 16 January 2006)

¹⁷ The Piano Paesaggistico Regionale has a strategic alignment: it formulates binding guidelines and measures in the field of town and landscape conservation in order to ensure an environmentally-friendly development of the territory. It addresses the local and sectoral town planning of the local authorities (municipalities) responsible for drawing up the provincial and municipal planning instruments: Piano Paesaggistico Regionale (Region of Sardinia, September 2006, revised in October 2013)

¹⁸ Atlante degli ambiti di paesaggio, Ambito di Paesaggio Nr. 1 Golfo di Cagliari, Tavola B, Piano Paesaggistico Regionale (Region of Sardinia, October 2013), p. 13

increasingly gaining in importance. The on-going suburbanisation and sprawling process across the hinterland of Cagliari must be acknowledged by means of a comprehensive urban and regional planning (fig. 8 and 9).

In this context, local policies (region, municipalities and planners) - also in Sardinia, primarily the regional urban and landscape planning (Piano Paesaggistico Regionale, PPR) - will play a central and decisive role in the formulation and implementation of strategic measures to contain the (still partially uncontrolled) horizontal urban growth (sprawl).

The main objectives formulated in the "PPR" for the hinterland of Cagliari are as follows:

- Promotion of an integrated town planning ("pianificazione integrata") to develop a variegated urban landscape, which counteracts the homologated and standardised image of fringe areas;
- Protection of non-built areas to reduce the fragmentation process and revive the lost agricultural landscape by creating communal green spaces in the border regions.¹⁹

In addition to the global objectives, a concrete description of appropriate measures and control mechanisms ("Norme Tecniche di Attuazione") to hinder urban sprawl is provided by the "PPR". This catalogue of measures promotes the definition of urban growth boundaries for the purposes of attaining a more compact urban structure, achieving a higher degree of mixed-use building in fringe areas and revitalising the agricultural landscape. A monitoring of the city growth every 10 years is required²⁰.

The North American model has actually been developing and successfully adopting similar concepts for several decades. A significant example in this regard is the US state of Oregon, which introduced urban planning measures for controlling and mitigating urban growth in the city of Portland as early as the 1970s (Dieleman and Wegener, 2004). The main measures here consisted in the determination of an area in order to define the maximum city growth boundaries and the determination of the non-built areas in order to preserve the agrarian landscape. The urban growth process was monitored every twenty years.

The aim of this urban policy was to achieve a more compact urban form and a higher proportion of mixed-use buildings.

Today the city of Portland presents a more compact urban form in comparison with other North American cities and its urban policy has become an exemplary model of "smart growth" for many contemporary cities (Ibid).

In a similar way to the model of Portland, by means of the "PPR", the region of Sardinia has also the legal basis for launching a successful alternative model of urban development in the investigated area.

Taking into account the regulations formulated in the PPR, there is a need to introduce appropriate laws at the municipal level in order to pave the way for an enhancement of the urban periphery from which a contemporary urban and agrarian cultural landscape may once again emerge²¹.

¹⁹ *Idem*

²⁰ These standards, which are formulated in part I, article 60 of the regional cultural landscape (urban and landscape) planning, deserve particular mention with regard to the local urban planning in urbanised areas: *Norme Tecniche di Attuazione, Sez. I Componenti di paesaggio con valenza insediativa, Art. 60 Edificato urbano*, Piano Paesaggistico Regionale (Region of Sardinia, October 2013), pp. 70-71

²¹ To this day, Selargius is the only municipality that has adopted the regulations of the "PPR" and that has developed a new urban



Fig. 8 Urban development of the hinterland and related subcategories

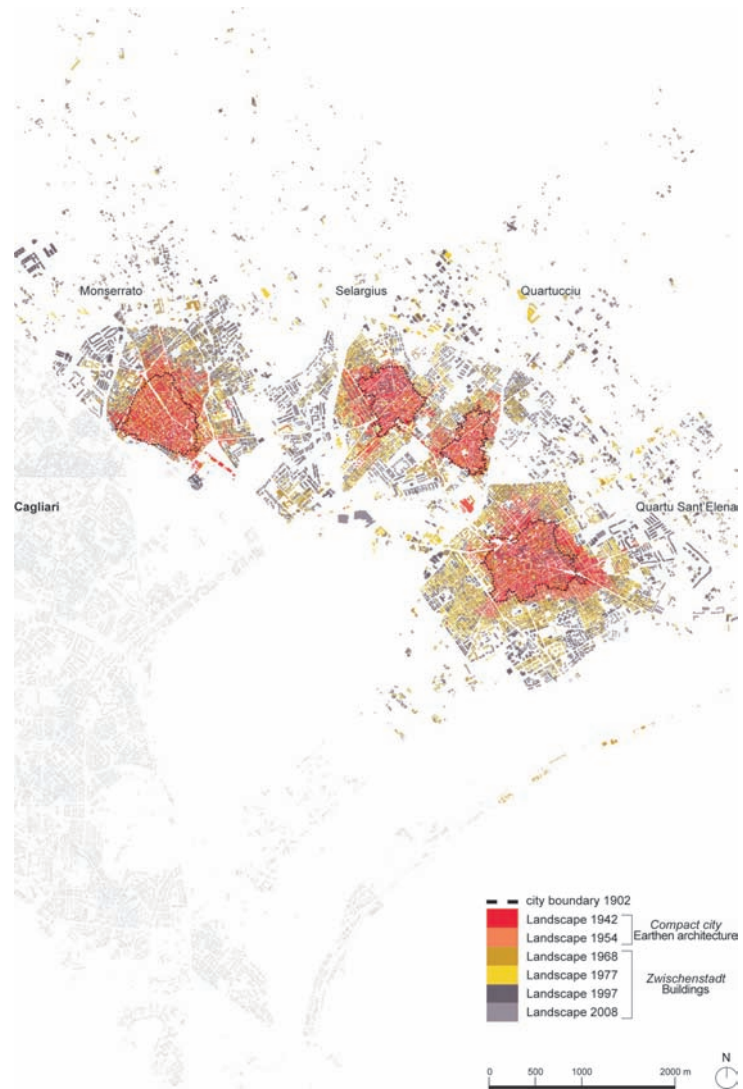


Fig. 9 Temporal landscape configurations of the hinterland

Also, the development of the cooperation-process started already in the 1990s among local authorities (municipalities), universities and associations, will enhance the prospects of both achieving significant progress at the legislative level in the field of the contemporary earthen architecture and of closing the existing national legislative gap²² by creating a sustainable model of urban development, something which could itself lead to alternative future scenarios.

The examined settlements in Monserrato, Selargius, Quartucciu

and Quartu Sant'Elena show a rich presence of traditional earthen architecture, and are also exemplary in showing the phenomenon of urban sprawl. For this reason, these sites are particularly well-suited to starting a renaissance of earthen architecture in the hinterland of Cagliari through an experimental approach for the purpose of exploring locally-adapted, contemporary earthen architectures.

A renaissance of building with earth must focus on the correlation between traditional construction technologies (building with earth) and the settlement structure related to it (the “compact city”).

planning model on this basis (“Piano Urbanistico Comunale”, PUC). However, the specific rules concerning building with earth are confined solely to the preservation and protection of historic earthen architecture: *Norme Tecniche di Attuazione, Titolo III - Prescrizioni Costruttive, Capo II, Complementi di decoro urbano*, Piano Particolareggiato del Centro Storico (City of Selargius, March 2012)

²² In Italy there are no national regulations for building with earth. Because of this legislative gap, several draft laws have been written in the last decade:

- Draft law of deputy Cossa: “Norme a sostegno dell’edificazione in terra cruda”, Nr. 4019, introduced May 28, 2003 (XIV. Legislative period);

- Draft law of deputy Cossa and Lion: “Provvedimenti per le costruzioni in terra cruda”, introduced July 14, 2004 (XIV. Legislative period);

- Draft law of senators Fantola, Libè, Maffioli, Maninetti, Ruggeri, Poli, Monacelli and Naro: “Disposizioni a sostegno delle costruzioni in terra cruda”, introduced on 22 February 2007 (XV. Legislative period);

- Draft law of deputy Schirru: “Disposizioni per la promozione delle costruzioni in terra cruda”, introduced 2 April 2, 2009 (XVI. Legislative period).

Within the context of PPR guidelines, these municipalities were able to employ strategic town planning measures that promote a new spatial settlement development (to mitigate urban growth) through the use of earthen building materials in fringe areas, based on the historic settlement model. In line with regional cultural landscape planning (PPR) objectives, a site-specific form of planning must be privileged, one that establishes the connection to and the valorisation of historic cultural landscapes.

On the basis of these urban models, pilot projects²³ promoted by the PPR could be developed. These allowed to contain city growth (and thus led to a more compact city form) and enabled the creation of a variegated cultural landscape (featuring contemporary earthen architectures), contrasting with the homogeneous and standardised townscape of the current “Zwischenstadt”.

The deployment of the concept of sustainability in urban planning, in addition to the use of natural and environmentally-friendly building materials and techniques, also includes the understanding and enhancement of historical building cultures in terms of their cultural, social, anthropological and ecological characteristics, which have marked the identity of a territory (“il paesaggio”). As stated by French architect Hubert Guillaud writes:

“[...] It is therefore necessary today to reintroduce the anthropological, symbolic, cultural and environmental significance into the habitat and into the act of living in a place, a dimension that our modern, functionalist architectures have rejected. For it is quite rightly the peculiarities of the location that provide the visible, palpable sense to this vernacular and traditional architecture.” (Guillaud, 2012, p. 8)

The regeneration of earthen architecture will thus take place in connection with sustainable city planning and the revaluation and renewal of the historical cultural identity of the hinterland of Cagliari.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Achenza, M. and Sanna, U. (2008). Il manuale tematico della terra Cruda, DEI Tipografia del Genio Civile, Rome, Vol. 2
- Angioni, G. and Sanna, A. (1988). *L'Architettura popolare in Italia, Sardegna*, Editori Laterza, Bari
- Atzeni, C. and Sanna, A. (2008). *I manuali del recupero dei centri storici della Sardegna, Architettura in terra cruda dei Campidani, del Cixerri e del Sarrabus*, Vol. 2, DEI tipografia genio civile, Rome
- Baldacci, O. (1985). *La casa rurale in Sardegna*, Poligrafico Toscano, Empoli
- Botequilha Leitão, A., Miller, J., Ahern, J., and McGarigal, K. (2006). *Measuring Landscape*, Island Press, Washington.
- Cadinu, M. (2001). *Urbanistica medievale in Sardegna*, Bompiani Editore, Rome
- Catalàn, B. Sauri, D. and Serra, P. (2008). Urban sprawl in the Mediterranean? Patterns of growth and change in the Barcelona Metropolitan Region 1993-2000. In *Landscape and Urban Planning*, Vol. 85(3), pp. 174-184
- Desogus, M. A. Sacchetti, G. and Esposito, M. C., *Questa è la mia terra*, Tiligù, Cagliari
- Dieleman, F. and Wegener, M. (2004). „Compact City and Urban Sprawl“. In: *Built Enviromental*, 30, 4, p. 313
- Disposizioni a sostegno delle costruzioni in terra cruda*, Draft law (XV. Legislative period, 22 February 2007) [<http://www.casediterra.it/legislazione1.htm>; 02 February 2012]

Disposizioni per la promozione delle costruzioni in terra cruda, Draft law (XVI. Legislative period, 2 April 2009) [<http://www.casediterra.it/legislazione1.htm>; 02 February 2012]

Disposizioni per il recupero e la valorizzazione delle Capanne a Tholos e delle case in terra cruda, Regional Law No. 17 (Region of Abruzzi, 22 February 1997) [<http://www.casediterra.it/legislazione3.htm>; 04 October 2012]

Integrazioni alla LR 18/93 nel testo in vigore, Regionales Law No. 5 (Region of Abruzzi, 15 February 2001); [<http://www.casediterra.it/legislazione3.htm>; 04 October 2012]

Istituto nazionale di statistica (ISTAT) [<http://www.istat.it/it/>; 04 September 2015]

Lang, S. and Blaschke, T. (2007). *Landschaftsanalyse mit GIS*, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart *Norme a sostegno dell'edificazione in terra cruda*, Draft law No. 4019 (XIV. Legislative period, 28 May 2003) [<http://www.casediterra.it/legislazione1.htm>; 02 February 2012]

Norme per la valorizzazione delle costruzioni in terra cruda, Regional Law No. 2 (Region of Piedmont, 16 January 2006) [<http://arianna.consiglioregionale.piemonte.it/arric/servlet/ServletTESTI?TIPOVISUAL=HTML&LAYOUT=PRESENTAZIONE&TIPODOC=LEGGI&LEGGI=2&LEGGEANNO=2006>; 04 October 2012]

Piano Paesaggistico Regionale (Region of Sardinia, September 2006, revised in October 2013): [<http://www.sardegna.territorio.it/paesaggio/pianopaesaggisticoardegna.html>; 23 January 2014]

Piano Particolareggiato del Centro Storico (Municipality of Selargius, März 2012) [http://www.comune.selargius.ca.it/index.php?option=com_content&view=article&id=3048:deposito-piano-particolareggiato-del-centro-storico-variante-in-adequamento-allart-52-delle-nta-del-ppr&catid=369&Itemid=423; 08 January 2014]

Progetto per il Piano Regolatore di massima della città di Cagliari, Relazione, Comune di Cagliari (Cagliari 12 July 1938), Archivio Storico Comunale – Comune di Cagliari, Sezione IV, X.X.2/3

Provvedimenti per le costruzioni in terra cruda, Draft law (XIV. Legislative period, 14 July 2004) [<http://www.casediterra.it/legislazione1.htm>; 02 February 2012]

Provvedimenti per l'esecuzione di opere pubbliche straordinarie di carattere igienico nella città di Cagliari, Municipio di Cagliari (December 1931), Archivio Storico Comunale – Comune di Cagliari, Sezione IV, X.X.2/3

Regolamento di Costruzioni in mattoni crudi, Comune di Quartu Sant'Elena (Delibera del Posetà Nr. 210, 18 August 1930), Archivio Storico Comunale – Comune di Quartu Sant'Elena, Cat. I.6.4.1/2

Sardegnaeoportale, catalog data of Region Sardinia [<http://www.sardegnaeoportale.it/catalogodati/download/>; 03 December 2013]

Schwarz, N. (2010). Urban form revisited-Selecting indicator for characterizing European cities. In *Landscape and Urban Planning*, Vol. 96(1), pp. 29-47

Sieverts, T. (1997). *Zwischenstadt zwischen Ort und Welt Raum und Zeit Stadt und Land*, Birkhäuser, Basel

Toccafondi V. (2015). *Neuinterpretation und zeitgenössische Anwendung der antiken Lehm-Tradition auf Sardinien*, Technische Universität Berlin, Berlin

Tutela e valorizzazione dei centri storici della Sardegna, Regional Law No. 29 (Region of Sardinia, 13 October 1998) [<http://www.regione.sardegna.it/jv/86?v=9&c=72&s=1&file=1998029>; 04 October 2012]

Waltz, U. (2000). *Charakterisierung der Landschaftsstruktur mit Methoden der Satelliten-Fernerkundung in der Geoinformatik*, Logos Verlag Berlin, Berlin

²³ Norme Tecniche di Attuazione, Sez. I Componenti di paesaggio con valenza insediativi, Art.60 Edificato urbano, Piano Paesaggistico Regionale (Region of Sardinia, October 2013), p. 73

VIVIENDO DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA

AUTOR

Santiago RIVERO BOLAÑOS

De la tierra hábitat – Turismo Cultural, Colombia

RESUMEN

Este artículo busca mostrar una experiencia de dinámica económica sostenible a partir de la tierra cruda como material de construcción y de la cultura constructiva en un contexto de provincia en un país como Colombia. Una experiencia que se aparta de los proyectos de arquitectura de altos presupuestos que se publican en revistas especializadas y de las actividades adscritas a universidades o instituciones consolidadas del sector público o privado. Desde este artículo se pretende motivar a los nuevos interesados en la arquitectura de tierra a incursionar en la acción desde el hacer cotidiano con responsabilidad, creatividad, queriendo evidenciar que es posible vivir de la arquitectura de tierra con calidad de vida, generando un impacto positivo en el entorno desde la valoración del patrimonio teniendo en cuenta el contexto actual, generando fuentes de empleo, dinámicas económicas y queriendo aportar elementos que ayuden a quitarle a la arquitectura de tierra su condición de marginalidad.

INTRODUCCIÓN

Cada vez son más frecuentes los eventos relacionados con la arquitectura de tierra. En ellos, los asistentes conocen referentes que desde hace treinta años se han consolidado en el escenario como íconos que realizan proyectos impactantes como Martin Rauch o Rick Joy; o profesionales adscritos a entidades como universidades o grupos de investigación que desde la plataforma que permite la institucionalidad desarrollan su camino profesional y resuelven su vida cotidiana. Mi asistencia a esos eventos me ha llevado a reconocer que entre los participantes, sobre todo los más jóvenes, así se tenga el componente fundamental que requiere el tema – la pasión- queda siempre una sensación de reto y de frustración al percibir que no es fácil desarrollar una vida profesional alrededor de la arquitectura de tierra en la que se devengue un sustento que permita la calidad de vida si no se tiene reconocimiento o si no se está vinculado a una entidad que facilite el soporte económico para resolver el día día individual. Yo mismo viví tuve esa percepción cuando inicié mi camino en la arquitectura de tierra en el año 1998. Desde el año 2009 he ido consolidando una dinámica de trabajo alrededor de la tierra como material y de la cultura constructiva en un contexto provincial, independiente de universidades o complejas entidades, trabajando con un nicho de mercado de bajo presupuesto, que no procura la visibilidad mediática y que al cierre del 2014 se puede apreciar como una experiencia de emprendimiento sostenible con dinámicas económicas locales en la Provincia de Guantánamo – nororiente de Colombia - , que genera empleo y que ha propiciado la calidad de vida y la sostenibilidad económica propia y de las personas vinculadas al equipo de trabajo de De La Tierra – Hábitat y Turismo Cultural.

1. ANTECEDENTES

Inicié el recorrido del camino de la arquitectura de tierra en el año 1998 durante la realización de mi tesis de pregrado como ingeniero civil en la universidad de mi región – Departamento de Santander, a 6 horas al noreste de Bogotá sobre la cordillera oriental- . El tema de trabajo fue el reforzamiento de muros de tapia pisada con caña brava. Luego obtener el título desarrollé tres proyectos particulares de casas de tapia pisada en la región en un condominio exclusivo para familias con solvencia económica. Después estuve vinculado a la Universidad de Andes en Bogotá como parte del equipo que adelantó una investigación sobre comportamiento estructural de edificaciones de adobe y tapia pisada. Terminado este proceso realicé la formación de CRAterre entre el 2003 y el 2004 para después instalarme de nuevo mi región, específicamente en Barichara, un municipio declarado Patrimonio Cultural de Colombia por la preservación de su arquitectura. Barichara es sin duda el lugar de Colombia donde más se construye con tierra. Se trata de nuevas edificaciones de alto presupuesto que generalmente son propiedad de familias adineradas de Bogotá. En un proceso particular y que merece más atención de la que hasta ahora se le ha dado, en Barichara la cultura constructiva de la tapia pisada se mantuvo vigente y tuvo un impulso inusitado cuando los altos círculos sociales y culturales de Bogotá la posicionaron como un lugar de moda por la tranquilidad, el paisaje y donde tener una casa de tapia pisada se convirtió en una condición. Estas circunstancias muy particulares provocaron que la construcción con tapia pisada se convirtiera en uno de los principales renglones de la economía local. Desde el año 2004, viviendas contemporáneas construidas con tapia pisada en Barichara aparecen con frecuencia



Fig. 1 Tapia Posada

en la revistas de arquitectura y algunas de ellas han recibido reconocimiento en Bienales en Colombia. Entre el 2005 y el 2009 estuve inmerso en las dinámicas profesionales de la arquitectura de tierra en Barichara y desde Barichara vinculado a equipos de trabajo y asesorando proyectos.

Este período me llevó a varias reflexiones: la primera de ellas radica en la dificultad para construir con tierra por la ausencia de marco normativo que permita obtener una licencia, acceder a créditos o una póliza de seguros, lo que la restringe a limitados círculos sociales. En la Provincia de Guanentá del departamento de Santander, pese a que la construcción con tierra está valorada, pese a que hay apropiación y el saber-hacer está vigente, solamente en Barichara se construía con tapia pisada por tratarse de un pueblo con valor patrimonial donde quienes invertían eran familias influyentes de Bogotá. Todas las viviendas contemporáneas en Barichara son de cierta forma ilegales puesto que obtuvieron una licencia de construcción al margen de las exigencias de la norma vigente. Pero Barichara es un caso particular. Una segunda reflexión: la ausencia de consideración de la tierra dentro del marco normativo hace que los proyectos de vivienda e infraestructura del Estado tengan que desarrollarse con sistemas contemplados en la norma, lo que provocaba que mientras se construían casas suntuosas con licencia en Barichara, la aplicación de subsidios de vivienda en el sector rural y urbano tenían que hacerse con ladrillo, cemento y acero. Una tercera reflexión: La realidad en Barichara visibilizó la construcción con tierra en el país pero envió un mensaje distorsionado a las poblaciones vecinas: “las construcción con tierra es para ricos”. Alrededor de San Gil – capital de la Provincia de Guanentá – hay por lo menos diez municipios con características similares a las de Barichara pero sin ningún reflector mediático. La mayoría de las viviendas en estas poblaciones son de tapia pisada y están en propiedad o son habitadas por familias clase media y baja que se mueven en dinámicas económicas locales donde la escala de economía es inferior a la de Bogotá. En estas familias propietarias se concibió la idea inalcanzable de arreglar sus casas al estilo de las de Barichara.

El trabajo desarrollado entre el 2005 y el 2009 me permitió acceder a un pequeño terreno de 100m² en Barichara donde construí una casa de tapia pisada desde mis posibilidades económicas y vinculando las reflexiones anotadas. En el año 2010 se terminó Tapia Posada, una vivienda desarrollada en 100m² con una inversión de USD12.000 en materiales y mano de obra. Se trata de una edificación pequeña, modesta, que sin ser pretenciosa es acogedora y tiene cierta calidad espacial y estética a la medida del presupuesto disponible (fig.1).

Las reflexiones de mi proceso personal y profesional desde 1998, pero sobre todo entre el 2005 y el 2009, sumadas a la construcción de Tapia Posada y a la firme convicción de quedarme en mi territorio para realizar mi proyecto de vida personal y profesional me llevaron a orientar mi camino en la arquitectura de tierra en una dirección distinta.

2. DE LA TIERRA – HÁBITAT Y TURISMO CULTURAL

Con el escenario reflexivo del final del 2009 me di a la tarea de lanzar un proyecto de desarrollo personal y profesional ligado a la arquitectura de tierra, asentado en mi territorio, que aportara la valoración del patrimonio en las poblaciones vecinas y no en Barichara, a la escala de la economía local, que fuera sostenible y que me permitiera ser y sentirme buen ser humano, buen profesional y buen ciudadano. A partir de esta idea nace De la tierra – Hábitat y Turismo Cultural con sede en San Gil, con la iniciativa de desarrollar una línea de trabajo desde lo constructivo y una segunda desde el turismo teniendo en cuenta el posicionamiento de la región en el escenario turístico nacional buscando de manera conjunta la proyección y valoración del patrimonio cultural.

2.1. DE LA TIERRA – HÁBITAT “TRATAMIENTO MÉDICO PARA CASAS VIVAS”

Lo primero fue darle una visión empresarial al proceso identificando un producto y un mercado objetivo. El segundo – el mercado objetivo - ya lo tenía resuelto: familias de clase media cuyos ingresos vengán de actividades económicas locales, propietarias de inmuebles de tierra en los pueblos vecinos a San Gil y con capacidad de endeudamiento de hasta USD30.000. El producto a considerar debía reunir condiciones como la baja complejidad en la intervención, la agilidad en ella, la baja inversión y el alto impacto estético.

Sobre estas ideas nace “Tratamiento médico para casas vivas”, un producto de intervención en inmuebles construidos con tierra que se alimenta de la idea de considerar las casas de tierra como seres vivos más longevos que nosotros los humanos, que han acogido a nuestras familias y que por diferentes razones no han sido cuidadas de la manera adecuada en los últimos sesenta años. Todas las familias propietarias tienen fuertes conexiones sentimentales con los inmuebles por lo que la idea resumida en el nombre del producto calaba muy bien en los clientes y le daba a la intervención unos componentes más allá de los estrictamente comerciales, constructivos y profesionales: se trataba de la aproximación a un ser querido que necesitaba

Fig. 2 Casa Bárbara Rodríguez antes de la intervención





Fig. 3 - 4 Casa Bárbara Rodríguez después de la intervención

una mano de quienes había acogido por generaciones. Los proyectos de "Tratamiento médico para casas vivas" no aspiran a salir en una revista de arquitectura ni obtener un premio o reconocimiento por el diseño o la innovación; tampoco son obras formales de restauración. Son proyectos de arquitectura de tierra sencillos, ágiles y han procurado mostrar que con un poco de creatividad, sensibilidad y apoyados en la cultura local y en el saber hacer se logran transformaciones de gran impacto con un monto relativamente bajo de inversión. Además, las intervenciones obtienen licencia de la autoridad local por interpretarse como reparaciones y mantenimientos. (fig. 2, 3 y 4).

La relación con el cliente es especial pues se genera un sentido de agradecimiento al recuperar la casa vinculada a toda una carga sentimental; cuando hace un tiempo se veía inalcanzable a causa de la idea equivocada percibida desde el fenómeno de Barichara (fig. 5 y 6).

Algo importante es que la valorización del inmueble luego de la intervención sobrepasa la inversión. Esto quiere decir que la casa después de la intervención aumenta su precio por encima de lo que estaba evaluada antes más la inversión de la obra. (fig. 7)

Fig. 5 - 6 Casa Jairo Cordero antes y después de la intervención, respectivamente



Obras de "Tratamiento médico para casas vivas"

OBRA	AÑO	LUGAR	INVERSION
Casa Bárbara Rodríguez	2010	San Gil	USD15.000
Casa Marta Luz Cristancho	2010	Pinchote	USD10.000
Casa Jairo Cordero	2011	San Gil	USD30.000
Casa Cohilados	2011	San Gil	USD10.000
Casa Lucila Forero	2013	San Gil	USD5.000
Casa Cámara de Comercio	2013	San Gil	USD5.000
Casa familia Cuadros	2014	Curiti	USD25.000
Casa Julieta Rueda	2014	San Gil	USD 35.000
Local Caney Guane	2014	San Gil	USD15.000
Monolito reloj	2014	San Gil	USD5.000

Fig. 7 Obras Tratamiento médico para casas vivas

2.2. DE LA TIERRA – TURISMO CULTURAL "TALLERES DE TAPIA PISADA"

Durante la estancia en Barichara 2005-2009 de manera informal y ante solicitudes esporádicas, estuve realizando talleres de construcción con tierra mientras estaba vinculado a una entidad. Estos talleres eran solicitados por empresas de turismo que operaban en la región con productos turísticos de aventura como rafting, torrentismo, espeleísmo y parapente. El primero se dio por casualidad en el año 2006 cuando una actividad programada por una empresa no se pudo realizar por la creciente del río Fonce. Ante la eventualidad solicitaron si era posible hacer un taller demostrativo de construcción con tierra. La actividad se realizó y tuvo gran acogida. Desde esa ocasión y durante los siguientes tres años, el voz a voz propició que se realizaran varios talleres cada año al punto que la actividad se posicionó. Al análisis reflexivo del final del 2009 se hizo el balance, y éste arrojó que sin ninguna estrategia de promoción pasaban por el taller de tapia pisada cerca de mil personas al año.

Con De La Tierra se formaliza el taller de tapia pisada como un producto de turismo cultural con toda la legalidad propia de un operador turístico. No fue fácil dar el paso de asumir que como ingeniero civil dedicado a la arquitectura de tierra entraba al mundo del turismo.

Se rentó un lugar en Barichara, en el Parque Chorreras y se diseñó un circuito de cuatro estaciones con experiencias vivenciales de construcción con tierra desde la lúdica. El circuito se acompañó de un recorrido con cierto contenido técnico por las calles de Barichara y un rato de esparcimiento en el río contiguo a la zona del taller (fig. 8 y 9).

Desde que la actividad se asumió con formalidad, lo que involucra una estructura de trabajo con animadores, parte administrativa y procesos de calidad, la afluencia ha ido creciendo. El cierre del año 2014 mostró que 2450 personas realizaron el taller. De ellas 1900 eran estudiantes en edad escolar, 150 líderes de comunidades campesinas y 300 estudiantes de pregrado en arquitectura. Desde que iniciaron actividades han tomado el taller más de 3000 personas y hoy en día está posicionado como uno de los productos de turismo cultural de la zona. En el año 2014, el taller recibió el reconocimiento de parte de OBA, la empresa más importante de turismo y educación experiencial de Colombia como el mejor proveedor de servicios. El taller facilita cuatro empleos operativos y uno administrativo.

Desde el año 2013 el taller de tapia pisada se dio a la tarea de trascender la actividad y procurar generar una aplicación social en la comunidad, considerando que la mayoría de los participantes son personas de otros lugares del país. Por ello, junto al taller se ofrece la opción de mejoramiento de cocinas rurales en bahareque como una alternativa adicional que complementa al taller en Chorreras. Entre



Fig. 8 - 9 Talleres de construcción con tierra

el año 2013 y 2015 se han intervenido cinco cocinas de bahareque del sector rural.

2.3. EL IMPACTO EN LA APROPIACIÓN LOCAL

El reconocimiento de la distorsión de realidad hacia el costo de las intervenciones enviado desde Barichara y la fuerte presión inmobiliaria en los otros municipios que propicia la demolición de las viviendas antiguas para dar paso a la construcción de edificaciones en altura, motivó que a la par con De la Tierra – Hábitat y Turismo Cultural se creara otra entidad hermana desde la cual se pudieran desarrollar actividades de sensibilización y apropiación del patrimonio cultural. Así nace Corporación Dígame Santander -CDS- como un marco legal y formal de expresión, denuncia y proposición ante el riesgo que ofrecía el desarrollo inmobiliario y urbano en municipios vecinos que no tenían la fortaleza de Barichara.

Con CDS se realizaron con mucho esfuerzo y con las uñas encuentros académicos, concursos de fotografía y algunas acciones mediáticas señalando la importancia de conservar el patrimonio construido con tierra. En el año 2013 CDS comienza a participar en las convocatorias de proyectos del Ministerio de Cultura logrando peque-

ñas partidas financieras que han permitido transmitir el mensaje al entorno local no solo desde lo constructivo-comercial con De La Tierra, sino también desde lo social.

En el año 2013 CDS obtuvo el segundo puesto a nivel nacional con mención en la categoría de proyectos de formación para la primera infancia con el taller de construcción con tierra dirigido a niños de hasta 6 años.

En el año 2014 CDS recibió el apoyo del Ministerio de Cultura para un montaje escenográfico alrededor de la tierra como material que se llamó “la tierra, me unto, construyo y vivo”. En el montaje de una semana realizado en San Gil, cada uno de los 300 participantes entraba en contacto con el material tierra desde los sentidos, luego exploraba posibilidades de expresión con pintura y modelado, para cerrar con un circuito de hábitat con las diferentes técnicas (fig. 10). Este mismo montaje recibió apoyo en el 2015 para realizarlo en otras poblaciones aledañas: Charalá y Socorro que tienen centros históricos declarados patrimonio por su preservación arquitectónica, hoy en día en riesgo.

CONCLUSIÓN

Quise compartir la experiencia personal que condujo a De La Tierra – Hábitat y Turismo Cultural – DLT- y desde donde le he dado continuidad a mi camino profesional y personal, en el que el eje es la tierra como material. La propuesta de acción de DLT proviene de la reflexión del entorno local y ha logrado posicionarse como un portafolio diversificado que toca el mercado constructivo, el turismo cultural y la proyección social con CDS. Compartir la experiencia – pido excusas por el tono personal, no usual en este tipo de artículos – pretende motivar a los nuevos (jóvenes y no tan jóvenes) interesados en la arquitectura de tierra para desarrollar su camino reconociendo que no es fácil, que se requiere de tesón, paciencia e insistencia.

En definitiva quise compartir cómo desde un escenario de provincia, sin vinculación alguna a una institución de soporte, he logrado consolidar un proyecto alrededor de la arquitectura de tierra donde siento que aportó como profesional a mi entorno y en el que soy feliz como ser humano; reconociendo que este proceso se ha dado con el apoyo y vinculación de varias personas que han hecho parte del equipo y otras que lo son, y que vieron en esta idea personal la posibilidad de desarrollar las propias, al menos por un tramo del camino.

Fig. 10 La tierra, me unto, construyo y vivo



RECHERCHE,
EXPÉRIMENTATION,
INNOVATION

RESEARCH,
EXPERIMENTATION,
INNOVATION

INVESTIGACIÓN,
EXPERIMENTACIÓN,
INNOVACIÓN

Au cours de cette session, une grande variété de sujets ont été abordés, allant de la sélection initiale des sols aux techniques de finition.

De nombreuses présentations ont été faites à partir de l'étude des performances mécaniques de la terre en tant que matériau de construction. Son comportement complexe reste encore à maîtriser, même si de grands progrès ont été accomplis ces dernières années. L'une des principales préoccupations exprimées porte sur la résistance sismique des matériaux et des bâtiments en terre. L'atténuation du mouvement sismique est donc apparue comme un objectif principal ; diverses solutions adaptées à la construction et à la rénovation ont été présentées, basées sur des techniques traditionnelles et respectueuses des cultures constructives locales.

Le sujet du comportement hygrothermique des matériaux de construction en terre est revenu à plusieurs reprises. L'architecture de terre permet un vrai confort intérieur, notamment pour ce qui est du confort thermique et de la qualité de l'air. Beaucoup d'attention a également été accordée aux matériaux bio-composites innovants : des mélanges composés de différents types de terre et d'une grande variété de matériaux végétaux, de fibres ou de molécules organiques. Puisqu'il existe un grand nombre de matériaux composites, il serait très laborieux de mener une étude détaillée des caractéristiques hygrothermiques de chaque matériau. Par conséquent, il devient nécessaire de disposer d'un modèle robuste pour prédire le comportement hygrothermique des bio-composites comportant de la terre, ou bien des méthodes de caractérisation plus standardisées afin de pouvoir garantir leurs performances en réhabilitation ou dans de nouveaux projets de construction.

Globalement, nous pouvons conclure que la recherche vise d'une part l'amélioration des caractéristiques de la terre par des méthodes de stabilisation et par l'innovation, et, d'autre part, elle tend vers l'intégration de techniques anciennes dans les pratiques de construction contemporaines. Les deux approches peuvent cependant être complémentaires et favoriser l'utilisation de ce matériau durable dans toutes ses variations possibles.



SHOULD RAW EARTH BE IMPROVED? AN ENVIRONMENTAL ASSESSMENT

AUTHORS

Henri VAN DAMME

Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA
 Multiscale Material Science for Energy and Environment, the
 Joint CNRS-MIT Laboratory at MIT, Cambridge, MA, USA

Hugo HOUBEN

CRAterre-ENSAG, Grenoble, France

If there is something on which we probably all agree in this audience it is that raw earth is a wonderful building material. The use of raw earth gave rise to an extraordinary variety of vernacular construction techniques, some of which were illustrated in the previous presentations. It has and it is still providing decent dwellings to a significant fraction of humanity all over the globe, and it is one of the options to consider for facing the affordable housing challenge that the increase of the world population is posing.

When implemented without industrial additives, crude earth is a totally and infinitely recyclable material with a remarkably low environmental impact. In spite of that, raw earth construction is facing serious challenges, many of which stem from its still very limited use in modern construction. It suffers from a – often unjustified – poor image, in social and technical terms, and from the difficulty to pass some durability and mechanical performance tests which were designed for industrial materials, and which are not adapted to raw earth. In addition, earth construction is so far a very labor intensive technique. This leads to a relatively high cost and to time requirements incompatible with current productivity standards. These are very real challenges, and they have been addressed so far in two ways.

The first one – which is actually not that recent – is the almost systematic “stabilization” of earth with lime, plaster of Paris, Portland cement, or industrial wastes like fly ash or blast furnace slag. This led to the now widespread incorporation - mainly in compressed earth blocks and in rammed earth - of, typically, between 3 and 10% Portland cement. Taking into account the massive character of earthen architecture and the potential number of new dwellings, this represents a substantial volume of cement.

A second – more recent – trend has been to transfer to earth construction the technologies used in concrete construction, in order to lower the labor intensive character. The University of Mokpo in South Korea, ETH Zurich, and CRAterre-Amàco are active places in that field. Thanks to an accurate control of the grain size distribution and the use of clay dispersants, earth-based mixes with a very low water content - of the order of 15% only - can now be cast in place just like ordinary concrete (fig. 1). Some cement-stabilized mixes fluidized with last generation concrete superplasticizer polymers can even be operated like self-compacting or self-leveling concretes, flowing like water right after mixing but gaining strength very rap-

Fig. 1 Poured earth, or better, poured clay concrete



idly once in place, so that formworks can be removed after a few hours only. Dispersion alone, by allowing for a larger final density after drying, has been shown to improve the compression strength as much as stabilization with cement. These are truly amazing developments which make earth construction compatible with modern construction standards. They will be presented later during the week.

As far as the carbon footprint or Global Warming Potential – “GWP” – of earth construction is concerned, this evolution raises a number of questions. Even after stabilization, earth remains a modest construction material. Its compressive strength is relatively small, going from a fraction of MPa to about twenty MPa in the very best cases, with an average around a few MPa. This leads generally to the need of massive walls. Although this has some advantages, in terms of thermal comfort in particular, it has also drawbacks in terms of carbon footprint. Even small relative cement contents may represent large absolute volumes. The same is true for the use of synthetic dispersants, which have in general a carbon footprint larger than that of Portland cement, and the question must be raised whether the environmentally friendly character of earthen construction is still preserved.

Let us make some quantitative evaluation (fig. 2). Rammed earth, for instance, which is very common in this region, has a Global Warming Potential – “GWP” – of the order of 23 gram-eq of CO₂ per kg of rammed earth, which is remarkably small. Among all construction materials, this is only surpassed by raw aggregates, with approximately 5 gram-eq of CO₂ per kg of aggregates including sand, on average. The problem is that one can hardly build with aggregates alone.

Global Warming Potential (GWP)

Rammed earth (RE)	23 g CO₂ per kg
Aggregates	5 g CO₂ per kg
Portland cement (OPC)	830 g CO₂ per kg
Stabilized RE (5 to 10% OPC)	64 to 106 g CO₂ per kg
Ordinary concrete (25 MPa)	130 g CO₂ per kg

Fig. 2 Comparison of global warming potential (GWP) of clay concretes and Portland cement concretes

The picture is changing considerably when stabilization is taken into account. The GWP of modern Portland cement is close to 830 gram-eq CO₂ per kg of cement, about 40 times larger than earth. Thus, even a moderate incorporation of cement – say, 5 to 10% – represents a significant increase in embodied carbon. Simple arithmetics shows that stabilization with 5 to 10% of cement would boost the GWP of rammed earth to values between 64 and 106 gram-eq CO₂ per kg of

earth. As a matter of fact, the later value is not far from the GWP of ordinary concrete, which is around 130 gram-eq CO₂ per kg of concrete.

It is interesting to look at the efficiency of stabilization and its environmental cost in relation with the gain in mechanical performance. This can be done by using two indices, the so-called *binder intensity index* on one hand, and the so-called *carbon intensity index* on the other hand. Both were introduced by Damineli and coworkers some years ago. They read as follows (fig. 3) :

$$bi = \frac{b}{s} \quad \text{and} \quad ci = \frac{c}{s}$$

where *b* is the total consumption in binder and *c* is the total CO₂ emitted in obtaining a material of compressive strength *s*. Thus, the binder intensity index provides an answer to the question: “How much cement do I have to incorporate to obtain 1 MPa of compressive strength?”, whereas the carbon intensity index provides an answer to the question: “How much CO₂ do I have to emit to obtain 1 MPa of compressive strength?”

Binder intensity index

kg binder / m³

$$bi = \frac{b}{p}$$

Rc (MPa) at
28 days

Carbon intensity index

kg CO₂ / m³

$$ci = \frac{c}{p}$$

Rc (MPa) at
28 days

Fig. 3 Binder intensity index and carbon intensity index, concepts introduced by Damineli et al.

The cloud of small data points on this graph (fig. 4) represents the values of the binder intensity index for about one thousand different concrete mixes made with Portland cement. In such a graph, the good values for the index are the small values. In spite of the very large scatter of the data, the trend is clear. The most efficient way to use cement is to use it in a high performance concrete, with a compact matrix of aggregates and compressive strength larger than 60 MPa. The spots representing stabilized adobe, rammed earth, and self-compacting clay concrete, are all on the low strength side of the graph, which is not a surprise. But they are also high in the graph, which shows that stabilizing adobe and rammed earth with cement is a very inefficient way to use cement. The only moderately

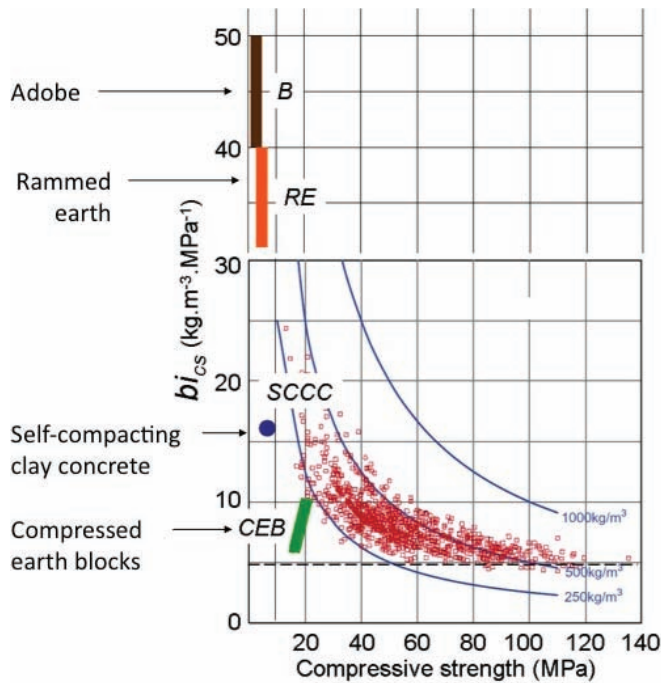


Fig. 4 Binder intensity index comparison chart. (After Damineli et al.)

acceptable case is that of compressed earth blocks. Their index values are comparable to those of the average value for concrete, but their strength is much lower.

The analysis becomes even more disturbing when the environmental cost of stabilization is considered (fig. 5). Like in the previous graph, the good values are the low lying data points and spots. Compressed earth blocks behave like a concrete of moderately poor environmental and mechanical performance. Self-compacting clay concrete is close to the worst - in environmental terms - ordinary concrete formulations. Stabilized rammed earth and mud bricks have extremely poor environmental performances, with a CO_2 intensity index about ten times worse than the average concrete values.

The conclusion of this analysis is clear. Stabilization of raw earth with Portland cement is not advisable, neither in mechanical nor in environmental terms. It provides very moderate benefits while using large volume of binders.

We do not have the time here to perform a similar analysis for earth fluidized with inorganic or organic dispersants, but the conclusion would have been similar. Without a careful choice of the compounds to be used, the carbon footprint of dispersants may considerably degrade the environmentally friendly character of earth construction. Conversely, provided low-impact and low-cost dispersants can be identified, dispersion could be a very promising alternative to stabilization with cement.

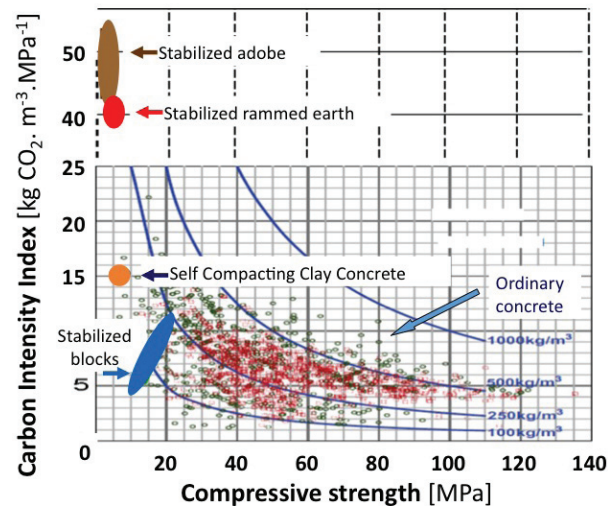


Fig. 5 Carbon intensity index comparison chart. (After Damineli et al.)

Our conclusions do not call earthen construction into question. Provided some simple architectural rules often inscribed in the local constructive culture are followed, construction with unstabilized earth is a durable technology that has a role to play in the formidable challenge awaiting us in the coming decades. Climate change may possibly modify the architectural rules to be followed, but rather than massively transforming earth into a low quality concrete, it would be more appropriate to adapt the architectural practice and to look for new ways to improve strength and durability.

Thank you for your attention. Earth has a bright future!

27 YEARS OF APPLIED RESEARCH AT AVEI

AUTHORS

Serge MAÏNI (alias Satprem)

Lara K. DAVIS

Auroville Earth Institute, India

SUMMARY

Since the inception of the Auroville Earth Institute (AVEI) in 1989, research in stabilised earth technologies has been among the core activities of the institute. This paper presents a broad overview of applied and scientific research initiatives at AVEI, which has broadened knowledge in the field and led to the development of innovative earthen constructive systems. AVEI's principle contributions include machine design, best-practice in production and construction with CSEB, structural design and construction of large span earthen vaulting, and climate appropriate design with earth.

INTRODUCTION

Over the last 27 years, the Auroville Earth Institute has focussed its research and development initiatives on stabilised earth building technologies, with the aim to make extensive use of raw earth as a building material and to improve its mechanical properties for climate appropriate applications. Stabilised earth is more favourable for engineered buildings in the hot, humid and monsoon-prone tropical climate of south India. Nevertheless, AVEI's benchmark goals are to minimise the use of steel and cement, while using a maximum quantity of local earth resources for energy-saving, eco-friendly and sustainable building technologies.

This paper presents a broad overview of applied and scientific research initiatives at AVEI, which has broadened knowledge in the field and led to the development of innovative earthen constructive systems. This includes research on equipment, building components and elements from foundations to waterproofing, as outlined in the "AVEI Work Specifications" (Davis and Maïni, 2013): earthen production and construction equipment, diversified types of Compressed Stabilised Earth Block (CSEB), stabilised rammed earth foundations/walls, composite earth techniques for columns/ lintels/ beams, stabilised earth waterproofing/ plasters/ mortars, poured earth concrete foundations/ walls / roads, disaster resistant techniques with CSEB, and optimised CSEB vaults and domes.

1. AURAM EQUIPMENT

When the Auroville Earth Institute was founded in 1989, there was nearly no equipment in India for earthen construction and import tax was very high. This initiated research and development for a wide

range of earthen construction equipment, call "Auram". The Auram equipment currently includes manual and motorised machinery for compressed earth blocks, quality control devices, handling equipment, rammed earth equipment, and hand tools (fig. 1-4).



Fig. 1 Auram Press 3000



Fig. 2 Auram Crusher



Fig. 3 Auram Press 4000



Fig. 4 Auramix 5000 continuous mixer (4-7 m³/h)

A wide range of block and mould typologies have been developed progressively in response to needs for different applications and constraints, including for multi-story load bearing structures, shear reinforcement, earthquake resistance, ventilated floor systems, large span vaulting, climate appropriate design considerations, and integrated building systems. Accordingly, the Auram Press 3000 has become one of the most versatile manual CSEB presses on the market, able to produce approximately 70 different types of blocks with 18 interchangeable moulds, with high dimensional accuracy (0.5 mm).

CSEB is in general 5 to 10% less expensive than other building materials in the Auroville/ Pondicherry area (Haviez and Maïni, 2011), however, the introduction of motorised equipment increases productivity for much reduced block cost and investment return: A block produced with the motorised equipment costs 15 Rs. as opposed to 19 Rs. by hand.

2. COMPRESSED STABILISED EARTH BLOCKS (MAÏNI, 2010)

Extensive research has been conducted to develop an India-specific inventory of carbon and energy in building materials (Thautam & Maïni, 2005, revised 2013). This inventory provides detailed data on embodied energy and carbon emissions of raw materials, CSEB, stabilised earth techniques and standard industrial building materials. While the addition of small percentages of cement or lime stabiliser obviously increase the embodied energy and carbon footprint of raw earth, the data shows that stabilised earth in general is still an order of magnitude below the values of conventional building materials used in the region:

Building Component	MJ/m ³	kgCO ₂ /m ³
5% cement stabilised CSEB (24 x 24 x 9 cm), produced on site	548.52	49.366
Country Fired Brick (23 x 10 x 7 cm), Pondicherry area	6,122.54	642.866
Solid Concrete Block (30 x 20 x 15 cm)	1,156.00	104.050

Table 1 Data from AVEI's inventory on carbon and embodied energy of materials

In Auroville/ Pondicherry, a 5% cement stabilised CSEB produced on site (with no soil transportation) has an embodied energy 11 times less and carbon footprint 13 times less than local country fired brick. While embodied energy and carbon emission are typically expressed respectively in MJ/kg and kgCO₂/kg, this inventory has employed functional units (i.e. by volume: MJ/m³ and kgCO₂/m³) as recommended by Hammond and Jones (Hammond & Jones, 2006; Hammond & Jones, 2011).

In terms of thermal performance, it is generally accepted that CSEB and stabilised earth techniques are less effective than raw earth for indoor climate buffering. AVEI has conducted thermal research in partnership with the Florida International University to assess the “thermo regulation” of CSEB. One building built by AVEI was monitored for a year-long period. In summary, Dr. Hae-Bum Yun and Dr. Lakshmi Reddi have written, “The data on a whole leads to the conclusion that the CSEB blocks are efficient thermal regulators in

addition to the traditional use of the building envelope as protection from the climate.” (Yun & Reddi, 2013) In any case, in hot humid climates such as south India, open window ventilation tends to offset and complexify the heat gain of thermal mass systems.

Another research program has focussed on the reusability/ recyclability of CSEB (Maïni, 2016b), to explore how CSEB and stabilised earth can be recycled or re-utilised with no appreciable loss, or otherwise simply composted (Maïni, 2016a). One research project has used waste CSEB to replace quarried stone aggregate in poured earth concrete (PEC) (Joshi, 2015). These samples showed a wet compressive strength of 47% the strength of samples with stone aggregate: 3.86 MPa with broken blocks versus 8.14 MPa with stone aggregate. Even with strength values about half that of samples with stone aggregate, the average strength with waste CSEB is sufficient to safely carry the load of a 3-story building. Another test explored how crushed waste CSEB can be used again to produce new CSEB (Maïni, 2016b). Note that this research is presently on-going and compressive test results will be available at a later date.

3. STABILISED EARTH BUILDING TECHNOLOGIES

Stabilising earth increases water resistance, which is particularly critical in wet climates, while improving mechanical properties of the material for reduced wall thicknesses, taller structures and larger spans. The climate of south India is an excellent context for applied research in stabilised earth: Confined laboratory research can be supplemented with applied field testing in worst-case conditions (i.e. frequent wet/dry cycles) that cannot be easily modelled in a lab.

Many of the following stabilised earth building technologies have been developed first in the laboratory, and then applied as test samples or small prototypes and evaluated over longer durations for various performance criteria (e.g. mechanical strength, absorption, durability, abrasion, shrinkage, thermal resistance, etc.); therefore, categorized more broadly as Research and Development (R&D). Even for purely applied research, carefully constructed sample matrices and test result sheets are used to scientifically structure evaluation data. Standard testing protocols are employed wherever possible (e.g. for wet and dry sieving, hydrometric analysis, wet and dry crushing strength, absorption, slump testing, etc.). However, often customised testing protocols must be developed to suit special *in situ* circumstances. Both technique application procedures and empirical testing methods are evaluated with high precision and often long term data sets.

Fig. 5 Ramming foundations





Fig. 6 Column 290

3.1. STABILISED RAMMED EARTH FOUNDATIONS

R&D for Stabilised Rammed Earth Foundations has aimed to use the maximum natural resources from the site to build cost effective foundations with local labour. This labour intensive foundation system has the advantage of being one of the most affordable local foundation systems. Stabilised rammed earth foundations have been used in Auroville since 1990 for all kinds of buildings up to 4 floors high. Typically, the top level of the foundation is at the original ground level, and the foundation system benefits from friction with the original ground. Foundation sizes and proportions are optimised for better load transfer and minimised overall foundation width. Specifications have been defined with thumb rules for foundation design according to story height and superstructure load.

A simple system was developed to be used by local labour after a short period of training (fig. 5): Soil is excavated from a trench foundation, then sieved and measured at the same time on the side of the trench. Ratios vary according to local soil quality, yet frequently a fraction of sand is added. With an Auroville red soil, 5% by weight of cement is added to the mix: 500 litres soil + 200 litres sand + 1 bag cement (50 kg).

3.2. STABILISED RAMMED EARTH WALLS

R&D for Stabilised Rammed Earth Walls has particularly focussed on the development of a slipping type formwork for developing countries. The process is similar to the modern rammed earth system practiced in USA or Australia, but adapted to the local context of India. Panels are progressively lifted up and walls are built like modular pier walls. Parallel material research has aimed to optimise grain size distribution and soil/sand/cement ratio to minimise the amount of cement. Sand is added in the same proportions as for foundations, and walls are typically stabilised with 5% by weight of cement.

3.3. COMPOSITE COLUMNS, LINTELS AND BEAMS (MAÏNI, 2010)

R&D for composite earth techniques has aimed to produce lower embodied energy, alternative solutions to reinforced concrete columns, lintels and beams, which minimise cement and steel while providing adequate structural resistance of elements.

Two types of composite CSEB column systems have been designed, employing round hollow blocks 240 and 290 for a composite reinforced concrete (fig. 6). The blocks are laid in a 1 cm thick bed of



Fig. 7 Single height beam

cement sand mortar (CSM 1: 3), and concrete (1 cement: 2 sand: 4 gravel chips) is cast into the CSEB cores with optimal cover for steel reinforcement. Reinforcement bars should not exceed $\text{Æ} 10$ mm for the column 290, and $\text{Æ} 6$ mm stirrups are placed at 20 cm c/c.

These composite column systems, used in Auroville since 1995, have been tested *in situ* with actual loading: the most heavily loaded column for Deepanam School (built in 1995) carries a load of 1.2 MPa. The systems have been approved for their resilience to earthquakes by the Gujarat State Disaster Management Authority, Government of India (GSDMA) after the 2001 earthquake of Kutch.

Composite beam systems have been developed using U-shaped CSEB, into which reinforced cement concrete is cast (fig. 7). The U-blocks function as a lost shuttering system, which bears the compression stress of the beam in its completed state. The bottom part of the beam is precast first, in a reversed position. According to the span, the remainder of the beam is precast or assembled *in situ*. Single, double and triple height beams have been developed for various loading conditions.

These beams have been load tested with simple empirical methods (i.e. with cement bags) using standard dial gauges to measure beam deflection. Figures 8 and 9 show respectively the testing and section of a triple height beam of 2.5 m span, carrying a load of 3,200 kg. This beam had no observable cracking, only 4 mm deflection with a load of 1,280 kg/m, and excellent ductility (0 mm deflection after removing the load). From these series of empirical tests, specifications have been defined for beam design according to span and load.

3.4. STABILISED EARTH WATERPROOFING (DAVIS & MAÏNI, 2012)

R&D for stabilised earth waterproofing has aimed to determine an earth mix with non-conventional, natural stabilisers, which is effective for the waterproofing of vaulted structures. A complex testing matrix was developed for samples with varying ratios of earth, sand, a small percentage of cement, and a paste of lime, alum (ammonium sulphate), tannin and water. Tannin is obtained by soaking broken seeds of the local tree *Terminelia Chebula*. Lime paste is prepared from powdered alum, lime, tannin juice and water. Three coats of plaster of differing proportions are applied, with a 5 mm thick waterproof top-coat consisting of soil, sand and lime paste (no cement added).



Fig. 8 Testing a beam

Exceptional rainfall events have demonstrated *in situ* the effectiveness of this stabilised earth waterproofing. E.g. A 5-day rainfall of 402 mm did not result in leakage or dampness within the vaults; the interior surface of the vault (at apex) was measured at 31.6% humidity using an electronic hygrometer. After approximately 5 years, internal surfaces of vaults became regularly damp after heavy rains, leading to the conclusion that UV reduces the efficacy of alum and tannin over its lifespan.

Taking these results into consideration, this waterproofing system is currently inserted below an insulation layer of “Thermocrete” (another AVEI research initiative, employing thermocol balls within a matrix of stabilised earth) (Davis, 2012). The vault is plastered with 3 coats of stabilised earth plaster as before, covered with a layer of Thermocrete and a final coat of stabilised earth plaster, which is only water resistant, serving to protect the other layers from the rain impact. This waterproofing system has behaved well after 3 heavy monsoon seasons, including a 100 year monsoon event with ~1,400 mm of rain in 3 weeks.

Further research has been conducted considering a matrix of stabilised earth samples with varying ratios of lime, soil, sand, marble powder and water. Fermented cactus juice was used as a replacement of water in a range of samples. Two coats of plaster only were applied to a block. One litre of water was poured on the samples and water absorption was measured daily according to specially developed protocols. The best sample demonstrated an exceptional waterproofing behaviour with 0.75 litres of water absorbed in the course of 120 days. Contrary to our hypothesis, this sample did not have cactus juice.

3.5. POURED EARTH CONCRETE (PEC) (COCHET, 2011; FRERKING, 2011; BROWNE, 2014; JOSHI, 2015; MAÏNI, 2015; GORISSE & DREUX, 1983)

Scientific and applied research on Poured Earth Concrete has aimed to develop a low embodied energy, low carbon footprint alternative to reinforced concrete walls, while additionally proposing a lower cost alternative to CSEB walls. Extensive testing has been conducted using primarily standardised testing procedures: Material characterization has been done with sieving (wet and dry) and hydrometric analysis. Modelling has been done for sample mix ratio selection, to predict gradation curves of aggregate mixes with optimal mix compaction and density, for improved workability and sample strength. Designed mixes include 40 to 50% soil, with 2 to 4% of lime, 7 to

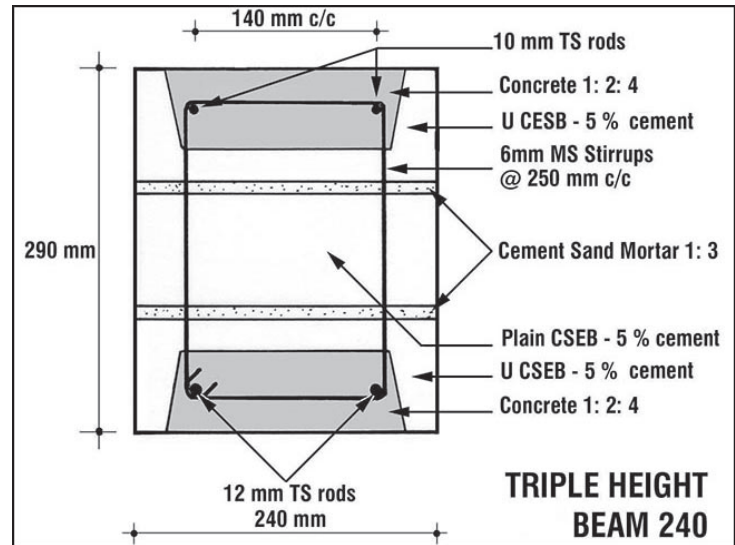


Fig. 9 Section of a beam

9% of cement, sand and aggregates. Cube and cylinder samples have been tested for fluidity/ workability, apparent density, water absorption, and compressive strength (wet and dry). Beam samples have tested for shrinkage and flexural strength.

One research benchmark has been surpassed, allowing an application for unreinforced, multi-story load bearing walls, with the average dry crushing strength above 7 MPa (1,015 PSI) and wet crushing strength above 5 MPa (725 PSI) for cylinders containing 40% soil. This technique has been applied thus far for walls, foundations and roads of up to 44 m length to test the limits of shrinkage with large surface areas.

4. DISASTER RESISTANCE WITH CSEB (MAÏNI, 2001, REVISED 2005)

R&D in disaster resistant techniques has sought to develop simple modular systems which can be rapidly deployed after disasters, and which exhibit appropriate resistance to mitigate future disaster risk (e.g. earthquakes, cyclones, floods and tsunami). Toward this aim, various types of interlocking block systems have been developed for reinforced masonry with CSEB. Each system typically employs U-shaped CSEB ring beams and hollow cores within the block, respectively, as provisions for horizontal and vertical reinforcement with reinforced concrete.

One system of hollow, dry interlocking masonry was tested in partnership with the Indian Institute of Technology, Madras (Menon, 2012). Shear tests of walls built with the D300 hollow interlocking block system were conducted. To date, final results are still pending.

With AVEI's assistance, several thousand houses were built in Gujarat as part of rehabilitation efforts after the severe earthquake of 2001. This technology has been granted government approval by:

- Government of Gujarat, India for reconstruction after the 2001 earthquake.
- Government of Iran for the reconstruction of Bam after the 2003 earthquake.
- Government of Tamil Nadu, India for reconstruction after the 2004 tsunami.

5. OPTIMISED VAULTS AND DOMES WITH CSEB (MĀINI, 2002, REVISED 2012)

R&D of vaulted earthen masonry has employed graphical methods, in the framework of Limit analysis (Heyman, 1995), for the structural evaluation of vaults and domes. This research has sought to optimise unreinforced masonry structures for increased roof span, decreased thickness, improved structural form and, in particular, integrated structural design and construction logics. AVEI's manual serves as a catalogue of structural analysis for different types of arches, vaults and domes. Load testing of small domes has been done to empirically verify anticipated failure loading, while large span built structures have served as “proof of concept” prototypes (fig.10).

Vaults and domes are built with CSEB, which are laid with the “Free spanning” method (without formwork) developed by AVEI. This method has been developed from Nubian vaulting, with a combination of vertical and/or horizontal masonry courses. As opposed to “leaning” systems of vault construction, vertical courses may be laid on account of the high dimensional precision of CSEB and the resulting capillary adhesion which is conferred.

CONCLUSION

AVEI's research and experimentation has pushed technical innovation in the field, contributing, among other things: broadened equipment design and typologies of CSEB, data relevant to the environment footprint of earthen building materials, a catalogue of structural/ constructive systems for earthen arches, vaults and domes, and the development of numerous earthen constructive systems. The value of this applied research lies in its ideal outcome: the development of tested, modular design solutions which are simple, cost-effective, scalable, climate appropriate and adaptable for the constraints of a given context (e.g. cost, contribution to local economy, environmental impact, etc.). With tested durability in monsoon-prone climates, these systems offer best-practice design with earth in the field at large.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Browne, C. (2014). *Recherche sur le béton en terre coulée*, AVEI.
- Cochet, J. (2011). *Research and Development of Poured Earth*, AVEI.
- Davis, L. (2012). *Thermocrete insulation workability – Test report*.
- Davis, L., and Māini, S. (2012). *Research on stabilised earth waterproofing with natural additives – Test report*, AVEI.
- Davis, L., and Māini, S. (2013). *Work Specifications for AVEI Earth Construction Techniques*, Auroville Earth Institute.
- Frerking, M. (2011). *An introduction to poured earth*.
- Gorisse, F. and Drex G. (1983). *Composition des bétons : méthode Dreux-Gorisse, Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*.
- Hammond, G. & Jones, C. (2006). *Inventory Carbon & Energy (ICE) V1.5a*, Bath University.
- Hammond, G. & Jones, C. (2011). *Inventory Carbon & Energy (ICE) V2.0*, Bath University.
- Haviez, A. and Māini, S. (2011). *Economic feasibility to set up a CSEB unit*, AVEI.
- Heyman, J. (1995). *The Stone Skeleton: Structural engineering of masonry architecture*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Joshi, T. (2015). *Poured earth concrete with recycled construction waste aggregates*, AVEI.
- Māini, S. (2001, revised 2005). *Earthquake resistant buildings with hollow interlocking blocks – Training manual for architects and engineers*, Auroville Earth Institute.
- Māini, S. (2002, revised 2012). *Building with arches, vaults and domes – Training manual for architects and engineers*, Auroville Earth Institute.
- Māini, S. (2010). *Production and Use of Compressed Stabilised Earth Blocks – Code of Practice*, Auroville Earth Institute.
- Māini, S. (2015). *Poured earth concrete research, road at Visitor's Centre*, AVEI.
- Māini, S. (2016a). *Durability and biodegradability of stabilised earth*, AVEI.
- Māini, S. (2016b). *Reusability/ Recyclability of CSEB – Research report*, AVEI.
- Menon, A. (2012). *“Report on Investigations for Low-Cost Housing Prototype”*, Indian Institute of Technology Madras, Department of Civil Engineering.
- Thautam, V. & Māini, S. (2005, revised 2013). *Embodied energy of various materials and technologies, – Calculations and data compilations*, AVEI.
- Yun, H.B. & Reddi, L. (2013). *Application of Thermoregulatory Sensing in Biological Systems to Stabilized Earth Construction*, Florida International University.

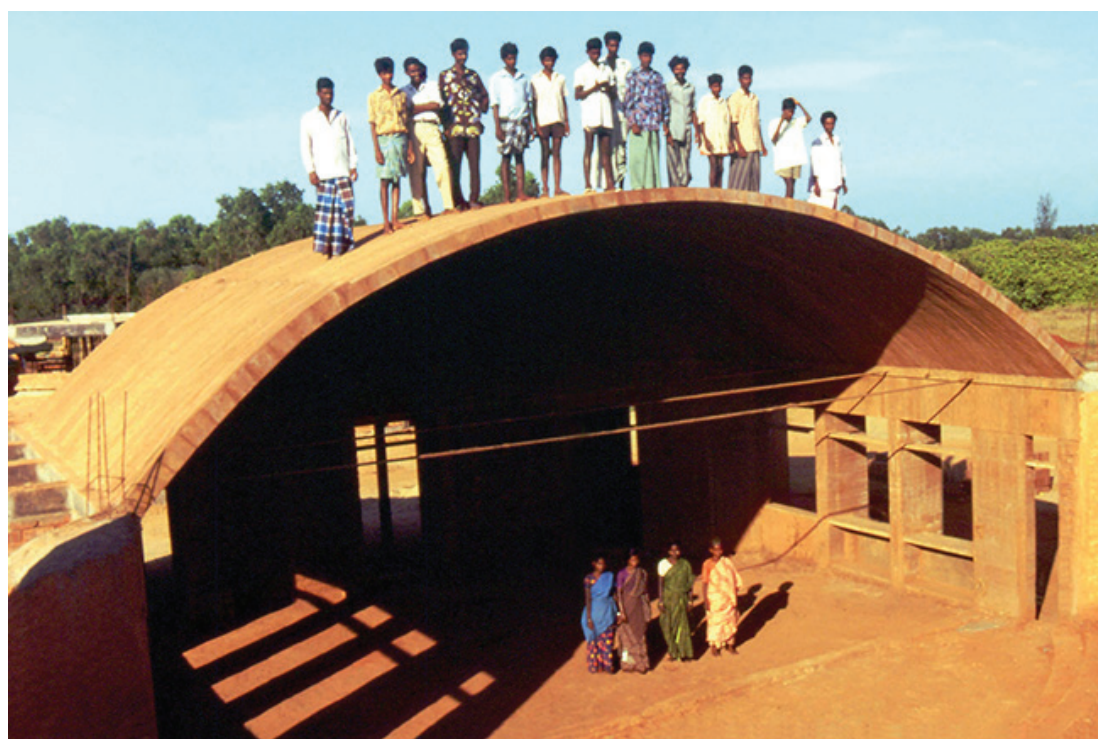


Fig. 10 10.35 m span vault

HOW THE SCIENTIFIC COLLABORATION OF ENGINEERS AND ARCHITECTS ON LOCAL BUILDING CULTURES CAN MAKE A VITAL BREAKTHROUGH

10 YEARS OF WORKS IN GRENOBLE TO SUPPORT PEOPLE AFFECTED BY DISASTERS AND MAKE COMMUNITIES RESILIENT

AUTEURS

Yannick SIEFFERT

Dominique DAUDON

Stéphane GRANGE

Laurent DAUDEVILLE

Univ. Grenoble Alpes, 3SR, Grenoble, France

Florent VIEUX-CHAMPAGNE

Univ. Grenoble Alpes, 3SR, Grenoble, France

National School of Architecture of Grenoble, CRAterre, AE&CC Research Unit, France

Philippe GARNIER

Olivier MOLES

Christian BELINGA NKO'O

National School of Architecture of Grenoble, CRAterre, AE&CC Research Unit, France

Jean-Marc HUYGEN

National School of Architecture of Marseille, France

SUMMARY

In the majority of universities around the world, architectural and civil engineering disciplines are often siloed. This division is detrimental to the relationship between the construction industry and the design industry but also to the research field. To address this issue, two institutions in Grenoble (ENSAG/CRAterre and UJF/3SR) started to offer multidisciplinary initiative courses in 2007 ("Conception collaborative" course and "Projet multidisciplinaire" involving master students). Thanks to this first innovative pedagogic collaboration the gap between researchers has been bridged and followed by research projects in order to enhance the seismic resistant knowledge of traditional construction with earth.

INTRODUCTION

Contrairement aux autres pays européens, la formation ainsi que les tutelles de rattachement des architectes et des ingénieurs Génie Civil en France sont fortement dissociées : le ministère de la Culture pour les premiers, le ministère de l'Éducation, de la Recherche voire de l'Industrie pour les autres. Dès lors, les enseignants, les étudiants, mais aussi les formes et les contenus pédagogiques sont généralement très différents. Après la formation, dans le cadre de l'activité professionnelle, il s'en suit des schémas de fonctionnement spécifiques, bâtis sur les stéréotypes vivaces et fantasmagiques de l'architecte artiste, toujours en retard, qui conçoit du beau qui ne tient pas et de l'ingénieur qui construit du solide sans esthétique, focalisé sur les techniques de réalisation. Si la réalité quotidienne est loin d'être aussi caricaturale, les formations doivent permettre un dialogue plus apaisé et plus efficace : le souci de qualité de l'objet final, dans une approche plus globale de l'innovation constructive soutenable (dans le sens du rapport Brundtland en 1987 à l'ONU), est devenu prépon-

dérant pour répondre aux enjeux de demain.

La soutenabilité, par sa complexité et par sa nécessité de changer nos modes de pensée classique, exige la pluridisciplinarité afin de traiter la construction dans sa globalité et non à l'échelle de disciplines hiérarchisées. En effet, architectes et ingénieurs doivent travailler ensemble afin d'aborder dès la phase d'avant projet de toutes constructions les questions liées aux usages, aux confort, aux cycles de vie des matériaux incluant l'énergie grise dépensée pour les fabriquer et les recycler en fin de vie et non pas uniquement l'énergie consommée pendant la vie du bâtiment, au respect des matières premières et à l'utilisation de matériaux recyclés, réemployés ou biosourcés, aux techniques naturelles de ventilation, d'ensoleillement et d'ombrage (plantation d'arbres), etc (Huygen, 2008).

La (re)construction en zone de catastrophe naturelle exige aussi la pluridisciplinarité afin d'élaborer des stratégies permettant d'une part, d'assurer l'héritage culturel et les spécificités des matériaux



Fig. 1 Torchis et enduit terre dans la cabane palette

locaux disponibles dans les territoires soumis aux catastrophes naturelles et d'autre part, de réaliser des (re)constructions en accord avec les capacités techniques et économiques des populations locales. Ceci nécessite de procéder en 5 étapes : 1) connaître les typologies de cultures constructives spécifiques du pays ; 2) faire l'inventaire des pathologies, des destructions et des constructions ayant eu un comportement para-sinistre en rapport avec les effets de site ; 3) proposer des modèles de reconstruction spécifique conservant l'héritage culturel et l'aspect soutenable de ces modèles afin d'assurer une appropriation des constructions par les populations locales ; 4) convaincre les décideurs locaux de la nécessité d'autoriser et de valoriser ces types de construction ; 5) aider et former les populations à retrouver la connaissance et la fierté de leurs cultures constructives qui disparaissent devant un modèle d'uniformisation lié à la mondialisation et à la prédominance du béton armé comme le seul matériau symbolisant la modernité. En effet, cette prédominance actuelle du béton armé a conduit à la destruction d'un grand nombre d'habitats et à la mort de ses occupants (Langenbach 2008) car les techniques de réalisation et les moyens pour les mettre en place pour obtenir des constructions para-sinistres sont habituellement non réunis dans les pays économiquement faibles.

1. COLLABORATION PÉDAGOGIQUE

Bâtie en premier lieu sur la motivation des auteurs de cet article, une collaboration pédagogique a été développée depuis une dizaine d'années entre l'Université Joseph Fourier et l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble puis de Marseille afin de proposer des ateliers intensifs de construction soutenable. L'objectif initial était de faire dialoguer des étudiants des deux disciplines complémentaires qui souvent, dans le système actuel, s'ignorent. Ce travail pédagogique est réalisé sous forme d'atelier intensif de 10 jours consécutifs où les étudiants abordent tout le processus de construction. Entre 50 et 60 étudiants sont présents dans ces ateliers. Des équipes mixtes de 8 étudiants sont composées dès le premier jour. Les deux premiers jours sont consacrés aux intentions de projets, à l'observation des usages et au relevé des matériaux disponibles. Les deux jours suivants donnent lieu à la détermination des projets des équipes avec une présentation à l'ensemble des étudiants et aux encadrants. Les deux jours suivants sont consacrés à la détermination des systèmes constructifs qui sont testés sur des prototypes créés par les étudiants. Les 4 derniers jours permettent de passer des plans et des prototypes à la réalisation finale des structures. Lors du dernier jour, une inau-



Fig. 2 Cabane palette

guration est réalisée avec des élus et des citoyens grâce à une communication sur l'événement. Mais au-delà de l'intérêt pédagogique évident d'un atelier pluridisciplinaire « conception et réalisation », la thématique abordée est aussi très innovante : construire avec les matériaux disponibles localement et gratuitement, c'est-à-dire tous les matériaux considérés par leur ancien propriétaire comme des déchets et qui sont réemployés dans ces ateliers, leur offrant une seconde vie. Ainsi les étudiants sont sensibilisés sur différentes questions leur permettant d'avoir un regard critique sur la construction contemporaine. En premier lieu, ils apprennent que les ressources en matières premières sont disponibles en quantités finies et limitées et qu'il est urgent d'économiser ces ressources et pas uniquement ceux des produits pétroliers. Puis ils apprennent qu'à chaque innovation technique proposée aujourd'hui dans le cadre du « développement durable » (isolation thermique, étanchéité à l'air, développement d'énergie renouvelable) est associée une limitation provenant des ressources en matières premières elles-mêmes et aux conséquences écologiques globales provenant de la production mais aussi de la fin de vie de ces technologies. Enfin, ils apprennent à respecter les matériaux, même considérés jusqu'ici comme des déchets car ils détiennent une richesse en matière première et en énergie grise. Ils apprennent aussi à construire simplement avec les matériaux glanés ; simplement mais avec intelligence afin d'obtenir des structures satisfaisantes esthétiquement comme mécaniquement. Devant ce type de matériau, les étudiants architectes et ingénieurs sont sur un pied d'égalité : ils n'ont aucun repère préconçu lors de leur formation et doivent faire un effort important pour transposer leurs connaissances. De plus, sans repère, la nécessité de travailler ensemble de façon pluridisciplinaire est plus forte, ce qui conduit à une fusion rapide de leurs compétences. Parmi tous les matériaux disponibles gratuitement, les matériaux bio-sourcés ont une place privilégiée car ils sont auto-générés et leur utilisation

Fig. 3 Mur de soubassement (terre et bouteilles)





Fig. 4 Maison traditionnelle

est totalement réversible. Le bois (sous toutes ses formes, palettes, etc.), la paille, le bambou et la terre sont omniprésents dans ces ateliers (fig. 1, 2 et 3). L'ensemble de la philosophie et de l'organisation de ces ateliers est présenté dans Sieffert et al., 2014.

2. COLLABORATION DE RECHERCHE

Suite au succès de la collaboration pédagogique présentée précédemment, les auteurs de cet article ont souhaité étendre leur collaboration au domaine de la recherche dans un souci de formation au niveau doctoral et post-doctoral. Les activités de recherche et de consultant du laboratoire CRAterre (École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble) au niveau des constructions en terre dans les zones sismiques et ceux du laboratoire 3SR (de l'Université Joseph Fourier de Grenoble) au niveau de l'évaluation du comportement non-linéaire hystérétique et dissipatif des structures sous sollicitations sismiques, sont naturellement complémentaires pour permettre de promouvoir les cultures constructives locales et d'apporter des preuves tangibles de leur qualité intrinsèque para-sismique.

2.1. HAÏTI

Grâce à l'outil « flash » de l'ANR, deux doctorats ont été financés (Vieux-Champagne, 2013 et Caimi, 2014), un dans chacun des laboratoires, pour aider à la (re)construction d'Haïti suite au séisme du 12 janvier 2010. Cette collaboration de recherche fut associée à de nombreuses organisations internationales et haïtiennes permettant un va-et-vient d'information et d'échange entre reconstructions opérationnelles (sur le terrain) et résultats de recherche (Caimi et al., 2013). Ceci permit à la population d'être immédiatement mise au centre du processus d'analyse des besoins et des capacités locales, d'adopter des approches participatives, de valoriser les personnes détentrices des savoirs et savoir-faire locaux, de renforcer les liens sociaux et permettre ainsi un retour à la dignité des personnes, de repérer les savoir-faire et modes d'organisation locaux qui participent à des stratégies de résilience et de protection du bâti et intégrer ces éléments lors de la définition des programmes à mettre en œuvre (Joffroy et al., 2014). Cette phase d'analyse et de concertation a permis de développer un modèle de maison (fig. 5) basé sur les cultures constructives traditionnelles haïtiennes (fig. 4). Des expérimentations à différentes échelles (liaison, cellule élémentaire, mur, maison) couplées à une modélisation fine par macro-élément comportant des



Fig. 5 Modèle étudié

lois non-linéaires hystérésis et dissipatives ont permis de qualifier et déterminer de façon fine la qualité intrinsèque para-sismique du modèle étudié (Vieux-Champagne et al., 2014). Des essais sur table vibrante à l'échelle de la maison ont même été conduits (fig. 6), utilisant des méthodes expérimentales à la pointe de la technologie scientifique comme des mesures de champs de déplacement par caméra rapide (fig. 7, Sieffert et al., 2015). L'ensemble de ces travaux de recherche a conduit à l'obtention de la part du ministère en charge de la construction en Haïti d'une certification du modèle étudié permettant de légaliser leur construction, couronnant ainsi la collaboration d'un succès indéniable. Plus de 5 000 maisons ont été construites et plusieurs séminaires de restitution ont été réalisés en Haïti.

2.2. AUTRES ACTIONS DE RECHERCHE

Pendant les dix dernières années, plusieurs recherches ont été conduites dans le même type de collaboration que celle présentée ci-dessous. Citons ici l'étude du comportement des murs maçonnés en adobe et l'impact des inclusions en bois horizontales qui permettent de stopper la progression des fissures et qui assurent une dissipation d'énergie sous sollicitation sismique. Ce type d'étude a commencé par des travaux d'étudiants en master, réalisés à échelle réduite avec des sucres ou des briques de jeux d'enfants pour modéliser la maçonnerie (fig. 8). Puis une campagne d'essais a été réalisée sur des murs de dimension réelle (fig. 10a et b).

Parallèlement des modélisations numériques par éléments discrets, méthode bien adaptée au milieu discontinu que représentent les briques et leurs joints en interaction (Daudon et al., 2014), ont été calées sur les résultats expérimentaux afin de proposer une méthode fiable pour analyser le comportement des maçonneries en adobe (fig. 9).

Fig. 6 Essai sur table vibrante



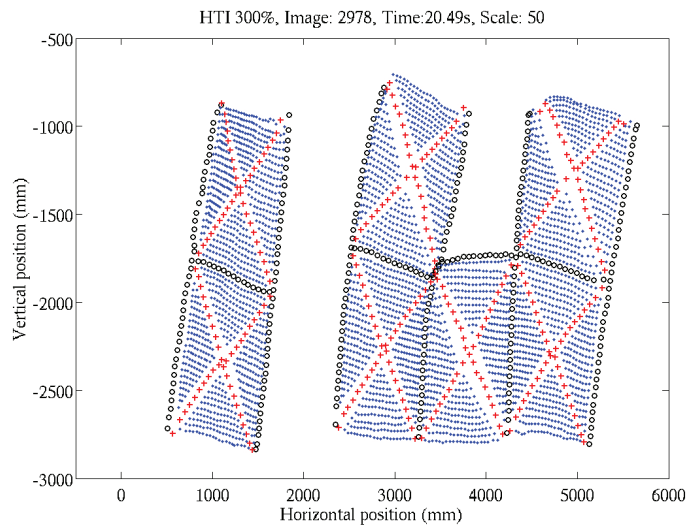


Fig. 7 Champs de déplacement obtenu par corrélation d'images (3 fois l'intensité du séisme d'Haïti de 2010)

CONCLUSION

Née d'une volonté de rapprocher les étudiants architectes et ingénieurs, une collaboration pédagogique a été créée depuis une dizaine d'année entre les deux disciplines à Grenoble. Forte du succès de cette initiative, cette collaboration a été étendue au domaine de la recherche afin de mieux répondre aux enjeux de (re)construction para-sinistre avec un souci constant de proposer des modèles soutenables au niveau des matières premières comme au niveau social et dans un respect des cultures constructives locales. Ce travail pluridisciplinaire a permis de mettre en commun les savoirs scientifiques et les cultures locales afin d'améliorer la résilience des différents niveaux des sociétés considérées.

Fig. 8 Échelle réduite (brique jeu d'enfant et inclusion)

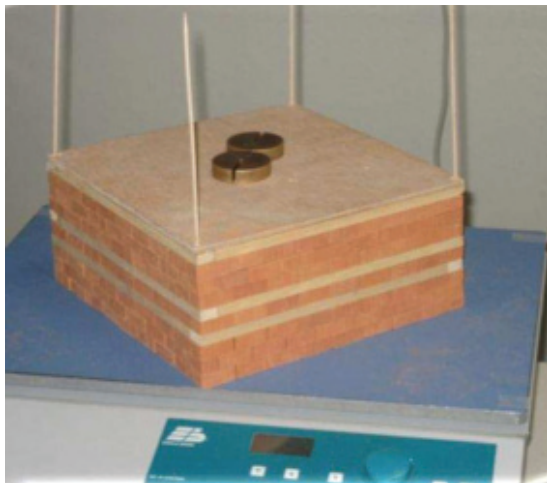
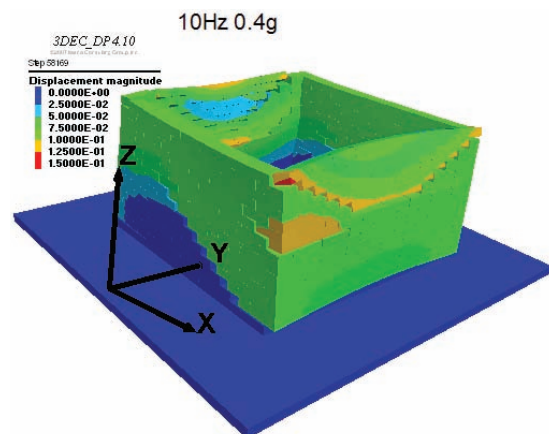


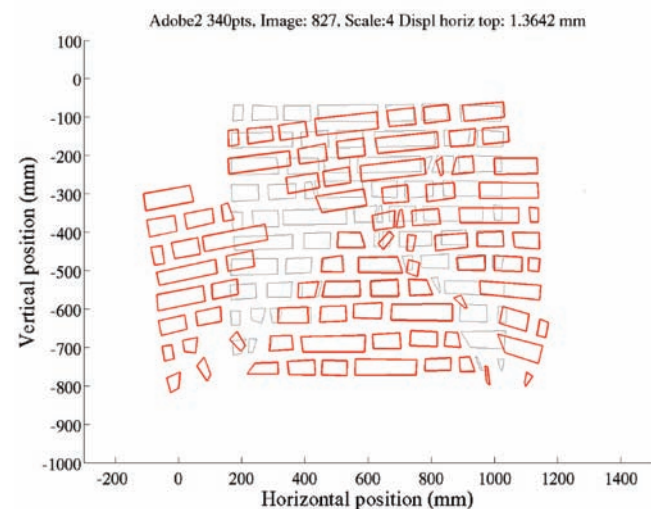
Fig. 9 Modèle par éléments discrets (comportement dynamique)



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Belinga Nko'o, C. (2014). Essais sismiques sur table vibrante, FCBA, Rapport, 93p.
- Caimi, A., Vieux-Champagne, F., Garnier P., Guillaud, H., Moles, O., Daudeville, L., Sieffert, Y., Grange, S. (2013). *Savoirs traditionnels et connaissances scientifiques pour une réduction de la vulnérabilité de l'habitat rural face aux aléas naturels en Haïti*, Facts reports 9, 9p.
- Caimi, A. (2014). *Cultures constructives vernaculaires et résilience*, Thèse de l'Université de Grenoble, 539p.
- Daudon, D., Sieffert, Y., Albarracín O., Garino Libardi L., Navarta, G. (2014). *Adobe Construction Modeling by Discrete Element Method: First Methodological Steps*, Procedia Economics and Finance, Volume 18, pp. 247-254.
- Huygen, J.-M. (2008). La poubelle et l'architecte - *Vers le réemploi des matériaux*, Actes Sud, Collection l'impensé, 183p.
- Joffroy, T., Garnier, P., Douline, A., Moles, O. (2014). *Reconstruire Haïti*, Édition CRAterre, 80p.
- Langenbach, R. (2008). *Learning from the past to protect the future: Armature crosswalls*. Engineering Structures 30, pp. 2096-2100.
- Sieffert, Y., Huygen, J.-M., Daudon, D. (2014). *Sustainable construction with repurposed materials in the context of a civil engineering-architecture collaboration*, Journal of Cleaner Production 67, pp. 125-138.
- Sieffert, Y., Vieux-Champagne, F., Grange, S., Garnier, P., Daudeville, L. (2015). *Full-field measurement with a digital image correlation analysis of a shake table test on a timber-framed structure filled with stones and earth*, Engineering Structures, under review.
- Vieux-Champagne, F. (2013). *Analyse de la vulnérabilité sismique des structures à ossature en bois avec remplissage*, Thèse de l'Université de Grenoble, 214p.
- Vieux-Champagne, F., Sieffert, Y., Grange, S., Polastri, A., Ceccotti, A., Daudeville, L. (2014). *Experimental analysis of seismic resistance of timber-framed structures with stones and earth infill*, Engineering Structures 69, pp. 102-115.

Fig 10 Échelle réelle essai cyclique (a. mur en adobe, b. champs de déplacement)



CONSOLIDATION OF BURNED EARTHEN PLASTER, GRAT BE´AL GEBRI, ETHIOPIA

AUTHORS

Nora HAUPTVOGEL

Freelance conservator Mural Paintings, Germany

Daniela GEYER

Werkart Restaurierung GbR, Germany

Stefan SIMON

Global Cultural Heritage Initiatives, Yale IPCH, USA

Belay KEBEDE AMARE

Mekelle University, Ethiopia

SUMMARY

The excavation of Grat Be´al Gebri, an important archaeological site in Ethiopia from the first millennium B.C, started in 2009 as Ethiopian/German cooperation. Its earthen plaster is decorated and partly calcined and transformed into burned clay due to a fire. In 2014 a study about consolidation and stabilization was performed at the University of Applied Sciences (Potsdam) in cooperation with the Rathgen Research Laboratory (Berlin). This paper deals with general challenges of analyzing the consolidation success for fragile earthen plaster structures with heterogeneous composition. A broad range of different methods for characterization of earthen samples of historical buildings, including artificial mock-ups was carried out. These include measurements of moisture transport, hygric dilatation and tests of mechanical resistance. Further studies including non-destructive and repeatable laboratory tests with original fragments were performed. After empirical tests on-site, natural and regionally available binders were discarded as consolidation options. Silica sol based consolidants show the best results for the stabilization of the plaster. However, due to the fragility and heterogeneity of the available material, quantifying the consolidation effect and assessing its long-term efficiency remains challenging.

INTRODUCTION

Yeha is a town located in the western highlands of the Tigray Province in Northern Ethiopia. Yeha is well known for its ancient ruins, which are among the oldest in Sub-Saharan Africa. In 2009 the Sanaa Branch of the German Archaeological Institute under the direction of Dr. Iris Gerlach in cooperation with local authorities started a joint German-Ethiopian project aiming at exploring the historic cultural relations between South Arabia and the the Horn of Africa (Gerlach, 2013). The project team includes archaeologists, architects, conservators and scientists.

Since 2010 a unique monumental building in Yeha, called Grat Be´al Gebri, has been excavated. Its completion has been dated to 800 BC. The timber-framed construction of loam and rubble, measures at the front façade 48.5 m in length. The entrance section forms a propylon-like gateway of 6 monolithic pillars and a door jamb made from sandstone. The pillar basements, several fragments of the pillars and the door jambs are preserved (Schnelle, 2012). The wall surfaces were covered with earthen plaster and decorated with paint.

1. GRAT BE´AL GEBRI – CONDITION AND CONSERVATION WORKS

In antiquity, a major fire gutted the building. Subsequent repairs, overbuilding and agricultural use exposed the structure to massive changes. The excavation unveiled a poor state of preservation, which called for immediate conservation measures throughout the project. In autumn 2010, conservator Daniela Geyer developed the preservation concept (Geyer, 2010). She compiled a catalogue of damages and determined material properties in field and lab tests. Subsequently she prepared appropriate materials for structural consolidation of earthen plaster surfaces (fig. 1), adobe and earthen mortar for reconstruction of damaged masonry (Geyer, Weiß, 2013) and developed clay-based grouts for joint repair (Geyer, 2008).

2. CONSOLIDATION TESTS AT HISTORIC EARTHEN PLASTER MATERIAL AND MOCK-UPS

To renew the structural strength of the historic earthen plaster, silica sol is used (Geyer and Weiß 2013). The water dispersed silica



Fig. 1 Condition of the historical earthen plaster during the excavation



Fig. 2 Ethiopian binders: animal glues (left), seeds (middle) and wheat starch (right)

sol product Ludox PX30 is imported from Germany. Alternatively, it was considered whether Ethiopian binders could also be used as consolidants. To quantify the consolidation effects and assess their efficiency, tests were performed on original earthen plaster material (Hauptvogel, 2014). Due to the low number of samples, the selection followed a prescreening based on preliminary investigations. Those examinations had to be executed on mock-ups, which should simulate the loss of cohesion experienced on site. Non-destructive testing methods were required. Furthermore, a general investigation into the effects of different kinds of silica sol products on physico-mechanical characteristics of earthen material was carried out. For this purpose, a bigger amount of comparable homogeneous mock-ups was needed.

3. REQUIREMENTS TO THE CONSOLIDANTS

The consolidant should stabilize loose particles of the historic earthen plaster. Therefore, good penetration depth into the plaster and a durable inclusion into the structure are required. The consolidation effect has to occur quickly, and be compatible with the conditions on-site. At present, the excavation trenches are getting protected from rain by temporary roofs. As the ruin is in contact with the ground, the object will always be infiltrated by leakage water. There is a prolonged rain season every year in Yeha. A high relative humidity up to saturation can be expected during and directly after this season (Geyer and Weiß, 2013). With this in mind, free transport of moisture in the material has to be warranted and the hygric dilatation of the plaster should not be increased considerably by the consolidation treatment. In addition, the application of the consolidant should not impact the optical appearance of the plaster and its colored surface.

4. TESTED BINDERS

Several natural/organic binders are available in Ethiopia (fig. 2)¹. From two different kinds of seeds (flax and niger seed) water soluble vegetable glues can be prepared, also wheat starch (so called *muque*).

¹ Personal communication, conservator Abel Assefa, ARCCH, Addis Ababa.

In addition, two kinds of animal glue were available (so-called *cola*). While one of them is an imported industrial product with an unknown source (cola 1), the other is made out of ox and is available as directly at the slaughter house (cola 2). The Ethiopian binders were compared with organic binders commonly used in Germany, such as Tylose MH300, Klucel E (solved in water and ethanol) and technical gelatin. Beside organic binders, also inorganic binders such as four silica sols of different particle size were tested: the aqueous silica sols Ludox PX30, Levasil300 and Levsail500 as well as ethanol-dispersed Sebosil S. Finally, two consolidants based on lithium waterglass: lithium waterglass and Limasol.

5. EMPIRICAL CONSOLIDATION TESTS ON-SITE

The empirical tests were performed on loose earthen plaster substrate of the Grat Be'al Gebri (fig. 3). The substrate was taken from debris of the collapsed monument. Therefore, the mineral composition (clay minerals chlorite, kaolinite, illite and montmorillonite), grade of combustion and plasticity of the loose substrate are similar to the historic earthen plaster (Geyer and Weiß, 2013).

5.1. METHODS

The loose earthen substrate was compressed and prepared into samples imitating the total loss of cohesion of the historic plaster. Every binder was applied until saturation. During the application the ability of the substrate to absorb the binders was observed. Afterwards, the resistance of the samples against breaking by hand was tested. It was checked, whether the treated substrates could be removed from the forms, the consolidation effect and how much pressure per hand was needed to break the samples. Correspondingly, the binders were ranked regarding the wetting of the substrate, their penetration and consolidation behavior. The influence of binders on the optical appearance was evaluated. Furthermore, experiments with Thymol, a regionally available preservative, were conducted to improve the durability of natural/organic binders.

5.2. RESULTS

The addition of Thymol to different mixtures of organic regional binders proved not satisfactory, as it was not possible to obtain a homogeneous mixture. Therefore, all natural binders were applied



Fig. 3 Field tests on-site



Fig. 4 Hygric dilatation test under high humidity on samples of historic plasters

Binder	Concentration	Wetting	Penetration	Breaking strength	darkening
Tech. Gelatine	3% in water	+	+	-	0
Cola 1 – Ochse	3% in water	++	+	--	0
Cola 2	3% in water	+	+	+	0
Flax	5% in water	--	-	-	0
Niger Seed	5% in water	-	-	+	0
Tylose MH300	0,5% in water	--	+	+	0
Klucel E	0,5% in water	--	-	-	0
Klucel E	0,5% in ethanol	-	-	-	0
Paraloid B72	3% in ethanol	++	+	--	--
Mowiol 4-98	5% in water	--	+	++	0
Lithiumwasserglas	9% in water	+	-	+	-
Limasol	8,5% in water	+/-	-	+	-
Ludox PX30, 12nm	10% in water	-	+	++	-
Ludox PX30, 12nm	5% in water	-	-	+	-
Levasil 300, 9nm	10% in water	-	+++	+++	-
Levasil 300, 9nm	5% in water	-	+	-	-
Levasil 500, 6nm	15% in water	--	++	+++	-
Levasil 500, 6nm	10% in water	--	++	++	-
Levasil 500, 6nm	5% in water	-	+/-	+/-	-
Sebosil S, 10-15nm	10% in ethanol	+	--	--	-
Sebosil S, 10-15nm	5% in ethanol	+	--	--	-

Table 1 Results of empirical consolidation tests on loose substrate

without Thymol. The empirical tests on loose substrate allowed to evaluate the consolidation performance of tested binders (table 1). Most Ethiopian binders achieved insufficient results. Only Cola1 showed a good penetration depth and consolidation effect, but due to its inadequate durability and weather resistance it cannot be recommended for use at the Grat Be'al Gebri. Consequently, the Ethiopian binders were excluded from further tests. With Tylose MH300 good consolidation and penetration depth into the substrate were obtained, but its wetting ability is poor. The treatment with inorganic binders resulted in the best resistance against breaking, with the exception of ethanol-dispersed Sebosil S which did not increase strength. The waterglass products had the best wetting ability among the inorganic binders; however, the hardening of the samples took too much time for the available timeframe. Aqueous silica sols set quickly and obtained a good resistance against breaking. All inorganic binders slightly darkened the earthen substrate. Overall, the silica sols showed the most satisfactory results. Therefore, Ludox PX30 and Levasil/500 were selected for further investigations on historic plaster fragments.

6. CONSOLIDATION TESTS ON HISTORIC EARTHEN PLASTER FRAGMENTS

It was possible to bring a small amount of plaster fragments from Yeha to Germany for testing. The fragile plaster fragments were stabilized temporarily with the non-permanent binder Cyclododecan

(Geyer, 2008). After the sublimation of Cyclododecan the plaster fragments were preconditioned (23°C, 50% RH). Primary objective was to compare the efficiency of Ludox PX30 with Levasil/500.

6.1. METHODS

Due to fire inside the monument the earthen plaster transformed into partially burned clay. Together with different grades of alteration, this resulted in a very heterogeneous distribution of material composition and condition for each fragment. Under these circumstances non-destructive testing methods were preferred to analyse the silica sol treatments.

The capillary water uptake coefficient [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{1/2})$] (DIN EN 15801, 2010) was determined on a plaster drill core (2.6 cm height, 5 cm diameter). By measuring the hygic dilatation [mm/m] of the historic plaster (preconditioned to high humidity (23°C, 98% RH)), the conditions during the rainy season were simulated.

By ultrasonic velocity measurements (DIN EN 14579, 2005) strength and compactness within the texture before and after each treatment with Ludox PX30 and Levasil/500 were assessed. The consolidants generally increase the ultrasonic velocity (Ahmad, Pamplona and Simon, 2009). Increased ultrasonic velocity indicates reduced porosity, improved density of the plaster and therefore, enhanced stability. Finally by a scratch test according to Mohs' hardness (Klockmann and Ramdohrs, 1978) the mechanical strength of the plaster surface after treatments with silica sols was tested.

6.2. RESULTS

The water uptake coefficient w for reference samples of historic plaster was determined to $0.39 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{1/2})$ proving good capillary water transport. Ludox PX30 treatment does not impact the water transport significantly ($0.45 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{1/2})$) (chart 1). Hygric dilatation measurements under high humidity reduced volumetric expansion after treatment with Ludox PX30, an important contribution to decrease volume change caused by extreme climatic changes in Yeha throughout the year (chart 2, fig. 4).

Measurements of ultrasonic velocity confirmed a high inhomogeneity and porosity of the historical earthen plaster. The results are reflecting the low compressive strength and vary between 0.7 km/s and 1.3 km/s . After application of Ludox PX30 and Levasil/500 show an increased velocity, expressing the consolidation effect, (table 2). Ludox PX30 increased ultrasonic velocity up to 28%, Levasil/500 up to 36%. Moreover, the ultrasonic depth profile on a drill core demonstrates a satisfying penetration of Ludox PX30 (chart 3). Two drill cores of the plaster were subsequently cut into slices with the aim to determine a hardness profile with the scratch tests (table 3). Different grades of hardness in different layers of the historic plaster were determined. The results are in a low range between 2.5 and 3. The results correspond well with the ultrasonic measurements (chart 3). However, it was not possible to confirm an improved hardness after treatments with Ludox PX30 or Levasil/500.

7. CONSOLIDATION TESTS AT MOCK-UPS

Investigations with three silica sol products of different particle sizes and concentrations were performed to compare their suitability as consolidation materials.

7.1. PROPERTIES OF THE MOCK-UPS

The creation of the mock-ups was based on the composition of the historic plaster at Grat Be' al Gebri. As it was not possible to remodel the mineralogical composition of the historic earthen plaster; their grain-size distribution and content of swellable clay minerals were

Test series		Baseline	After treatment 1		After treatment 2		
		speed [km/s]	speed [km/s]	Change from baseline [%]	speed [km/s]	Change from treatment 1 [%]	Change from baseline [%]
Ludox 5%	A	0,94	1,20	28,03%	1,29	8,09%	37,98%
	B	0,82	0,88	7,80%	0,90	1,86%	9,80%
	C	1,10	1,12	1,87%	1,27	10,24%	10,06%
Ludox 3,3%	D	1,00	1,19	18,88%	1,22	3,21%	22,94%
	E	1,00	1,07	8,09%	1,10	2,88%	11,11%
	F	1,09	1,09	-0,22%	1,17	7,63%	7,29%
Levasil 5%	G	1,07	1,48	36,18%	-	-	36,18%
	J	0,81	0,89	9,67%	-	-	9,67%
	L	0,88	0,88	1,59%	-	-	1,59%

Table 2 Measurement of ultrasonic velocity on historical plaster fragments

emulated. The mock-ups consisted of montmorillonite, kaolinite and illite. Four possible compositions of loam were created regarding the grain-size compositions of the historic plaster. Subsequently, the Atterberg limits for these loam compositions were compared: As the plasticity of cohesive soils is depending on their water content (DIN 18122, 1997), it was not possible to remodel the plasticity of the historic unburned earthen plaster. The mock-ups showed both lower linear shrinkage (Dachverband Lehm e.V., 2011) and lower hygric dilatation than the unburned earthen plaster. Due to the fabrication process their bulk density is higher than that of inhomogeneous plaster fragments. Nevertheless, the mock-ups were used as homogeneous and reproducible samples. They were preconditioned (23°C , 50% RH) for all physico-mechanical tests.

7.2. METHODS

Different kinds of analyses were performed. The water drop absorption test (RILEM, 1980) investigates the behavior of a defined drop of water ($10 \mu\text{l}$), when it touches the surface of a sample. Drops of water that roll off the surface indicate hydrophobicity. The faster a drop of water penetrates into the earthen surface the better the absorption capacity of the sample. Tests according to the wet-cup method to determine the coefficient of water vapor diffusion resistance (DIN EN ISO 12572, 2001) determine the amount of water [g]

Chart 1 Absorption coefficient of a plaster drill core

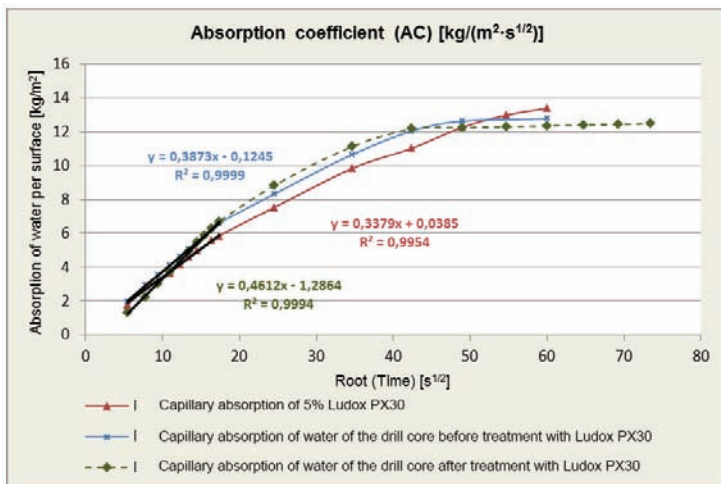
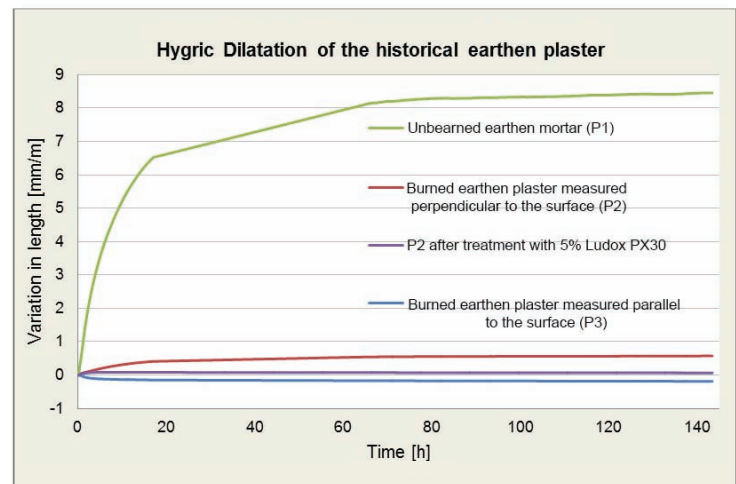


Chart 2 Hygric dilatation of the historical plaster before and after Ludox treatment



Section of the plaster	Drill Core 1		Drill Core 2	
	Untreated	5% Levasil/500	Untreated	5% Ludox PX30
5 mm	3	-	3	-
6 – 11 mm	2,5	2,5	2,5	-
12 – 17 mm	2,5	2,5	2,5	2,5
18 – 23 mm	2,5	2,5	2,5	2,5
24 – 29 mm	2,5	2,5	2,5	2,5
30 – 35 mm	2,5	-	3	3
36 – 41 mm	3	-	3	-
42 – 47 mm	-	-	3	3
48 mm	-	-	3	-

Table 3 Results of the scratching test at historical plaster

that passes the material in vapor phase. The mass loss is regularly measured throughout six days. Hygric dilatation measurements (see 5.2) were carried out to compare the influence of different silica sols on the swelling behavior of mock-ups at high humidity (23°C, 98% RH).

The influence of silica sol treatments on the capacity to absorb water (DIN EN ISO 15148, 2003) was determined. It was expected that the application of silica sols into the earthen structure would reduce the water absorption of the mock-ups (Snethlage, 2005). The experiment set-up had to be modified to prevent the loss of particles when the mock-ups get partially dipped into water (Minke, 2012). The test was carried out for 24 hours, however, only the data of the first 5 minutes were considered for the calculation of the water absorption coefficient. Ultrasonic velocity tests² were executed to estimate the consolidation effects of the silica sol treatment. In addition, the dynamic modulus of elasticity [kN/mm²] was evaluated as a function of the bulk density of the mock-ups [g/cm³] to verify the compactness of the mock-ups before and after the application of each silica sol. The strength of the earthen material could be verified by biaxial flexural strength tests (Kozub, 2012). Biaxial flexural strength [N/mm²] and static modulus of elasticity [kN/mm²] were recorded. Further investigations were carried out to observe the abrasion resistance of the mock-up surfaces (Kirchner and Zallmanzig, 2010). Here the amount of rubbed off material within a certain area of 25 cm² using a brush and a wire brush, was measured. Finally, the effect of the treatments on the optical appearance was assessed.

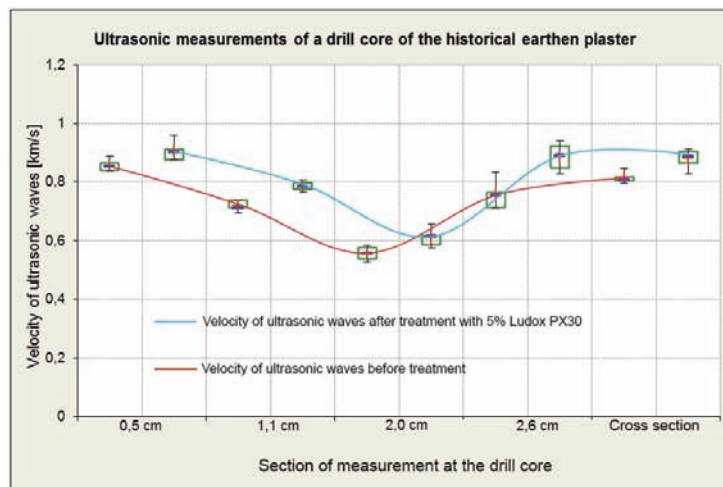
7.3. RESULTS

None of the silica sol treatment caused a hydrophobization of the earthen surfaces. Each silica sol product improved the diffusivity of the mock-ups (table 4). The amount of water which diffused through the mock-ups was depending on the particle size of the sol: the bigger the particle size, the better the diffusion capacity. *Levasil/500* obtained the best diffusion capacity with up to 22%, *Sebosil S* shows up to 9%. Hygric dilatation measurements showed no influence of the silica sol treatment. A decreased water absorption coefficient w was recorded after the silica sol treatment : with higher sol concen-

tration a stronger decrease of w was observed. Although low sol concentrations had only a little effect, a strong volume increase of the samples was observed during the measurement. In ethanol dispersed *Sebosil S* strongly decreased w , damaging the surface, which indicates that *Sebosil S* did not penetrate the samples properly.

Measurements of the dynamic modulus of elasticity and the bulk density could not prove a strength increase for the mock-ups after the silica sol treatments. Usually these kinds of measurements are performed with hard materials like stone samples. The data distribution for comparatively soft mock-ups was too scattered to confirm a strengthening effect. Tests of abrasion resistance gave further hints about a consolidation effect. Tests carried out with a brush proved that all silica sols improved the surface stability. The higher the concentration of the silica sols the better the abrasion resistance. With a wire brush, the best results were obtained using *Levasil/500*. All silica sols, especially aqueous silica sols, caused a considerable darkening of the earthen material. Aqueous silica sols can also cause “glossiness” on the surface. This can be reduced by using low concentrations and by carefully taking up any surplus of silica sol immediately after the application.

Chart 3 Ultrasonic velocity at a plaster drill core



² Ultrasonic velocity tests were kindly carried out by Wolfram Köhler, Laboratory Köhler, Potsdam, by use of a PicoScope 3224 – PC Oscilloscope, on longitudinal waves, (250 kHz with pre-amplifier)

Test series	Biaxial flexural strength [N/mm ²]	Static modulus of elasticity [kN/mm ²]	Speed of ultrasonic waves [km/s]	Water absorption coefficient	Hygic Dilatation [mm/m]	Diffusion change from untreated [%]	Absorption of 10 µl water *1	Abrasion resistance *2	Appearance compared to untreated
Untreated mock-ups	1,61	0,6	1,98	4,3	1,8		+	-	
Ludox PX30 5%	1,69	0,48	1,99	3,7	2,0	9%	+	+	Strong darkening
Ludox PX30 10%	1,51	0,53	1,95	1,7	2,0	11%	+	+	Strong darkening
Levasil/500 5%	1,66	0,47	1,95	3,7	1,9	22%	+	++	Strong darkening
Levasil/500 10%	1,77	0,64	1,97	2,5	2,0	13%	+	++	Strong darkening
Sebosil S 5%	1,62	0,67	1,97	2,0	1,8	4%	+	+/-	Slight darkening
Sebosil S 10%	1,55	0,65	2,02	1,9	1,9	9%	+	+	Slight darkening

*1 Good absorption of the water drops + ; water drops rolling off the surface –
*2 Good abrasion resistance + ; very good abrasion resistance ++ ; poor abrasion resistance -

Table 4 Results of the tests on mock-ups

CONCLUSION AND FUTURE PROSPECTS

Empirical tests were developed to get preliminary insights in an easy and rapid manner into consolidation efficiency for a range of different binders. Organic, regionally available animal glue gave good results, but proved not to be durable. Pursuing investigations on preservatives (like Thymol) are desirable. Aqueous silica sols show the best results for the stabilization of the plaster substrate. The fragility and heterogeneity of the samples were a challenge for quantifying the consolidation effect. The non-destructive methods could not confirm a successful consolidation. However, the working experience on site and empirical tests indicate a good consolidation by aqueous silica sols. Though only limited penetration depth was observed for loose substrate, ultrasonic velocity measurements indicate a good penetration depth and a more compact texture after the treatment with Ludox PX30 and Levasil/500. Treatments with Ludox PX30 don't impact the capillary water absorption. The treatment tends to positively influence the behavior of the plaster towards varying moisture. Abrasion tests confirm a strength increase by treatments with silica sols. Additional and precise methods for measuring the hardness of comparatively soft earthen materials remain desirable. Further methodological for the physico-mechanical characterization of earthen materials, especially for decorated earthen surfaces, is needed.

ACKNOWLEDGMENT

The guidance by Prof. Werner Koch, Dr. Iris Gerlach is gratefully acknowledged. Many thanks for generous support also to Abel Assefa, Moritz Baar, Ellen Egel, Tjalda Eschebach, Dr. Sarah Japp, Wolfram Köhler, Simon Kunz, Katja Schmeickal, Mike Schnelle, , Andreas Schultz, Sabine Schwerdtfeger, Birgit Tamme, Sonja Tesche, and Dr. Christian Weiß,

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

Ahmed, A., Pamplona, M., Simon, S. (2009). Ultrasonic testing for the investigation and characterization of stone – a non-destructive and transportable tool. *Reviews in Conservation*, 10, pp. 43 - 53.

Dachverband Lehm e.V. (2011). Lehm-Putzmörtel – Begriffe, Anforderungen Prüfverfahren. In: Technische Merkblätter, Blatt 04, Weimar. DIN EN ISO 12572 (2001): *Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit*. Beuth Verlag, Berlin.

DIN EN ISO 14579 (2005). *Bestimmung der Geschwindigkeit der Schallausbreitung*. Beuth Verlag, Berlin.

DIN EN ISO 15148 (2003). *Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei teilweisen Eintauchen*. Beuth Verlag, Berlin.

DIN EN 15801 (2010). *Erhaltung des Kulturellen Erbes – Prüfverfahren – Bestimmung der Wasserabsorption durch Kapillarität*. Beuth Verlag, Berlin.

DIN 18122 (1997). *Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen), Teil1: Bestimmungen der Fließ- und Ausrollgrenze*. Beuth Verlag, Berlin.

Gerlach, I. (2013). Cultural contacts between South Arabia and Tigray (Ethiopia) during the early 1st millennium BC – Results of the Ethiopian-German cooperation project in Yeha. In: *ZORA – Zeitschrift für Orient-Archäologie*, Band 6, Ernst Wasmuth Verlag, Berlin, pp. 254 - 277.

Geyer, D. (2010). unpublished report for the DAI

Geyer, D., Simon, S., Neumann Vargas, J. (2008). Comparative testing of earthen grouts for the conservation of historic earthen architectural surfaces. In: *Terra 08-10th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage*. February 1st - 5th, Bamako, Mali, Getty Conservation Institut, Los Angeles, pp. 259 - 265.

Geyer, D. and Weiß, C. (2013). Monumentaler Fachwerkbau in Afrika. Die Sicherung der Lehmbruchsteinwände am Grat Be'al Gebri in Yeha, Nordäthiopien. *Restaura* (Zeitschrift für Restaurierung, Denkmalpflege und Museumstechnik), Callwey Verlag, München, pp. 58 - 61.

Hauptvogel, N. (2014). *Erprobung eines Festigungsmaterials für den verziegelten Lehmputz des holzarmierten Lehm-/Bruchsteinmauerwerks des Grat Be'al Gebri, Äthiopien*. Unpublished diploma thesis at the University of Applied Sciences at Potsdam.

Kirchner, K., Zallmanzig, J. (2010). Abriebversuch mit Pinsel. In: *Leitfaden Naturstein-Monitoring – Nachkontrolle und Wartung als zukunftsweisende Erhaltungsstrategien*. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, p. 54

Klockmann, F. and Ramdohrs, P. (1978). *Lehrbuch der Mineralogie*. Thieme Verlag, Stuttgart.

Kozub, P. (2012). *Steinkonservierung*. Unpublished script at the University of Applied Sciences, Potsdam.

Minke, G. (2012). *Handbuch Lehm- und Ziegelbau – Baustoffkunde, Techniken, Lehmarchitektur*. Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, pp. 25 - 26. (Modifizierung zur Bestimmung des w-Werts.)

RILEM Test No. Il 8 a (1980). Water drop absorption. In: *Tests to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods*. S.213

Schnelle, M., (2012). Towards a reconstruction of the Great Temple of Yeha (Ethiopia). In: *New Research in Archaeology and Epigraphy in South Arabia and its Neighbours, proceedings of the "Rencontres Sabennes 15" held in Moscow on May 25th -27th, 2011*. The State Museum of Oriental Art, Moscow, pp. 387- 415.

Sneathlge, R. (2005). *Leitfaden Steinkonservierung – Planungen von Untersuchungen und Maßnahmen zur Erhaltung von Denkmälern aus Stein*. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.

STABILISATION DE LA TERRE AVEC DES MOLÉCULES NATURELLES

AUTEURS

Aurélié VISSAC
Laetitia FONTAINE
Romain ANGER

amàco-Les Grands Ateliers/CRAterre/AE&CC/ENSA Grenoble, France

Ann BOURGÈS
LRMH, France

David GANDREAU
CRAterre/AE&CC/ENSA Grenoble, France

RÉSUMÉ

Afin de mieux appréhender les interactions physico-chimiques entre la fraction argileuse de la terre et les molécules naturelles d'origine animale ou végétale utilisées pour stabiliser le matériau terre, une revue de la littérature s'attache dans un premier temps à décrire les colloïdes minéraux présents dans les terres à bâtir et à résumer leurs propriétés de surface. Les propriétés colloïdales de ces particules minérales sont gouvernées par les charges négatives permanentes des argiles et les charges variables des oxydes, changeant avec le pH, charges variables qui sont également présentes sur les bords des plaquettes d'argile. La manière dont ces propriétés de surfaces influencent leur interaction avec des molécules organiques électriquement chargées est illustrée avec le cas du système triple kaolinite (argile)/hématite (oxyde de fer)/amidon anionique (biopolymère). Le pH, la force ionique et la présence de cations multivalents modifient profondément ces interactions. L'importance de la composition chimique de la solution est également illustrée avec une recette traditionnelle de stabilisation de la terre avec des tanins, pour laquelle la présence de fer en solution semble jouer un rôle prépondérant. Dans un deuxième temps, des protocoles d'essais pour vérifier les performances d'enduits en terre stabilisés et leur compatibilité avec les supports sont proposés.

INTRODUCTION

Des adjuvants d'origine animale ou végétale sont fréquemment utilisés pour réduire la sensibilité à l'eau et augmenter la durabilité des enduits en terre. Un inventaire de ces recettes traditionnelles (Vissac et al., 2012) montre la diversité des molécules impliquées : polysaccharides (amidon de la colle de farine, cellulose, alginate de la colle d'algue, etc.), lipides (huiles, graisses et cires), protéines (caséine du lait, albumine du blanc d'œuf, collagène de la colle de peau), et petites molécules telles que les tanins. Dans un premier temps, un état de l'art du « bestiaire » des colloïdes minéraux présents dans les terres à bâtir à côté des argiles a été réalisé. Les propriétés de taille, de forme, de surface de ces particules minérales et leur occurrence dans la nature ont été documentées. Dans un deuxième temps, une revue de la littérature a été réalisée sur six types de molécules naturelles : la cellulose, l'amidon, la caséine, l'albumine, l'huile de lin et les tanins. Enfin, les données existantes dans la littérature sur les

interactions entre ces colloïdes minéraux du sol et ces molécules naturelles ont été documentées. Un rapport détaillé de cette revue de la littérature est disponible en libre accès (http://craterre.org/data/download/20130927_paterre_pnrcc_rapport_final.pdf). L'extrait de la littérature présenté ici s'appuie sur deux cas concrets, le système triple kaolinite/hématite/amidon, étudié par l'industrie des minerais de fer, ainsi que la stabilisation de la terre à l'aide de tanin. Il s'agit de mettre en évidence la manière dont la charge variable des oxydes et des bords des plaquettes d'argile conditionne les interactions avec les molécules chargées négativement, interactions qui dépendent également du pH, de la force ionique et de la présence de cations multivalents tels que Ca²⁺, Fe²⁺ ou Fe³⁺. Enfin un protocole d'essais est proposé pour vérifier les performances des enduits stabilisés et leur compatibilité avec le support.

1. REVUE DE LA LITTÉRATURE SUR LES INTERACTIONS ARGILE-BIO-POLYMÈRE

1.1. QU'EST-CE QUE « L'ARGILE » DANS LE MATÉRIAU TERRE ?

La fraction colloïdale du matériau terre (Anger, 2011), communément appelée « argile », ne contient pas que des argiles, au sens minéralogique, et celles-ci ne sont pas toutes présentes, ou du moins fréquentes, dans les sols. Une analyse de la littérature de la science des sols (Legros, 2007 ; DeBoodt et al., 1990 ; Tardy, 1993 ; Yu, 1997) a permis d'identifier les colloïdes minéraux les plus couramment cités par les spécialistes des sols (fig. 1) susceptibles d'être présents dans les terres à bâtir, et donc d'interagir avec les stabilisants d'origine animale ou végétale. Selon les grands types de sols, certaines associations de ces différents colloïdes minéraux sont observées. Ainsi dans les sols rouges et jaunes des zones tropicales appelés ferralsols (Tardy, 1993), la fraction argileuse est composée d'une argile, la kaolinite, de deux oxydes de fer, l'hématite et la goéthite, et d'un oxyde d'aluminium appelé gibbsite. Dans les sols arides et salés des régions chaudes et désertiques, la palygorskite (Verrecchia et Le Coustumer, 1996) est fréquemment présente et associée à d'autres minéraux argileux. Dans les sols gonflants (vertisols), qui ne sont habituellement pas utilisés pour construire en terre, les smectites prédominent. Les minéraux argileux dans ces gleysols sont beaucoup moins bien décrits par la littérature. Pour les sols « aérés » des sols tempérés, les situations sont beaucoup plus complexes et variées. Cependant, pour les oxydes de fer, le minéral le plus représenté semble la goéthite. Il est associé à un mélange de minéraux argileux tels que la kaolinite, l'illite, la chlorite et des interstratifiés de différentes natures.

1.2. DISTINCTION ENTRE ARGILES ET OXYDES : CHARGE VARIABLE ET CHARGE PERMANENTE

Il ressort de cet inventaire que les oxydes accompagnent fréquemment les argiles dans la fraction colloïdale des sols et qu'ils ne peuvent être négligés dans la compréhension de la stabilisation avec des molécules organiques. Par exemple dans les ferralsols, les oxydes de fer sont présents en grande proportion et sont plus petits que la kaolinite, de sorte qu'ils recouvrent fréquemment cette argile et imposent au système leurs propriétés colloïdales (Tardy, 1993). La grande distinction entre les propriétés de surface des argiles et des oxydes tient au fait que les premières présentent une charge permanente négative et que les deuxièmes possèdent une charge variable avec le pH (positive à bas pH, négative à pH élevé) qui s'annule à un pH qualifié de point isoélectrique (PIE) ou point de charge nulle (PCN), différent selon l'oxyde considéré (Parks et de Bruyn, 1962 ; Hiemstra et al., 1989). Ainsi les sols très riches en oxydes, comme les ferralsols ou les andosols, sont qualifiés désormais de sols à charge variable (Yu, 1997), tandis que les sols communs des régions tempérées sont globalement gouvernés par la charge négative permanente des argiles. La notion de charge variable est d'autant plus importante que les argiles possèdent elles-mêmes des surfaces à charge variable « de type oxyde » : les grandes faces basales des argiles portent une charge négative permanente, mais les bords des plaquettes d'argile portent au contraire une charge variable. Il est évident dans ces conditions qu'une variation du pH entraîne une variation de la charge variable des oxydes et des bords des plaquettes d'argile, qui a des conséquences profondes sur les interactions des molécules d'origine animale ou végétale chargées avec les argiles et les oxydes.

1.3. INFLUENCES DES CHARGES ÉLECTRIQUES SUR L'INTERACTION ARGILES, OXYDES ET BIOPOLYMÈRES CHARGÉS

Dans l'industrie des minéraux de fer, la séparation de l'hématite et de la kaolinite fait intervenir l'amidon, biopolymère fréquemment utilisé dans la construction en terre (colle de farine). Ce processus de séparation tire profit d'une adhésion spécifique de l'amylose et l'amylopectine sur l'hématite, dans des conditions où ces molécules ne sont pas adsorbées par la kaolinite (Ma et Bruckard 2010, Ma 2010). Cette floculation sélective ne peut être réussie que si le pH et la force ionique de la solution sont maîtrisés, sans quoi les molécules adhèrent indifféremment sur les argiles et les oxydes. Les molécules d'amidon, naturellement neutres, sont transformées par ajout de soude caustique en molécules chargées négativement. A pH 10,5, la kaolinite est entièrement chargée négativement et les molécules anioniques d'amidon ne sont pas adsorbées par l'argile (Ma et Bruckard 2010). Mais à mesure que le pH est abaissé (pH 9 et pH 7), les charges variables de la kaolinite deviennent positives et l'adsorption de l'amidon négatif sur l'argile a lieu. D'autre part, à pH 10,5, l'adsorption des molécules négatives sur l'argile négative s'opère malgré tout lorsque la force ionique est augmentée, par simple ajout de sel (NaCl). Cette adsorption est encore plus importante en présence de cations (Ma 2010) multivalents (CaCl₂ et MgCl₂ par exemple). Pour les enduits en terre stabilisée par des biopolymères chargés négativement, ces résultats de la littérature permettent d'imaginer la profonde

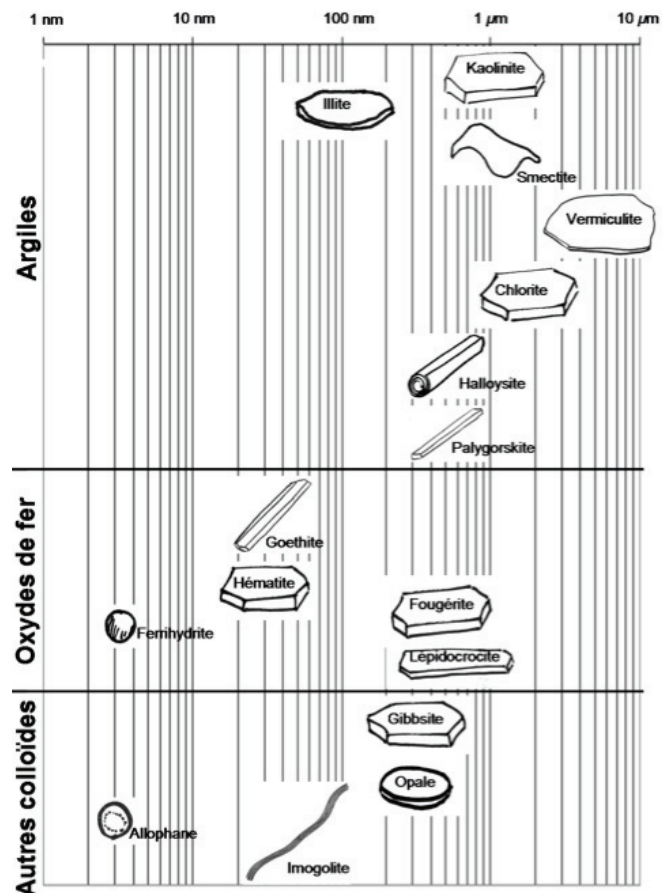


Fig.1 Colloïdes minéraux présents dans les terres d'après les spécialistes des sols, image : Romain Anger - CRAterre-ENSAG



Fig. 2 Cosses d'acacia riches en tanins, photo : Hugo Houben/CRAterre-ENSAG



Fig. 3 Pierres de limonite riches en oxydes de fer, photo : Hugo Houben/CRAterre-ENSAG

influence de la composition chimique de l'eau sur les propriétés rhéologiques, mécaniques et de sensibilité à l'eau des matériaux stabilisés. Ces pistes de réflexion peuvent être élargies à d'autres polymères que l'amidon anionique, comme l'alginate, molécule naturellement chargée négativement présente dans la colle d'algue par exemple. Cela permet d'imaginer des méthodes spécifiques d'amélioration des recettes traditionnelles de stabilisation. Par exemple, dans le cas du mélange d'une terre ne contenant pas d'oxydes de fer avec un biopolymère chargé négativement à pH basique, les argiles et le biopolymère seraient dispersées pendant la mise en œuvre favorisant une meilleure cohésion du liant sec (Moevus et al., 2015). Après séchage, l'adhésion et la floculation entre molécules et argiles pourraient être provoquées par immersion de l'échantillon (ou imprégnation d'un enduit) dans une solution de sel multivalent (CaCl_2 , solution de métal trivalent, etc.) : la cohésion du matériau et son insensibilité à l'eau serait sans doute encore améliorés.

1.4. RÔLE DU FER DANS LA STABILISATION DE LA TERRE AVEC DES TANINS

La composition chimique de l'eau, et la présence de cations multivalents en particulier, est également cruciale dans le cas de la stabilisation avec des tanins. Dans un document de 1979 (Houben, 1979), à une époque où la disparition des savoirs était moins importante qu'aujourd'hui, Hugo Houben relate son observation d'une recette traditionnelle à base de tanins pour consolider des enduits en terre au Burkina-Faso. Des cosses d'acacias (fig. 2), riches en tanins, sont placées dans une marmite remplie d'eau et chauffées. Des pierres de limonites (fig. 3), riches en oxydes de fer, sont également ajoutées (cet ingrédient essentiel est absent de la plupart des recettes observées aujourd'hui au Burkina-Faso).

Selon le maçon qui prépare la recette, ce sont ces pierres, qui « donnent leur force à l'enduit ». Ce qui apparaît au premier abord comme une croyance animiste, issue d'un savoir oral transmis depuis des générations, basé sur l'observation, rejoint le raisonnement scientifique de manière troublante. Au niveau des quantités, le maçon utilise un seau rempli de cosses, les quelques pierres de limonites visibles dans le chapeau de paille (fig. 2) et quatre seaux d'eau. L'ensemble chauffé pendant 2 heures (fig. 4). Le liquide obtenu est noir foncé et opaque, clairement différent du liquide ocre brun translucide lorsque les pierres de limonites sont absentes de la recette. Le liquide est mélangé à la terre amendée de paille. La fig. 5 montre 3 enduits qui viennent d'être étalés sur un mur d'adobes, de gauche à

droite : l'enduit stabilisé avec les cosses d'acacia et les pierres de limonites, un autre enduit stabilisé avec du jus de bananier, un troisième enduit stabilisé avec du beurre de karité. La couleur noire foncée de l'enduit de gauche est clairement visible.

Cette couleur noire est caractéristique de la formation de tannate de fer : elle indique que les molécules de tanin ont réagi avec du fer (Fe^{2+} ou Fe^{3+}) issu des pierres de limonites et passées en solution. Neuf ans plus tard, Thierry Joffroy revient sur le site d'observation de Hugo Houben. Le toit de la case a disparu depuis 5 ans, laissant



Fig. 4 Préparation du liquide noir : eau, cosses d'acacia et pierres de limonite, photo : Hugo Houben/CRAterre-ENSAG



Fig. 5 À gauche, enduit noir foncé terre/cosses d'acacia (tanin)/limonite (fer), photo : Hugo Houben/CRAterre-ENSAG



Fig. 6 Au centre, l'enduit terre/tanin/fer a résisté pendant 5 ans à la pluie, photo : Thierry Joffroy/CRAterre-ENSAG

les enduits en terre directement exposés aux intempéries pendant toutes ces années (fig. 6). L'enduit stabilisé à l'aide des cosses d'acacia et les pierres de limonites est toujours là (au centre), tandis que les autres enduits ont disparu (terre et jus de banane à droite), laissant les briques de terre apparentes et soumises à l'érosion.

Le tannate de fer semble ainsi conférer une durabilité exceptionnellement longue aux enduits en terre, même sans protection malgré les saisons des pluies successives. Ce composé noir est utilisé dans de nombreuses applications artisanales et industrielles :

- encre métallurgique (Kolar et al., 2006) : cette encre noire, fabriquée à partir de sels métalliques (sulfate de fer) et de tanins d'origine végétale (noix de galle), est la plus utilisée en Europe entre les XII^e et XIX^e siècles
- convertisseurs de rouille (Rahim et Kassim, 2008) : l'acide tannique est utilisé comme agent anti-corrosion de l'acier. Il réagit avec la rouille (oxydes de fer) pour former un film protecteur noir de tannate de fer
- bogolans (Blanchart et al., 2010) : ces textiles en coton, traditionnels du Mali sont teints à l'aide de feuilles riches en tanins et d'une terre contenant à la fois des argiles et des oxydes de fer. Des

recherches récentes montrent que la couleur noire de ces textiles est liée à la formation de tannate de fer.

En résumé, bien que les mécanismes d'adhésion entre le tannate de fer et les colloïdes minéraux du sol et le rôle de leurs charges de surface respectives ne sont pas décrites dans la littérature, le fer en solution joue un rôle essentiel dans la stabilisation de la terre avec des tanins. Un simple « jus de clou », ou une autre solution de fer, améliorerait sans doute de manière significative la cohésion et la sensibilité d'un enduit de terre amendée de tanin.

Ces quelques exemples issus de la littérature mettent en exergue le fait que pour les molécules végétales ou animales chargées, la composition chimique de l'eau joue un rôle prépondérant dans les interactions avec les argiles et les oxydes. Une perspective de recherche est donc d'étudier l'influence du pH, de la force ionique ou de cations multivalents sur les caractéristiques mécaniques et sur la sensibilité à l'eau des terres stabilisées avec des molécules chargées négativement.

	Méthodes	Labo	In Situ	Appréciation
Ouvrabilité	Pénétration (mm)	X	X	☹☹
	Étalement (%)	X	X	☹☹
Efficacité	Contact à l'éponge	X	X	☹☹☹☹
	Absorption d'une microgoutte	X		☹☹
	Angle de contact	X		☹
	Résistance à l'abrasion (brosse métallique et scotch)	X	X	☹☹☹
	MEB	X		☹
Compatibilité	Porosimétrie mercure	X		☹☹
	Perméabilité à la vapeur d'eau	X		☹☹
	Module élastique	X		☹☹☹
	Retrait	X	X	☹
Durabilité	Dilatation hygrique	X		☹☹
	Wedge Splitting	X		☹
	Exposition naturelle	X	X	☹☹☹
	Contact à l'éponge	X	X	☹☹☹
	Rugosimétrie	X		☹☹
	IRTF	X		☹☹

Fig. 7 Méthodes d'évaluation qualifiées de non discriminantes (☹) à très discriminantes et indispensables à l'évaluation (☹☹☹☹)

2. PROTOCOLE D'ÉVALUATION DES PERFORMANCES DES ENDUITS STABILISÉS

Le travail du LRMH a consisté à établir un protocole d'évaluation des surfaces en terre stabilisée avec un biopolymère et à identifier, par là même, les méthodes les plus discriminantes pour cette évaluation. Pour avoir une vue générale de l'évaluation d'une surface en terre, il ne suffit pas de passer à travers le crible des analyses, mais il est nécessaire d'avoir une approche généraliste sur la démarche d'évaluation. Ainsi, l'ensemble des propriétés a été disséminé à travers quatre axes de recherche qui dessinent le protocole final d'évaluation, à savoir les propriétés définissant l'ouvrabilité, l'efficacité, la compatibilité et enfin la durabilité de ces surfaces en terre modifiées. Il s'agit donc de déterminer, à travers le protocole :

- les modifications rhéologiques du matériau et son ouvrabilité à l'application ;
- les réponses à des critères d'efficacité, comme l'optimisation de la résistance à la pénétration d'eau de pluie ou à l'abrasion ;
- les compatibilités avec son matériau support d'origine, permettant notamment une « respiration » du matériau et des propriétés mécaniques similaires ;
- une réelle optimisation de la durabilité du support qu'elles protègent face à un environnement naturel agressif.

Chacun de ces axes comporte au minimum une méthode d'évaluation qui s'est montrée très discriminante (fig. 7) à travers l'étude et qui peut être jugée comme essentielle au processus d'évaluation.

CONCLUSION

La fraction argileuse du matériau terre, outre les argiles, contient de nombreux colloïdes minéraux tels que les oxydes de fer, d'aluminium et de silicium. Ces oxydes ne peuvent être négligés dans la compréhension des mécanismes de stabilisation de la terre à l'aide de molécules d'origine animale ou végétale, car ils sont généralement de plus petite taille que les argiles et peuvent parfois imposer leurs propriétés colloïdales au système. Les oxydes, tout comme les bords des plaquettes d'argile, portent des charges variables avec le pH. Ces charges s'annulent à un pH qualifié de Point de Charge Nulle, sont positives au-dessous de ce pH et négatives au-dessus. L'interaction entre les oxydes, les bords des plaquettes d'argile et les polymères chargés négativement, tels que l'amidon anionique, dépend ainsi fortement du pH. A pH basique par exemple, la kaolinite et l'amidon anionique, tous deux négatifs, se repoussent. A ce pH, ils peuvent néanmoins s'attirer si la force ionique augmente ou en présence de cations multivalents. Cela illustre l'influence de la composition chimique de l'eau sur la stabilisation de la terre avec des molécules naturelles électriquement chargées. La présence de cations multivalents dans la solution a également beaucoup d'importance dans le cas de la stabilisation de la terre avec des tanins, où la présence de fer conduit à la formation d'un composé noir de tannate de fer, qui donne une forte coloration noire ainsi qu'une grande durabilité à l'enduit stabilisé.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdelmoula, M., Trolard, F., Bourrié, G., Génin, J.-M.R. (1998). Evidence of the Fe(II)-Fe(III) green rust 'fourgerite' mineral occurrence in a hydromorphic soil and its transformation with depth. Dans *Hyperfine Interactions*, 112, 235-238.
- Anger, R. (2011). *Approche granulaire et colloïdale du matériau terre pour la construction*, Thèse dirigée par Olagnon, C., et Houben, H., INSA de Lyon.
- Blanchart, P., Dembelé, A., Dembelé, C., Pléa, M., Bergström, L., Granet, R., Sol, V., Gloaguen, V., Degot, M., Krausz, P. (2010). Mechanism of traditional Bogolan dyeing technique with clay on cotton fabric. Dans *Applied Clay Science* 50, 455-460.
- DeBoodt, M.F., Hayes, M.H.B., Herbillon A. (1990). *Soil Colloids and Their Associations in Aggregates*. Plenum, New York and London, pp. 598.
- Hiemstra, T., van Riemsdijk, W. H., Bolt, G. H. (1989). Multisite Proton Adsorption Modeling at the Solid/Solution Interface of (Hydr)oxides: A New Approach I. Model Description and Evaluation of Intrinsic Reaction Constants. Dans *J. Colloid Interface Sci.* 133, 91.
- Houben, H. (1996). *Recherche sur la stabilisation des enduits (et mortiers) avec du jus d'acacia*. Reportage photographique sur une expérimentation empirique menée à Kamboincé (30kms de Ouagadougou) au Burkina Faso en 1979 par Hugo Houben. CRAterre-ENSAG.
- Kolar, J., Štolfa, A., Strlič, M., Pompe, M., Pihlar, B., Budnar, M., Simčič, J., Reissland, B. (2006) Historical iron gall ink containing documents – Properties affecting their condition. Dans *Analytica Chimica Acta*, Volume 555, Issue 1, 5, pp. 167-174.
- Legros J.P. (2007). *Les Grands Sols du Monde*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 574 p.
- Ma, X. (2010). Role of hydrolyzable metal cations in starch-kaolinite interactions. Dans *International Journal of Mineral Processing*, Volume 97, Issues 1-4, pp. 100-103.
- Ma, X., Bruckard, W.J. (2010). The effect of pH and ionic strength on starch-kaolinite interactions. Dans *International Journal of Mineral Processing*, Volume 94, Issues 3-4, 28, pp. 111-114.
- Moevus, M., Jorand, Y., Olagnon, C., Maximilien, S., Anger, R., Fontaine, L., Arnaud, L. (2015) Earthen construction: an increase of the mechanical strength by optimizing the dispersion of the binder phase. Dans *Materials and Structures*, pp 1-14.
- Parks, G.A., de Bruyn, P.L. (1962). The zero point of charge of oxides. Dans *J. Phys. Chem.*, 66, 967-973.
- Rahim, A. A., Kassim, J. (2008) Recent Development of Vegetal Tanins in Corrosion Protection of Iron and Steel. Dans *Recent Patents on Materials Science*, 1, 223-231
- Tardy, Y. (1993). *Pétrologie des Latérites et des Sols Tropicaux*. Masson, 460 p.
- Verrecchia, E.P., Le Coustumer, M.-N. (1996). Occurrence and Genesis of Palygorskite and Associated Clay Minerals in a Pleistocene Calcrete Complex, Sde Boqer, Negev Desert, Israel. Dans *Clay Minerals* 31, 183-202
- Vissac, A., Colas, E., Fontaine, F., Bourges, A., Joffroy, T., Gandreau, D., Anger, R. (2012). Protection et conservation du patrimoine architectural en terre par des stabilisants naturels, d'origine animale et végétale. Interactions argiles/biopolymères (projet PaTerre+). In : *Actes du colloque Sciences des matériaux du patrimoine culturel*, Paris.
- Yu, T.R. (1997). *Chemistry of Variable Charge Soils*. Oxford University Press, Oxford New York, p. 505.

RAMMED EARTH MATERIALS: CONCRETE OR NOT CONCRETE?

AUTHORS

Coralie BRUMAUD

Lukas RICHNER

Guillaume HABERT

Institute of Construction and Infrastructure Management,
 Chair of Sustainable construction, Swiss Federal Institute
 of Technology (ETH Zurich), Switzerland

SUMMARY

In recent years, a revival interest for the rammed earth construction technique has been observed due to sustainability concern. Although this technology is nowadays entirely mastered and improved through the process (mechanization) or the material (stabilization with cement or lime), the selection of raw materials is usually made empirically. Some efforts have then to be made in order to expand its use, such as the identification of main parameters controlling the mechanical strength at the origin of a suitable soil for construction. To answer to this question, our approach is not to work on existing soils but to rebuild our earth by using “model” materials, which properties are known and controlled, in order to highlight the influence of mix design on mechanical strength.

First results show that the strength behavior of the material is mainly controlled by the amount of fines of the mixture more than by its clay content. This result is at variance with the expected one: clay particles, considered as binder in what we often call “earth concrete” do not seem to be, at first order, responsible of cohesion. This observation is a promising and innovative result concerning the strategy to adopt for rammed earth mix design, as it differs from concrete mix design.

INTRODUCTION

Rammed earth is an ancient earth building technique, which consists in dynamically compact a moist mixture of local earth into an externally supported frame, creating a solid wall. In recent years, a revival interest for this construction technique has been observed due to sustainability concern: without transport needs and infinite recycling possibilities, earth is one of the building materials with the lowest environmental impact. Although this technology is nowadays entirely mastered and improved through the process (mechanization) or the material (stabilization with cement or lime), the selection of raw materials is usually made empirically. Through the evaluation of various mix designs, we will in this paper determine the main parameters influencing the strength of rammed materials. The optimization of the mix design is the key parameter for a high strength. Indeed, it is known that the cohesion of rammed earth material, an assembly of grains of different sizes and clay, is mainly governed by capillary forces between fine particles (Pellenq and Van Damme, 2004; Fontaine and Anger, 2009; Salles *et al.*, 2009; Amarasinghe *et al.*, 2014). The amount of fines, their particle size and the water amount are thus important factors to take into account during the mix design. Numerous studies have been done on earth materials to show the relative importance of these parameters (Bui *et al.*, 2014; Mesbah *et al.*, 1999; Hall and Djerbib, 2004 a; Walker *et al.*, 2005). As earth is not an industrial material, the greatest difficulty for its

application is the variability of soil characteristics (physical and chemical). In this paper, we will consider the material as a packing of grains of different sizes with a few amount of water, as in rammed earth material. The experiments will be performed on model materials composed of inert quartz fine particles, pure sands and pure clay instead of earth in order to get rid of any other reaction and to perfectly control all the parameters. We will highlight the link between fine content, clay and mechanical strength.

1. MATERIALS AND PROCEDURES

The experiments were performed on model materials composed of inert quartz fines to simulate the silt component (composed of silica oxide >97% of granulometry <0.063µm), a pure round quartz sand 0.1/3.2mm (fig. 1-2) with a specific density of 2.65 and pure kaolinite PF80 as clay.

As preliminary tests, we focused on assessing the feasibility of the process of ramming concrete with similar technique as with traditional rammed earth. We worked on preliminary tests with earth as a granular material in order to set up a valuable protocol able to measure accurately the strength of small earth samples. The question of the sample size is actually a critical problem. After some preliminary

	Preliminary mix		Mix 1		Mix 2		Mix 3		Mix 4		Mix 5		Mix 6	
	%vol	%mass	%vol	%mass	%vol	%mass	%vol	%mass	%vol	%mass	%vol	%mass	%vol	%mass
Clay	3.6	4.1	6	6.6	10	11.6	13	15.9	6	6.7	10	12.1	13	16.8
Silt	32.3	37	30.2	33	17	19.8	7.1	8.7	27.2	30.3	12	14.5	0.6	0.8
Water	20.7	9.1	13.8	5.8	23	10.3	29.9	14.1	16.8	7.2	28	13	36.4	18
Sand	43.4	49.7	50	54.6	50	58.2	50	61.3	50	55.8	50	60.4	50	64.4
Water/clay ratio	5.76	2.22	2.3	0.88	2.3	0.88	2.3	0.88	2.8	1.08	2.8	1.08	2.8	1.08
Water/fines ratio	0.58	0.22	0.38	0.15	0.85	0.33	1.49	0.57	0.51	0.19	1.27	0.49	2.68	1.03

Table 1 Mix designs tested in this paper

tests, we developed a ramming technique with appropriate cylindrical formwork in order to produce rammed earth materials in lab conditions. Furthermore, a test mix was developed to roughly determine the possible amounts of water and fines (amount of clay and silt) in the mix. The lower boundary of the water/fines ratio has to be set to a value at which the mix is still compactable. As well, the clay needs a minimum amount of water to establish his binding forces. With the information of the experimental mix two water/clay ratios were chosen. The amount of sand in the mix was fixed at 50% by volume. The usual amount of clay in the mix is around 10% by mass. With a too high percentage of clay, the mixture shrinks heavily, with a too low percentage of clay, it will not reach the needed strength. For



Fig. 1 Sample of "model" earth after mechanical compression test

an adequate variability in clay percentage from 6.6% to 16.8%, the water/clay ratio had to be close to 1. For example, in the first mix the low amount of 6.6% clay leads to a really low water content. So the lower water to clay ratio was set to 0.88 by mass. The other decisive mix was the sixth with 16.8% clay by mass. To have a clear difference to the mixes with the lower water/clay ratio but to avoid a too high water content, the higher water/clay ratio was set to 1.08 by mass. The percentage of silt in the mix was determined by the remaining volume. The different mix designs are gathered in table 1.

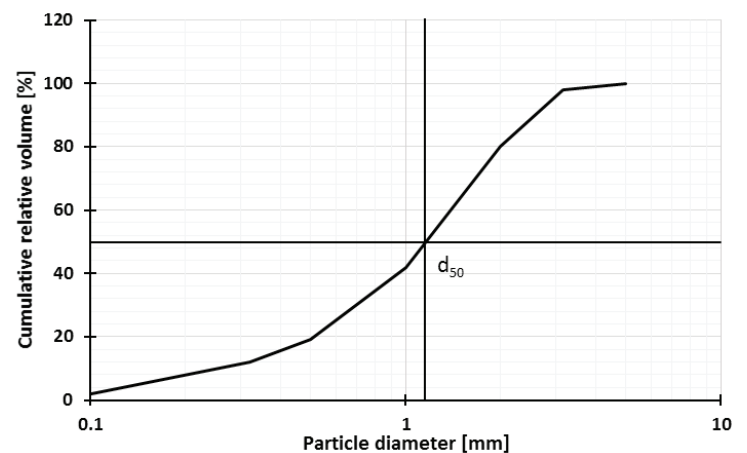


Fig. 2 Sand particle size distribution

For every mix three samples were produced. The used molds were cylindrical with an inner diameter of 4cm and a height of 8cm. Five layers per sample were used and every layer was compacted with a large metal stick and about 200 punches. The samples were demolded after two days. One sample per mix was dried in the oven for one day at 105°C, and then tested for its unconfined compressive strength.

2. RESULTS AND DISCUSSION

In figure 3, the compressive strength of each mix design is plotted as a function of the amount of clay. Each point is the average value of three tests. It can be observed that the compressive strength (for the set with a Water to Clay ratio of 0.88 and for the set with a Water to Clay ratio of 1.08), decreases with the amount of clay. This surprising result is on contrary of what it could be expected.

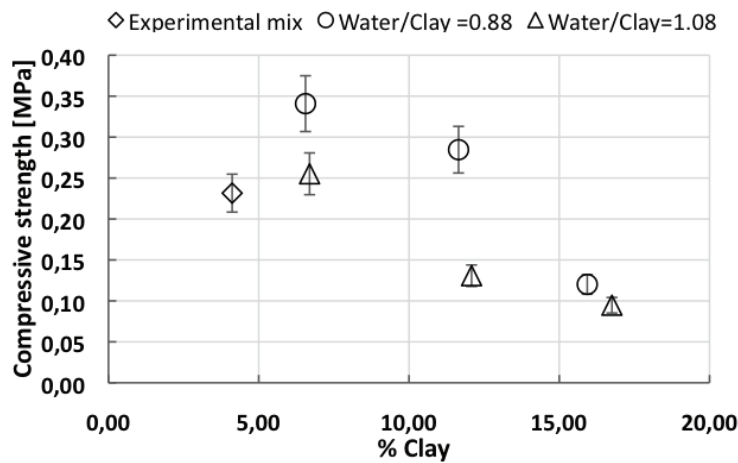


Fig. 3 Compressive strength as a function of the clay content for two Water to Clay ratios

Thanks to these results, it seems that the water/clay ratio is not the only determining strength factor. The mixes with the same water/clay ratio reach very diverse strengths.

Considering a given mass of water which can be absorbed by a given mass of clay, the following example could explain the observed trend (table 2). Assuming that the mass of water which can be absorbed is 0.25 times the mass of the clay, we can determine the amount of excess water for two mix designs displaying the same water to clay ratio:

	Sample 1	Sample 2
Mass [g]	100	100
Clay [g]	8	16
Water [g]	8	16
Water/clay ratio	1	1
Absorbed water [g]	2	4
Excess water [g]	6	12

Table 2 Example of the determination of excess water

Even if these two samples are mix designed thanks to the same approach, they do not present the same amount of excess water. Even though the amount of clay is higher in the sample 2, which is supposed to give more strength, the excess water leads to more voids in the sample and then leads to a lower strength. This effect could explain the decreasing strength with an increasing amount of clay in the mix. Following this theory, using different water/clay ratios but the same amount of clay in two mixes gives more excess water in the mix with the higher water/clay ratio. The mix with more excess water should be weaker: this point seems to be verified in the case of every mix.

Unfortunately for the experimental mix this theory does not work. This mix displays a very high water/clay ratio (2.22 by mass). This means there is a lot of excess water, but the compressive strength is relatively high compared to the others. The main difference of the mix is its high amount of silt and its low water/fines ratio.

If we now consider the influence of the water/fines ratio of all mixes on the compressive strength of the material (fig. 4), the results show an increase in strength with a decrease in water/fines ratio. This spe-

cifies that the silt seems to play an important role in the cohesion of the material through capillary forces. The addition of silt optimizes the packing of the mix, by filling the voids in the matrix and thus by decreasing the porosity of the material.

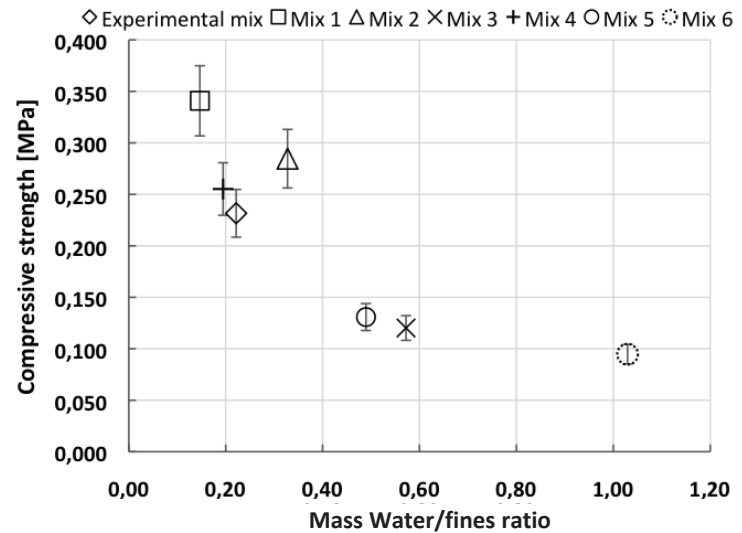


Fig. 4 The compressive strengths for each mix design as a function of the Water to Fines ratio

However, it has to be noted that, all tested samples display a low mechanical strength compare to standards. Even if the increase of the silt fraction decreases the porosity of the mix and thus increases the final mechanical strength, the overall packing of the mix is still not fully optimized. Indeed, the intensity of capillary forces are strongly linked to the porosity of the material, which depends on the packing density, the breadth of the particle size distribution (poly-disperse vs. monodisperse) and the shape of particles: a loose granular packing and irregular shapes, due to larger gaps between particle surfaces tend to form a medium of greater porosity. In most soils one finds several types of clay and as well different types of sand in order to fill all the available voids. In the mixes for this project only kaolinite, silt and sand with a very uniform particle size was used: the lack of different sand particle sizes could lead to a suboptimal packing and thus a higher amount of voids, which again means lower strength. Keeping in mind that all samples were dried before testing, the differences seem therefore to come mainly from the difference in the porosity distribution of the samples and from capillary forces between fine particles. This very strong relation between current water content, porosity and compressive strength in rammed earth has been recently very well demonstrated by Moevus (2014).

This observation has to be considered for the strategy to mix design rammed earth materials, as it differs from concrete mix design. In concrete mix design, the Water to Binder ratio is the key parameter whereas in this case, results seem to show that the Water to Fines (clay+silt) ratio is the main parameter. Of course, it is not possible to compare these two materials in terms of final mechanical strength as the cohesion forces (capillary forces in one case and physical interaction through cement hydration in the other case) are not of the same intensity.

CONCLUSION

From experimental tests carried out on several earth mix designs, where the amount of clay, silt and water varied, it can be showed that a low content of clay leads to a higher strength. Furthermore the strength was increasing exponentially with a higher water to fines ratio. This shows that the fine particles as silt have a positive effect on the compressive strength: the strength behavior of the material is mainly controlled by the amount of fines of the mixture more than by its clay content and thus by the binding property of clay particles. The mixes with a high amount of clay were very weak. This is due to the increasing amount of excess water left in the mix, if one uses a constant water to clay ratio and increases the amount of clay in the mix. Overall a very low unconfined compressive strength was measured. This effect can be explained by the type of sand used, scale effects or the kaolinite used.

The water to fine ratio could be a promising indicator for strength in rammed earth. This observation is an innovative result concerning the strategy to adopt for rammed earth mix design, as it differs from concrete mix design, where the binder governs the cohesion of the material and finally the strength: clay particles, considered as binder in what we often call “earth concrete” do not seem to be, at first order, responsible of cohesion. However, further experiments are needed to fully-understand the involved mechanisms.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Amarasinghe, P., Anandarajah, A. and Ghosh, P. (2014). Molecular dynamic study of capillary forces on clay particles. In: *Applied Clay Science*, 88–89, 170–177.
- Bui, Q.B., Morel, J.C., Hans, S. and Meunier, N. (2009). Compression behaviour of nonindustrial materials in civil engineering by three scale experiments: the case of rammed earth. In: *Materials and Structures*, 42, 1101–1116
- Fontaine, L. and Anger, R. (2009). *Bâtir en terre – Du grain de sable à l'architecture*. Ed. Belin/Cité des Sciences et de l'Industrie.
- Hall, M. and Djerbib, Y. (2004 a). Moisture ingress in rammed earth: Part 1—the effect of soil particle-size distribution on the rate of capillary suction. In: *Construction and Building Materials*, 18, 269–280.
- Mesbah, A., Morel, J.C. and Olivier, M. (1999). Comportement des sols fins argileux pendant un essai de compactage statique: détermination des paramètres pertinents. In: *Materials and Structures*, 32, 687–694.
- Moëvus, M., Fontaine, L., Anger, R., Doat, P. (2013). *Béton d'Argile Environnemental (B.A.E) Rapport*. Programme C2D2- Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.
- Pelleng, R. and Van Damme, H. (2004). Why does concrete set? The nature of cohesion forces in hardened cement-based materials. *MRS Bulletin*, Vol. XXIX, n°5.
- Salles, F., Douillard, J.-M., Denoyel, R., Bildstein, O., Jullien, M., Beurroies, I. and Van Damme, H. (2009). Hydration sequence of swelling clays: Evolutions of specific surface area and hydration energy. In: *Journal of Colloid and Interface Science*, 333, 510–522.
- Walker, P., Keable, R., Martin, J. and Maniatis V. (2005). *Rammed earth—design and construction guidelines* BRE Bookshop (2005)

ENVIRONMENTAL-CLAY-BASED CONCRETE

AUTHORS

Mariette MOEVUS-DORVAUX

Lucile COUVREUR

Laetitia FONTAINE

Romain ANGER

Patrice DOAT

CRAterre / AE&CC / ENSAG, France

Lionel RONSOUX

DGCB / ENTPE et MATEIS / INSA Lyon, France

Yves JORAND

Christian OLAGNON

Sandrine MAXIMILIEN

MATEIS / INSA Lyon, France

SUMMARY

The C2D2- Environmental-Clay-based Concrete research program, funded by the French Ministry of Ecology for three years, brought together eight partners: research laboratories, material producers, constructors, technical center and educational experimentation center.

The challenge was to propose innovative solutions to transform raw earth, a complex and highly variable raw material, into genuine environmental clay-based concretes whose implementation and final properties are controlled.

Research has focused on cement concrete and industrial ceramics technology transfer towards a clay-based concrete: the control of granulometry, the use of dispersants and superplasticizers, coagulation techniques to harden the material and enable a rapid removal of the formwork. Exciting developments have been made, like the understanding of the impact of dispersants on the microstructure and final properties of the material.

The economic partners had the ambition to commercialize innovative products. A fluid clay-based concrete was formulated from argilo-calcareous fines derived from aggregate washing; an abundant resource so far unused. This clay-based concrete was recently implemented on two construction sites, produced in a batching plant, transported in a mixer truck, poured and vibrated like a cement concrete. This is one of the pioneer experiences in France for an earth-based concrete.

INTRODUCTION

Earth is a phase changing natural material, locally available with low grey energy and recyclable. These qualities make it a building material full of future promise.

Physics and mechanics of divided matter are rapidly expanding fields. The rapid onset of nanosciences offers a new lighting on the mechanical, thermal, hygrometric and rheologic behavior of the earth material, especially in the finest physico-chemical scales of clays. In addition to this contribution of theoretical knowledge is a very developed industrial know-how for the implementation of materials which offer many common points with earth, a genuine clay-based concrete. Thus, applied methods to the manufacturing of always more performing cement concretes are transferable to the

earth material. On the other hand, the specialized market of earth construction is growing rapidly. Added to this is an increasingly strong societal demand which leads eg clay brick industrial companies to offer raw bricks. Aggregate quarries wish to value their large volumes of quarry coproducts (argilo-calcareous fines). Conditions are then met to establish a national earth industry that relies on extensive scientific and technical bases.

The scientific challenge lies particularly in a better understanding of the physical phenomena occurring during earth material's lifecycle. Water plays a major role in the mechanical and hygrothermal behaviour of raw earth, which is still poorly understood.

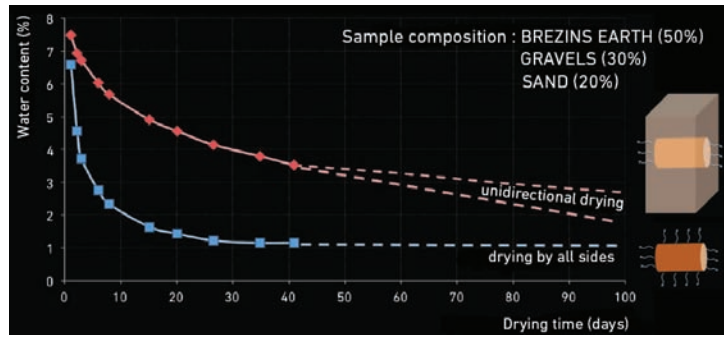


Fig. 1 Drying kinetics of rammed earth samples

1. STATE OF THE ART OF RAW EARTH CHARACTERISTICS

An assessment of the state of knowledge of the properties of raw earth in construction was made on the basis of scientific papers, test reports and technical publications. This work was presented at the symposium TERRA 2012 and is fully available in the final report of C2D2-BAE project (Moevus, 2014; Moevus et al., 2014). Only reliable data given with the details of characterization processes have been selected. 143 bibliographical references published between 1949 and 2012 were quoted. Few reliable experimental data are available concerning earth material for construction. The studies often involve one single earth type and concentrate in only a few properties. Very few standards are available for earth construction, and most involve masonry in Compressed Earth Bricks (BTC) which are cement stabilized.

Earth has an elasto-plastic behavior. Measurements for the elastic modulus and intrinsic compressive strength are delicate and require experimental precautions which are rarely taken (Morel et al., 2007). The compressive strength is usually comprised between 1 and 5 MPa. Generally, earth has a better water vapor retention capacity compared to common construction materials (concrete, plaster...) (Eckerman et al., 2007). Water contained in soil can evaporate and condense depending on external conditions. This contributes to a building's indoor comfort through hygrometric regulation (Allinson and Hall, 2010). Earth has a water vapor permeability close to that of terracotta and light concretes. (Hall and Allinson, 2009). The thermal conductivity of earth depends mainly on its density and lies in the same range as other building materials of the same density (Laurent, 1987). Earth alone is not an insulating material, but fibered earth can be used as insulation with thermal conductivities approaching 0,1W/m/K with a volumic weight of 500kg/m³. Earth provides a significant thermal inertia that is amplified by the latent energy of water vaporization and condensation inside the material.

Hygrometric, mechanical and thermal properties of earth all depend upon the same main parameters: total porosity, pore size distribution, clay content, clay specific surface and their cation exchange capacity and granular packing. The porous network determines the adsorption-desorption of water and water vapor transport phenomena; the amount of water in the soil corresponds to a suction value that determines the capillary forces within the microstructure. Of this suction depend partially the macroscopic mechanical properties. The presence of water also influences the thermal properties of earth. Currently, the links between the porous network and macroscopic properties are not clearly established: there is no predictive model allowing to relate compressive strength to microstructural parameters.

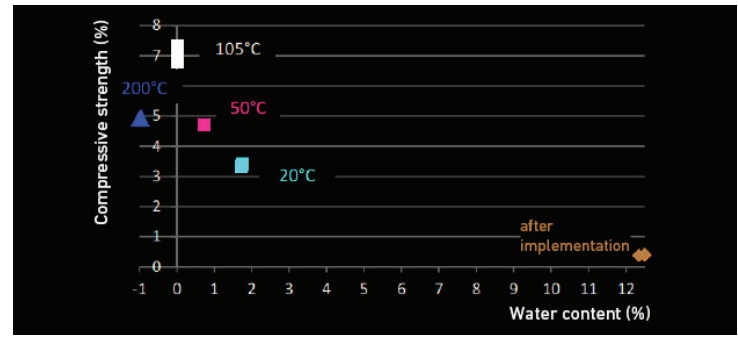


Fig. 2 Evolution of earth of Brezin's compressive strength with residual water content

2. INFLUENCE OF WATER ON MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES

In order to fill the data gaps identified by the state of the art, an experimental campaign was conducted. It led to a better understanding of the influence of density, porous network organization and hygrometry on mechanical and thermal properties. Three different natural soils were analyzed (brown earth from Brézins, red earth from Royans and argilo-calcareous fines AC0100 from Carrières du Boulonnais).

2.1. DRYING KINETICS OF THE EARTH MATERIAL

The drying kinetics of cylindrical samples (Ø 16cm ; H 32cm) of rammed earth has been measured during 40 days. The samples were placed in a room at ambient temperature and relative humidity. A first group of samples (in blue on Fig.1) could dry freely by all surfaces. A second group (in red) was swathed with cellophane, allowing water to evaporate only by the sample's flat surfaces, in order to reproduce drying conditions of a 32cm thick wall. Water content was measured by mass difference before and after drying at 105°C. Extrapolations until 100 days are proposed on fig.1. This results highlight the time needed for a rammed earth wall to dry: between 4 months and one year to reach an equilibrium state. In the case of rammed earth, relatively few water is needed to implement the material in a humid state (here 8%). The challenge for pouring a fluid clay-based concrete lies in the control of the amount of water needed for its implementation in a liquid state and in the material's ability to harden before complete drying.

2.2. HYGROMETRIC BEHAVIOUR OF THE EARTH MATERIAL

Earth absorbs more or less moisture depending on the temperature and relative humidity. Adsorption isotherms indicate, for a given temperature, the water content of the material once the equilibrium state is reached. The adsorption isotherms of the three selected soils were measured from fragments of earth samples implemented through molding. The curves obtained at 20°C are very similar, with a water content of about 0,5% at 20% relative humidity, and about 1% at 70% relative humidity. Much more important variations can be expected under real conditions where temperature and humidity vary at the same time.

2.3. MECHANICAL BEHAVIOUR ACCORDING TO HUMIDITY

The influence of the water content upon the mechanical properties was estimated for rammed earth from Brézins samples. Compressive strength have been measured after drying at 20°C, 50°C, 105°C and 200°C. The water content was measured by loss of mass after drying at 105°C. With this definition, the water content is considered to be zero for samples dried at 105°C, even if there is still free water held by

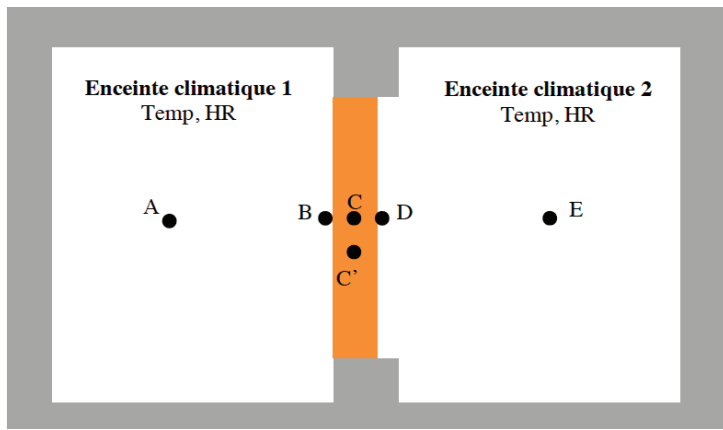


Fig. 3 Position of the wall sample and temperature sensors in the climatic chamber

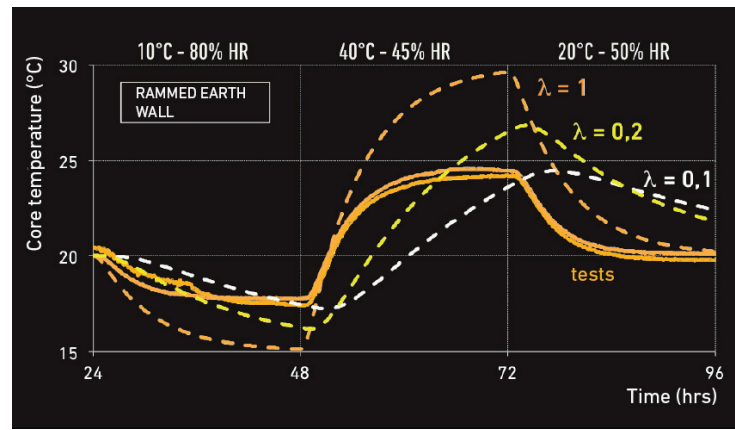


Fig. 4 Temperature measured within the wall (solid line) and simulated (dotted lines)

clays, and it can be negative for more elaborate dryings. At 200°C all types of clays are dehydrated but they are not dehydroxylated (free water is no longer present but water from constitution still is).

The graph below (fig. 2) describes the evolution of compressive strength according to water content. The drier the material, the higher the mechanical strength is. It is known that the capillary bridges between the particles significantly contribute to the cohesion of soils (Gelard, 2005). The finer these capillary bridges are, the higher the capillary strength and the suction inside the porous material.

The compressive strength measured after a 200°C drying is below the one reached after 105°C drying, but is still equivalent to the strength achieved after a 50°C processing, thus relatively high. This indicates that the capillary strengths are only partly responsible of the internal cohesion of the material. Additional mechanisms to capillary strengths contribute to the mechanical strength such as Van der Waals interactions, friction between the grains which is also sensitive to water content, and probably crystallization of dissolved salts.

2.4. SCALE 1 HYGROTHERMAL TESTS

Walls were made by the CARACOL company during the Grains d'Isère Festival in 2011 at Grands Ateliers in Villefontaine. One of them was made of rammed earth from Brézins to measure the hygrothermal behavior of a representative typical rammed wall from the Dauphiné region. Tests were made at the ENTPE. The wall is positioned at the interface between two climate chambers. One chamber has a stable atmosphere (20°C, 50% RH) while the atmosphere in the second chamber is imposed following 4 levels: (20°C, 50% RH) (10°C, 80% RH), (40°C, 45% RH) and (20°C, 50% RH). The temperature and hygrometry are measured within the wall (sensor C on fig.3). A finite elements modeling was performed using data from conductivity and density of the material, without taking into account the influence of water. As shown on fig. 4, the difference between experiment and simulation is important: the temperature variation measured within the wall is 2 times lower than that planned by the calculations. This significant difference may be explained by phase changes of water contained in the material.

The current statutory calculations ignore the effects of water phase changes. Recent investigations have demonstrated the importance of the coupled hygrothermal processes for an accurate assessment of the thermal behavior of earth buildings (Chabriac et al., 2014).

3. CASTABLE CLAY-BASED CONCRETES

3.1. DISPERSANT EFFECT ON THE VISCOSITY OF CLAY SUSPENSIONS

The effect of various clay dispersants upon the viscosity of natural earth muds was compared. The used dispersants are the HMP (sodium hexametaphosphate), PAA (polyacrylic acid), the Darvan C and Darvan 7 (sodium polymethacrylate). They were selected for their different action modes.

Having studied various dispersants on four very different clay powders, we note that the addition of a dispersant reduces the suspension viscosity and greatly reduces the flow threshold. This thinning effect is observed for the fine fractions of all 3 soils, despite very different clay compositions and other ferric impurities: illite and kaolinite for AC0100 fines, kaolinite for the red earth, and illite and muscovite for the earth from Brézins. This result is rather surprising, since we find that the effects of dispersants are very similar on different suspensions, while their mode of action and/or their molecular weight are very different. This point deserves to be studied in more detail, but in a practical point of view, this indicates that the use of a dispersant on these materials is quite robust.

3.2. DISPERSION EFFECT ON THE MICROSTRUCTURE AND ON MECHANICAL PROPERTIES

A practical consequence of clay dispersion is an increase by a factor between 1.5 and 2 of mechanical compressive strength (see fig. 5). This result was verified for several soils and dispersants. A microstructure analysis by mercury porosimetry shows a modification of the porous network in the case where clay is dispersed. Grains (sand, gravels) contained in the earth material are bound together by a clayey phase, which internal cohesion is enhanced as a result of a better organization of clay particles, when using dispersant at the time of implementation.

These results were presented at the symposium TERRA 2012 (Ronsoux et al., 2013) and are the subject of an extended scientific publication (Moevus et al., 2015).

3.3. FORMULATION OF A CLAY-BASED CONCRETE USING ARGILO-CALCAREOUS FINES

A clay-based concrete formula has been developed using argilo-calcareous fines which are coproducts from aggregate quarries. This concrete was formulated and produced to manufacture the exposure modules in the Maison des Marais built in 2013 at Saint Omer, Pas de-Calais. The requirements for this material were : a good surface quality and strength, particularly at the edges, aesthetic layers which

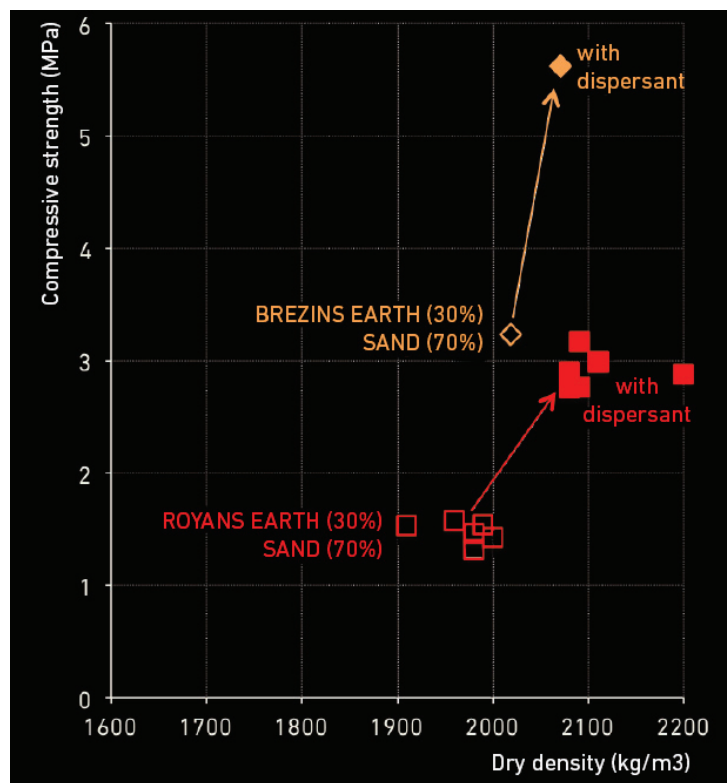


Fig. 5 Dispersing effect on compressive strength of two different soils

present different shades, compressive strength > 1.5MPa, slump class S4, rheologic behaviour stable during 1h30. The formula used for the site is 90kg/m³ of cement, 225kg/m³ of argilo-calcareous fines, 878kg/m³ of sand, 864kg/m³ of gravels, 4.5kg/m³ of dispersant, 217kg/m³ of efficient water. It was decided to add a small amount of cement in order to remove the material from the formwork faster. 60m³ of this clay-based concrete have been produced in a concrete plant, transported by a mixer lorry and poured into formworks with a lifting pump. The material is not subject to cracking during drying. The compressive strength after a 28-day curation and a 7-day drying at 20°C is 3.6MPa, for a density of 2209kg/m³.

An ATEX demand has been obtained upon the CSTB in order to validate the implementation of loadbearing walls with the same product at the Maison intergénérationnelle project in Manom, Moselle. The building has been realised in 2014 (see fig. 6).

Other clay-based concretes have been formulated and implemented for different applications during the 3-year BAE project: slabs with high thermal inertia, renovation sites (recovery of crackings in rammed earth walls and leveling at a rammed earth barn), bearing walls, etc.

CONCLUSION

Thanks to this research program, significant results have been achieved, paving the way for future research and development works. The state of the art of the characteristics of the raw earth is already used as a basis to write professional rules for earthen construction. The influence of water content on mechanical performance of raw earth was characterized by compressive tests on raw earth samples. The strength increases from the humid state after the implementation up to the dry state. After drying at 200°C all types of clays are dehydrated: the compressive strength level is that of the level achieved after a 50°C processing. Despite of the loss of capillary bridges, compressive strength stays relatively high, because of additional mechanisms

contributing to the mechanical strength (friction between the grains, and probably crystallization of dissolved salts). Hygrothermal tests realized on a rammed earth wall placed in a device with two climate chambers highlighted the importance of water phase changes in the hygrothermal behavior of raw earth and of clay-based concretes, which is not taken into account in the current statutory calculations. The effect of various dispersants upon the viscosity of natural earth muds was compared. Whatever the type of product used the addition of a dispersant reduces the suspension viscosity. The practical consequence of clay dispersion is an increase by a factor 1,5 to 2 of compressive strength. This result was linked with the material's microstructure evolution. In order to substitute the industrialized plasticizers with natural ones, some research was conducted on the use of tannins as dispersant but these molecules are not enough controlled to enable them to be used in construction. This issue warrants more profound analysis.

A fluid clay-based concrete was formulated from argilo-calcareous fines derived from aggregate washing; an abundant resource so far unused. This new environmental clay-based concrete was recently implemented on two construction sites like a cement concrete with current and well controlled means. No cracking occurred during drying. This is one of the pioneer experiences of last few years in France for an earthen concretes. Keys of its success: an optimized granulometry, an adapted dispersant and a low percentage of cement (3%) to allow a rapid removal of the formworks. In order to find an alternative to the use of hydraulic binders, the idea of an in situ polymerization / reticulation of clay mud is currently being studied within the framework of a doctoral thesis started in November 2013.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Allinson, D., Hall, M. (2010). *Hygrothermal analysis of a stabilised rammed earth test building in the UK*. Energy and Buildings.
- Chabriac, P-A., Fabbri, A., Morel, J-C., Laurent, J-P, Blanc-Gonnet, J. (2014). *A Procedure to Measure the in-Situ Hygrothermal Behavior of Earth Walls*. Materials.
- Eckermann, W., Röhlen, U., Ziegert, C. (2007). *Auswirkungen von Lehmbaustoffen auf das Raumklima*. O, Venzmer, H.: Europäischer Sanierungskalender 2008 Beuth Verlag.
- Gelard, D. (2005). *Identification et caractérisation de la cohésion interne du matériau terre dans ses conditions naturelles de conservation*. Thèse INPG, Université de Grenoble, 198 p.
- Hall, M., Allinson, D. (2009). *Analysis of the hygrothermal functional properties of stabilized rammed earth materials*. Building and Environment.
- Laurent, J-P. (1987). *Propriétés thermiques du matériau terre*. Cahiers du CSTB.
- Moevus, M., Anger, R., Fontaine, L. (2014). *Hygro-thermo-mechanical properties of earthen materials for construction: a literature review*. Terra 2012, Apr 2012, Lima, Peru.
- Moevus, M. (2014). *State of the art of the raw earth characteristics. Final report of BAE project*.
- Moevus, M., Jorand, Y., Maximilien, S., Olagnon, C., Anger, R., Fontaine, L., Arnaud, L. (2015). *Earthen construction: an increase of the mechanical strength by optimizing the dispersion of the binder phase*. Materials and structures.
- Morel, J-C., P'kla, A., Walker, P. (2007). *Compressive strength testing of compressed earth blocks*. Construction Building Materials.
- Ronsoux, L., Moevus, M., Jorand, Y., Maximilien, S., Olagnon, C. et al. (2013). *Poured Earth as concrete*. Terra 2012, Apr 2012, Lima, Peru.

Fig. 6 Implementation of the clay-based concrete developed in Manom's building site



REVESTIMIENTO DE FIBRAS VEGETALES EN SISTEMAS DE AISLAMIENTO DE TAPIA

AUTORES

Antonia NAVARRO
Belén GONZÁLEZ
Mariana PALUMBO
Ana Maria LACASTA

Dept. Construccions arquitectòniques II, Universitat
 Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain

Lídia RINCÓN

Dept. D'Informàtica i Enginyeria Industrial,
 Universitat de Lleida, Spain

RESUMEN

Existe un creciente interés en el uso de la tierra como material de construcción debido a su bajo impacto ambiental. Por otro lado, los códigos técnicos de edificación son cada vez más restrictivos en cuanto al comportamiento térmico de los edificios debido al elevado consumo de energía para calefacción y refrigeración en el sector de la edificación. Con el fin de disminuir el consumo energético de los edificios tradicionales de tapia, es necesaria la rehabilitación energética de los mismos mediante tecnologías de bajo impacto ambiental y materiales sostenibles, como son los revestimientos con fibras vegetales. El objetivo de este artículo es analizar la mejora en el comportamiento térmico de los muros de tapia mediante la incorporación de aislamiento térmico exterior de fibras de madera y revestimiento de tierra con fibras vegetales. Con este fin, se han analizado dos muros de tapia, uno aislado térmicamente y el otro sin aislar, los cuales se han monitorizado en clima mediterráneo. El aislamiento consiste en 6 cm de panel de fibras de madera y el revestimiento exterior en un mortero de tierra reforzado con fibras de paja de 1,5 cm de espesor.

INTRODUCCIÓN

En Europa existe un creciente interés en el uso de la tierra como material de construcción debido a su bajo impacto ambiental y a su baja energía incorporada (Dong, Soebarto & Griffith, 2014; Venkatarama, Reddy & Prasanna Kumar, 2010). La masa térmica de los gruesos muros de tierra proporciona generalmente un buen comportamiento térmico en estos edificios contribuyendo así al ahorro energético, a pesar de los valores relativamente bajos de resistencia térmica de los muros de tierra (Taylor & Luther, 2004).

Por otro lado, el uso de energía para calefacción y refrigeración en el sector de la edificación supuso el 32% del consumo global de energía en 2012, según datos del IEA (International Energy Agency, 2012).

Por este motivo, los criterios de los códigos de edificación son cada vez más restrictivos en cuanto al comportamiento térmico de los edificios. La normativa actual se centra en el valor de la resistencia térmica en estado estacionario de los muros (valor "R") o bien en el valor de la transmitancia térmica de estos muros (valor "U") (Heathcote, 2011).

Los edificios existentes construidos con tierra no cumplen en la mayoría de los casos con los requisitos térmicos de los códigos de edificación, debido principalmente a la inexistencia de aislamiento térmico. Sin embargo, investigaciones previas demuestran que, a pesar de la carencia de aislamiento térmico de los edificios de tapia,

es posible cumplir con los requisitos mínimos normativos de confort higrotérmico, siempre y cuando el edificio sea diseñado cuidadosamente para optimizar las estrategias de diseño solar pasivo (Dong et al., 2014; Heathcote, 2011). Aun así, estas investigaciones demuestran que para climas fríos siempre será necesaria la incorporación de aislamiento térmico.

1. OBJETIVO

Es necesario incorporar aislamiento térmico a los muros de tapia para reducir el consumo energético de la arquitectura tradicional de tierra y cumplir con los requisitos normativos de determinados climas. De acuerdo a la índole de la construcción con tierra, la rehabilitación de estos muros requiere el uso de tecnologías de bajo impacto ambiental, que no obstaculicen su comportamiento higrotérmico, contribuyendo al ahorro energético en la edificación.

El objetivo de este artículo es analizar la mejora sobre el comportamiento térmico de un muro de tapia por medio de la incorporación de aislamiento térmico exterior de paneles de fibra de madera y revestimiento de tierra reforzado con fibras naturales.

Con este propósito, se ha analizado experimentalmente el comportamiento térmico de dos muros de tapia construidos en clima mediterráneo, uno sin aislar y el otro incorporando el aislamiento térmico antes mencionado. Las mediciones se han realizado para las orientaciones Norte y Sur en condiciones de verano.

2. ESTADO DEL ARTE

Los edificios de tierra poseen una gran masa térmica que ralentiza la transmisión de calor a través de los muros, atenuando los saltos térmicos exteriores (Givoni 1991; Soebarto 2009). Este hecho contribuye al confort higrotérmico de la arquitectura en tierra, especialmente en condiciones de verano, reduciendo significativamente el consumo en refrigeración.

Sin embargo, la baja resistencia térmica de los muros de tierra, con valores sobre los 0,5 m²K/W para un muro de adobe de 30 cm (Heathcote 2011), permite que el calor interior del edificio se disipe a través de la fachada. Por este motivo, diversos autores coinciden en la necesidad de mejorar comportamiento térmico de los edificios de tapia, especialmente en condiciones de invierno o en climas fríos (Dong et al. 2014; Soebarto 2009; Taylor, Fuller, & Luther 2008).

Al incorporar aislamiento térmico a los muros de tapia se incrementa su resistencia térmica y por lo tanto mejora su comportamiento térmico, reduciendo significativamente las cargas energéticas de los edificios de tapia (Dong et al., 2014; Soebarto, 2009; Taylor et al., 2008). Como ocurre con otros sistemas constructivos, la posición más adecuada del aislamiento suele ser sobre la cara exterior del muro de tapia, ya que así se incrementa la inercia térmica y se reduce el riesgo de condensaciones (Dong et al. 2014; Soebarto 2009; Taylor et al. 2008).

Las técnicas actuales en rehabilitación del patrimonio en tierra requieren de materiales que no dañen los muros existentes. Se ha demostrado que los revestimientos comerciales basados en conglomerantes hidráulicos no son recomendables para revestir muros de tapia y pueden ser dañinos para las construcciones con tierra (Lanas & Alvarez-Galindo, 2003). Sin embargo, los revestimientos de cal, arena y arcilla son perfectamente compatibles con los muros de tierra. Tradicionalmente, también se han utilizado numerosos aditivos para mejorar sus propiedades como, por ejemplo, fibras vegetales y animales, jabón, leche, estiércol de vaca fresca y vino tinto (Galán-Marín, Rivera-Gómez & Petric, 2010; Quagliarini & Lenci, 2010; Yetgin, Çavdar & Çavdar, 2008).

En este sentido, la rehabilitación energética de los muros de tapia requiere asimismo la utilización de aislamiento térmicos naturales, de bajo impacto ambiental. Diversos autores han constatado la mejora del comportamiento energético de los muros aislados térmicamente con materiales naturales como el corcho, el cáñamo con cal, la lana de oveja, la celulosa o el tablero de fibras de madera (Barbeta Solà & Massó Ros, 2015a, 2015b; Walker & Pavía, 2015).

Todos estos materiales presentan una permeabilidad al vapor de agua y una actividad higroscópica mucho mayor que otros materiales comúnmente utilizados como las lanas minerales o las espumas orgánicas.

3. METODOLOGÍA

3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

Para analizar experimentalmente el comportamiento térmico de los muros de tapia, se han aplicado mejoras sectorizadas en el prototipo S-low que la Universidad Politècnica de Catalunya tiene en sus instalaciones de Barcelona (fig. 1).

La instalación se encuentra en la zona climática Csa – Mediterráneo (según la clasificación climática de Köppen). Este clima se caracteriza por veranos cálidos e inviernos suaves, con lluvias estacionales.

El prototipo S-Low es una construcción cúbica, de dimensiones interiores 2.48 x 2.15 x 2.50 m y con orientación -74° Norte, compuesta por cimentación superficial de bloques de hormigón, estructura portante de madera OSBIII, un cerramiento de tapia no portante de 50 cm de espesor ejecutado in situ con medios manuales y cubierta ajardinada. Existen dos aberturas que permiten el acceso al prototipo: una en la fachada Este y la otra en la fachada Oeste.

3.2. COMPOSICIÓN DE LA TAPIA DEL CERRAMIENTO

El cerramiento del prototipo no es homogéneo. La mitad de la fachada Norte está aligerada con un 40% (en volumen) de arlita, mientras que la mitad de la fachada Sur está estabilizada con un 3% (en volumen) de cemento en la mezcla. El resto no incluye ningún tipo de aditivo y se compone por un 38% de arcilla y un 52% de arena (en volumen). El comportamiento térmico y mecánico de estas distintas formulaciones ha sido analizado y comparado en trabajos anteriores (Rincón et al. 2015).



Fig. 1 Orientación Noroeste y Sudeste del prototipo S-low

	Elementos	Espesor (mm)	λ (W/mK)	U (m ² K/W)
Muro sin aislar	Muro de tapia	500	1.110	2.220
Muro aislado	Muro de tapia	500	1.110	0.496
	Barbotina	5	0.812	
	Aislante térmico	60	0.039	
	Revoco tierra	15	0.720	

Tabla 1 Características térmicas de los dos muros analizados

En el presente estudio, se ha analizado el comportamiento higrotérmico de los muros de tapia sin aligerar ni estabilizar para las orientaciones Norte y Sur y se ha comparado con el comportamiento de los mismos muros después de incorporar un sistema de aislamiento por el exterior. La colocación exterior del aislamiento reduce el riesgo de condensaciones de vapor de agua en el interior del muro y permite conservar la inercia térmica del mismo, sin modificar el aspecto exterior de la tapia, acabada con un revoco de tierra. En el caso del prototipo analizado, las fachadas Este y Oeste se encuentran en sombra y no muestran oscilaciones térmicas representativas. Entre los distintos aislamientos naturales mencionados en el estado del arte, el panel de fibra de madera es el que ofrece mejores prestaciones en cuanto a ejecución en obra. Dicho sistema consiste en un panel aislante térmico de fibra de madera de 60 mm de espesor, densidad de 110 kg/m³ y una conductividad térmica declarada de 0.039 W/mK que se ha adherido a la superficie exterior de la tapia con *barbotina* de arcilla y agua de espesor aproximado de 5 mm. El panel aislante se ha recubierto con 15 mm de revoco de tierra que incorpora un 70% en volumen de paja de cebada. La fig. 2 muestra un esquema de la sección del muro de tapia sin aislar (izquierda) e incorporando el sistema de aislamiento (derecha). Las conductividades térmicas de cada uno de los elementos así como la transmitancia térmica total de los muros se presentan en la tabla 1. Los coeficientes de transmitancia superficial interior y exterior se han estimado en 0.13 m²K/W y 0.04 m²K/W respectivamente.

3.3. INSTRUMENTACIÓN Y PROTOCOLO DE MEDIDA

La tapia de tierra sin aislar se monitorizó inicialmente entre julio de 2013 y abril de 2014. La instrumentalización se realizó utilizando tres termopares colocados en la superficie exterior, en el centro de la sección transversal y en la superficie interior de la tapia, respectivamente, tal y como se muestra en la fig. 2 (izquierda). Todos ellos se situaron a una altura de 2 metros. La toma de datos se realizó a través del equipo de adquisición, Compact RIO, y del programa LABView, lo que permitió el registro de los datos de temperatura cada 30 minutos.

Entre septiembre y octubre de 2015 se realizó una segunda campaña de monitorización con el fin de comparar el comportamiento de la tapia con y sin la incorporación del sistema de aislamiento por el exterior. Para ello, en la parte de la tapia que incorporaba el sistema aislamiento se colocaron 4 termopares: uno embebido en el revoco de tierra, el otro entre la tapia y el aislamiento térmico, otro en el centro de la sección de la tapia y un cuarto en la superficie interior, tal y como se indica en la fig. 2 (derecha). Todos los termopares se colocaron a 2 metros de altura. Por otro lado, la zona de tapia sin aislar se instrumentalizó tal y como se ha indicado para la primera campaña de monitorización. El protocolo de medida también fue el mismo que en la campaña anterior.

4. RESULTADOS

Tal como se ha explicado en el apartado anterior, en una primera fase, previa a la colocación del aislante térmico y el revestimiento, se registró la evolución de las temperaturas a lo largo de diez meses, entre julio de 2013 y abril de 2014. En la fig. 3 se han seleccionado, para su comparación, los resultados obtenidos durante un período de 12 días correspondiente a condiciones climatológicas estivales, en las fachadas Norte y Sur. Las temperaturas mostradas son las de la superficie exterior del muro (azul), de un punto ubicado en el centro del muro (rojo) y de la superficie interior del muro (verde). Tal como

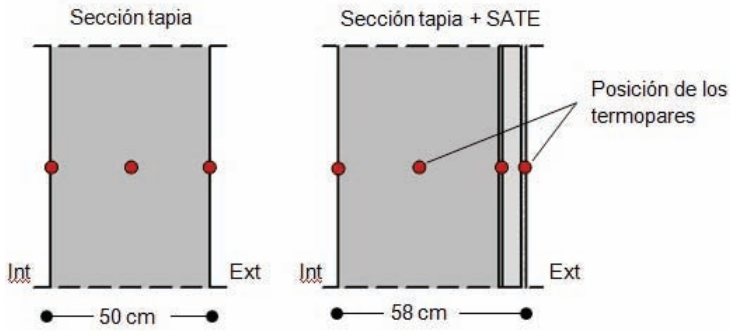


Fig. 2 Esquema posición termopares en el muro sin aislar (izquierda) y con aislamiento (derecha)

era de esperar dada la inercia de los muros de tapia, la oscilación térmica diaria representada por la temperatura de la cara exterior se ve muy amortiguada en el interior, obteniéndose para las dos fachadas, tanto en el interior del muro como en la superficie interior, oscilaciones de pequeña amplitud (del orden de 1°C o inferiores). También se observa que, a pesar de que los picos de temperatura en las superficies exteriores son significativamente más elevados en la fachada sur que en la norte, las temperaturas registradas en el interior del muro sólo difieren en, aproximadamente, 1°C.

Este comportamiento se observa más claramente en la fig. 4, correspondiente a dos semanas de condiciones de invierno. En este caso, los gráficos obtenidos para la fachada Sur permiten determinar con bastante precisión el retardo térmico proporcionado por la pared de tapia. La diferencia de tiempo entre los picos de temperatura registrados en la superficie exterior y los correspondientes máximos en el interior de la pared es de 7 horas, siendo el retardo total entre la superficie exterior e interior de 14 horas.

La incorporación del aislante térmico y del revoco de tierra con fibras vegetales representa una importante mejora térmica ya que, de acuerdo con los datos mostrados en la tabla 1, supone una disminución de la transmitancia térmica de un 78% respecto del muro original. En el protocolo utilizado en este estudio experimental, el interior del prototipo no ha sido calefaccionado ni refrigerado para mantener una cierta temperatura constante, de manera que no se ha podido cuantificar el ahorro energético conseguido con el aislamiento. Sin embargo, si se ha podido constatar su incidencia en la evolución dinámica de las temperaturas interiores frente a las variaciones térmicas exteriores. En todos los casos, tanto para fachada Norte como para fachada Sur, se ha observado un mayor suavizado de la onda térmica diaria respecto del caso sin aislamiento. Como ejemplo, en la fig. 5 se muestran las temperaturas correspondientes a las distintas posiciones de los termopares obtenidas en 6 días de octubre, en fachada norte, sin y con aislamiento.

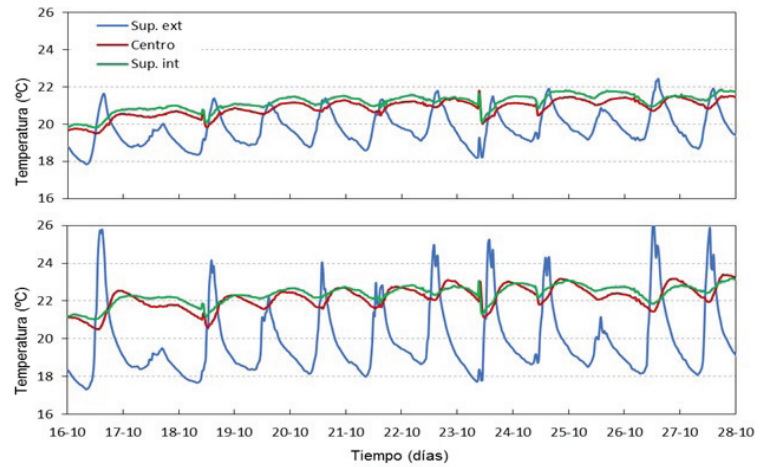


Fig. 3 Temperaturas registradas en octubre para orientación Norte (arriba) y orientación Sur (abajo)

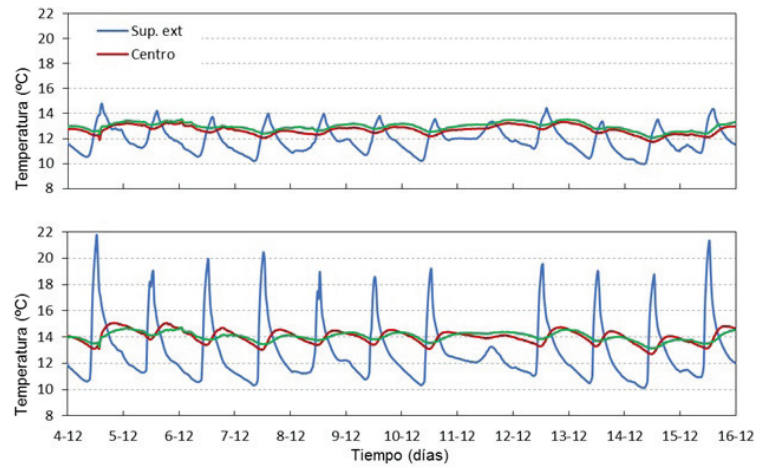


Fig. 4 Temperaturas registradas en diciembre para orientación Norte (arriba) y orientación Sur (abajo)

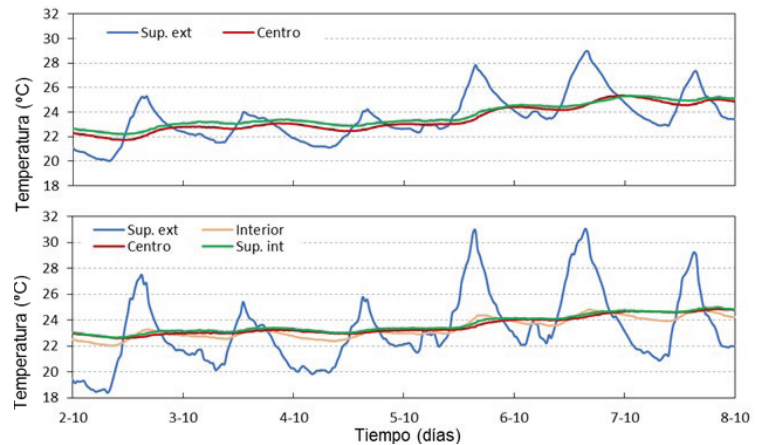


Fig. 5 Temperaturas registradas en octubre para tapia fachada Norte, sin aislar (arriba) y a aislada (abajo)

En la fig. 6 se comparan las temperaturas del interior del muro correspondientes a ambos casos. Tal como se ha comentado antes, gracias al aislamiento y el revoco de fibras se consigue un incremento de la inercia térmica, observándose una considerable reducción de las oscilaciones térmicas.

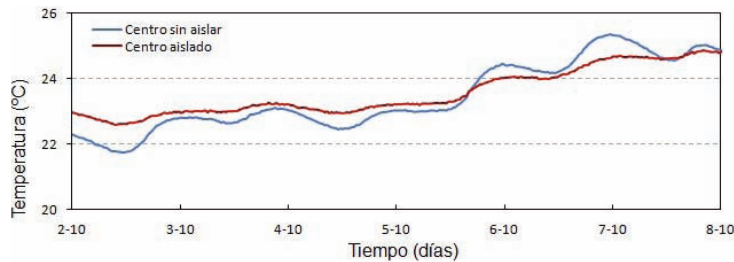


Fig. 6 Detalle de las temperaturas en el centro de la tapia Norte sin aislar (azul) y aislada (rojo)

CONCLUSIONES

Se ha analizado el comportamiento térmico de un prototipo de tapia mediante el registro de temperaturas, en diversos puntos, a lo largo del tiempo. Se ha evaluado la mejora térmica conseguida mediante la incorporación de placas de aislamiento de fibra de madera y un revoco de tierra con fibras vegetales. Los resultados obtenidos son muy positivos, ya que muestran una importante amortiguación de la onda térmica transmitida al interior (mayor inercia térmica), siendo significativamente superior en el caso del muro aislado. Estos resultados indican que el uso de aislantes térmicos naturales puede ser una buena opción en la rehabilitación energética de muros de tapia.

AGRADECIMIENTOS

El prototipo se ha realizado bajo la dirección de la empresa Casa S-Low. Las autoras quieren agradecer la colaboración de «Actis» y «Fet de terra» en el suministro de los materiales aislantes y la tierra respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbeta Solà, G. & Massó Ros, F. X. (2015a). Improved thermal capacity of rammed earth by the inclusion of natural fibres. In *Rammed Earth Construction - Proceedings of the 1st International Conference on Rammed Earth Construction, ICREC 2015* (pp. 35–40). CRC Press/Balkema.
- Barbeta Solà, G. & Massó Ros, F. X. (2015b). Thermal improvement of rammed earth buildings by the inclusion of natural cork. In *Earthen Architecture: Past, Present and Future - Proceedings of the International Conference on Vernacular Heritage, Sustainability and Earthen Architecture* (pp. 37–42). CRC Press/Balkema.
- Dong, X., Soebarto, V. & Griffith, M. (2014). Strategies for reducing heating and cooling loads of uninsulated rammed earth wall houses. *Energy and Buildings*, 77, 323–331.
- Galán-Marín, C., Rivera-Gómez, C. & Petric, J. (2010). Clay-based composite stabilized with natural polymer and fibre. *Construction and Building Materials*, 24(8), 1462–1468.

Givoni, B. (1991). Characteristics, design implications, and applicability of passive solar heating systems for buildings. *Solar Energy*, 47(6), 425–435. doi:10.1016/0038-092X(91)90110-I.

Heathcote, K. (2011). El comportamiento térmico de los edificios de tierra. *Informes de La Construcción*, 63(523), 117–126. doi:10.3989/ic.10.024.

International Energy Agency. (2012). *World Energy Outlook 2012*.

Lanas, J. & Alvarez-Galindo, J. I. (2003). Masonry repair lime-based mortars: factors affecting the mechanical behavior. *Cement and Concrete Research*, 33(11), 1867–1876.

Quagliarini, E. & Lenci, S. (2010). The influence of natural stabilizers and natural fibres on the mechanical properties of ancient Roman adobe bricks. *Journal of Cultural Heritage*, 11(3), 309–314.

Rincón, L., Serrano, S., Cabeza, L. F., González, B., Navarro, A., & Bosch, M. (2015). Experimental rammed earth prototypes in Mediterranean climate. In *Earthen Architecture: Past, Present and Future - Proceedings of the International Conference on Vernacular Heritage, Sustainability and Earthen Architecture* (pp. 311–316). CRC Press/Balkema.

Soebarto, V. (2009). Analysis of indoor performance of houses using rammed earth walls. In *IBPSA 2009 - International Building Performance Simulation Association 2009* (pp. 1530–1537).

Taylor, P., Fuller, R. J., & Luther, M. B. (2008). Energy use and thermal comfort in a rammed earth office building. *Energy and Buildings*, 40(5), 793–800.

Taylor, P. & Luther, M. B. (2004). Evaluating rammed earth walls: a case study. *Solar World Congress 2001*, 76(1–3), 79–84. d

Venkatarama Reddy, B. V. & Prasanna Kumar, P. (2010). Embodied energy in cement stabilised rammed earth walls. *Energy and Buildings*, 42(3), 380–385.

Walker, R. & Pavía, S. (2015). Thermal performance of a selection of insulation materials suitable for historic buildings. *Building and Environment*, 94, 155–165.

Yetgin, Ş., Çavdar, Ö. & Çavdar, A. (2008). The effects of the fiber contents on the mechanic properties of the adobes. *Construction and Building Materials*, 22(3), 222–227.

HYGROSCOPIC NATURAL MATERIALS VERSUS MECHANICAL VENTILATION

AUTHORS

Andrea KLINGE

Eike ROSWAG

Roswag Architekten, Germany

Patrick FONTANA

Matthias RICHTER

Johannes HOPPE

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Germany

Christer SJÖSTRÖM

Svenska Aerogel AB, Sweden

SUMMARY

Multi residential buildings, developed as highly energy-efficient and airtight are nowadays often fitted with mechanical ventilation systems as a way to overcome shortcomings and even defects linked to indoor climate. The presented study investigates the potential of low-emitting, natural building materials with hygroscopic properties to contribute to a healthy and comfortable indoor environment, while reducing the need for mechanical ventilation.

A selection of natural building materials suitable for application as internal partition walls has been investigated with regards to their water vapour adsorption capacity. Special emphasis was placed on the investigation of modified earth plasters as well as wood-based materials, used as wall lining to provide increased adsorption capacities. In addition, tests on materials emissions (formaldehyde, VOCs, SVOCs and radon) as well as adsorption tests of airborne pollutants have been conducted in specially-designed test chambers. All tests were performed at either the material or the component level.

Overall results to date suggest that natural materials contribute to an improved indoor environment quality through an increased moisture-buffering capacity, low emissions and the potential to adsorb airborne pollutants, therefore reducing the need for mechanical ventilation.

INTRODUCTION

Occupants' health, wellbeing and also productivity rely on the indoor air quality of built environments. Renovated and new low-energy buildings, developed to be highly airtight, are demonstrating unforeseen shortcomings with regards to increased relative humidity levels and a higher concentration of air pollutants. Reduced air exchange rates are likely to cause damp and condensation resulting in mould growth, and, in the worst cases, lead to health problems such as the outbreak of allergic reactions.

To overcome these difficulties, dwellings nowadays are fitted with mechanical ventilation systems despite associated constraints dealing with space requirements, additional costs, system maintenance needs as well as with compromised occupant comfort and control. The main criteria for ventilation assessment are the following:

- Control of indoor air humidity;
- Absence of harmful substances;

- Provision of fresh air.

It is assumed that through the implementation of appropriate materials, requirements for all points listed above may be fulfilled.

The EU funded project H-House aims to develop eco-innovative partition walls for both renovation and new construction projects, providing affordable solutions for a wide array of applications. In this study natural building materials have been compared to conventional materials to so as to identify their potential to improve indoor environment quality, while limiting the use of technology.

Special emphasis was placed on the improvement of earthen plasters through the use of aerogels with regards to their moisture-buffering capacity as well as the adsorption of airborne pollutants. Regarding moisture adsorption, velocity and overall moisture uptake were investigated in detail. Comprehensive experiments at the material but also at the component levels were undertaken to provide a data-

base for the numerical prediction of appropriate material combinations reacting to different scenarios. Factors such as the available surface area, occupation density, air volume but also the construction of the building envelope might differ significantly from one project to another.

Accompanying experiments on the emissions of materials as well as their potential adsorption of airborne pollutants have been conducted to identify the materials that generate the most positive effects on living environments.

1. MATERIALS AND TEST METHODS

1.1. MATERIAL SELECTION

The selection of materials was based on an in-depth market analysis focused on natural building materials characterised through hygroscopic properties. The following additional aspects, while not presented in this contribution, are equally important in the design of innovative partition walls and have been taken into consideration:

- prevention from overheating in summer, insulation in winter
- low embodied energy
- advanced acoustic properties
- durability, cost efficiency

For benchmarking purposes, conventional construction materials were also included. In total a selection of approximately 100 materials were studied, grouped according to function (table 1).

Table 1 Overview of investigated materials

Function	Material	Thickness [mm]
Finishing materials	Earthen colour, marble powder paint, brush applied earth plaster, dispersion paints	0.5 - 2
Render	Aerogel modified earth plaster, earth plaster, lime plaster	3 - 15
Reinforcement	Flax fibre reinforcement, glass fibre reinforcement, system compatible reinforcement	0.5
Adhesive	Earth adhesive, system compatible adhesives	2
Wall lining boards	Earth dry & cellulose boards, wood fibre and wood fibre sandwich boards, plywood, gypsum plaster & fibre boards, Oriented Structural Straw boards	12.5 - 31
Insulation	Wood fibre insulation boards & mats, flax insulation, hemp insulation boards, sheep's wool, straw, recycled clothes, mineral & glass wool	40 - 80
Internal insulation (external walls)	Wood fibre and wood fibre sandwich boards, calcium silicate and mineral boards	20 - 100
Load-bearing walls	Cross-laminated timber	100
Non-load-bearing, solid wall elements (boards or blocks)	Earth blocks, wood fibre insulation blocks with cellulose honeycomb core, wood or gypsum fibre sandwich boards with flax core, compressed straw board, autoclaved aerated concrete	60 - 120

1.2. WATER VAPOUR ADSORPTION TEST

The voluntary test procedure is determined in DIN 18947 (2013) to identify the capacity of earth plasters to adsorb moisture from the

air via the specimen's surface area within set time intervals. The test requires to pre-condition three material samples (50 cm x 20 cm x 1.5 cm) in a climate chamber at a temperature of $(23 \pm 1) ^\circ\text{C}$ and $(50 \pm 5)\%$ RH until constant weight is achieved. The relative humidity level will then be increased up to 80 % and the weight of the samples will be measured at specific time intervals (0.5h, 1h, 3h, 6h and 12h). Based on the results, the water vapour adsorption class of plasters (only) can be classified (table 2). The adsorption process is normally conducted for 12h, however due to an increased material thickness of insulation materials but also for wall build-ups the procedure was extended to 72h and 336h.

Table 2 Definition of water vapour adsorption classes for earth plasters according to DIN 18947 (2013)

Water vapour adsorption class	Water vapour adsorption (g/m^2)				
	0.5 h	1 h	3 h	6 h	12 h
WS I	≥ 3.5	≥ 7.0	≥ 13.5	≥ 20.0	≥ 35.0
WS II	≥ 5.0	≥ 10.0	≥ 20.0	≥ 30.0	≥ 47.5
WS III	≥ 6.5	≥ 13.0	≥ 26.5	≥ 40.0	≥ 60.0

1.3. EMISSION TEST

Selected materials were screened for potential emissions prior to the standard tests to estimate the compounds to be expected. Final emission tests ((S)VOCs, radon) for more than 30 materials were carried out in specially designed test chambers over 28 days (Richter et al., 2015). They were conducted following the requirements of prEN 16516 (2015) and evaluated according to the German AgBB, in the absence of harmonised evaluation procedures. Formaldehyde and VOC-analyses were carried out according to ISO 16000-3 and -6 (2011) and radon measurements in accordance with a procedure developed by Richter et al. (2013).

1.4. ADSORPTION OF INDOOR AIR POLLUTANTS

For adsorption tests according to ISO 160000-24 (2009) the chamber supply air was spiked with 1-pentanol, hexanal, butyl acetate, n-decane and α -pinene representing important indoor air contaminants in specified concentrations, being higher than usually measured in indoor air to ensure a distinct determination of the reduction of the test chamber air concentration caused by the material. The air-purifying performance of the material was determined by monitoring the difference of the inlet and outlet concentration of the test chamber. Tests were carried out for more than 10 materials.

2. RESULTS AND DISCUSSION

2.1. WATER VAPOUR ADSORPTION TESTS

Experimental results shown in figure 1-2 demonstrate that earth plasters are characterised through an outstanding water vapour adsorption capacity, which is up to 3 times higher in comparison to gypsum plasterboards, as evidenced also in (Minke, 2012; Eckerman & Ziegert, 2006). Also wood fibre boards demonstrate exceptional moisture buffering potential due to their high porosity and respectively high surface area. Gypsum fibre boards range between earth plasters and gypsum plaster boards and deliver good performance in situations where budget and construction time are key factors.

Water Vapour Adsorption - Wall Lining Boards

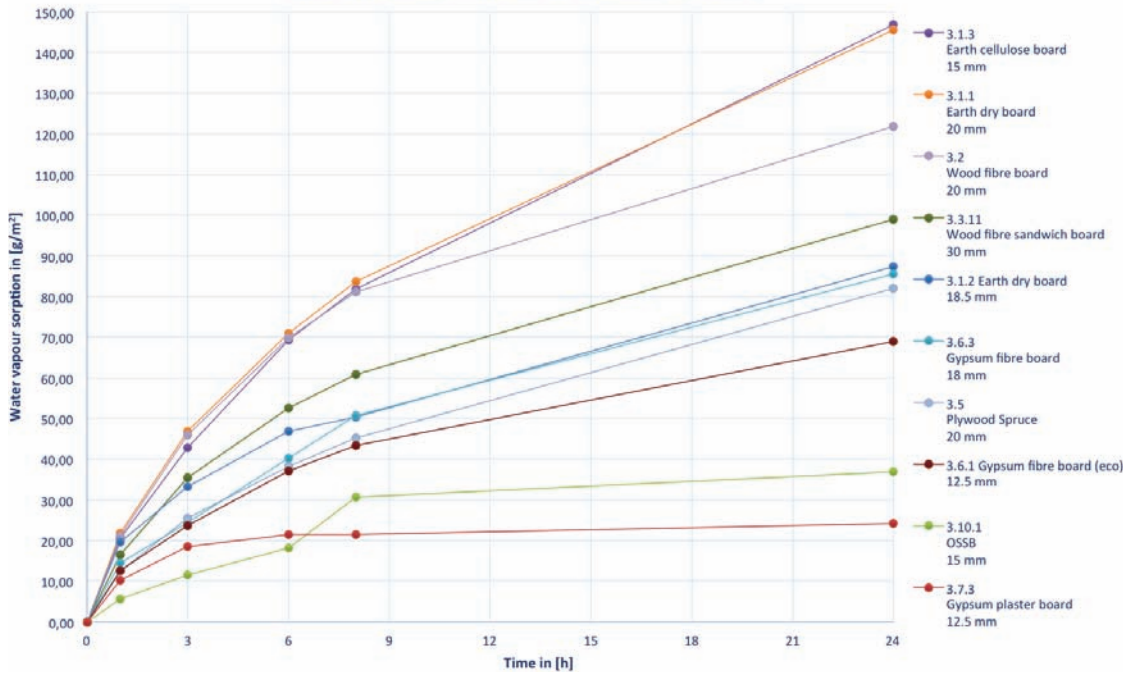


Fig. 1 Water vapour adsorption test results (12h) for modified and pure earth plasters

Water Vapour Adsorption Tests of Modified and Pure Earth Plasters

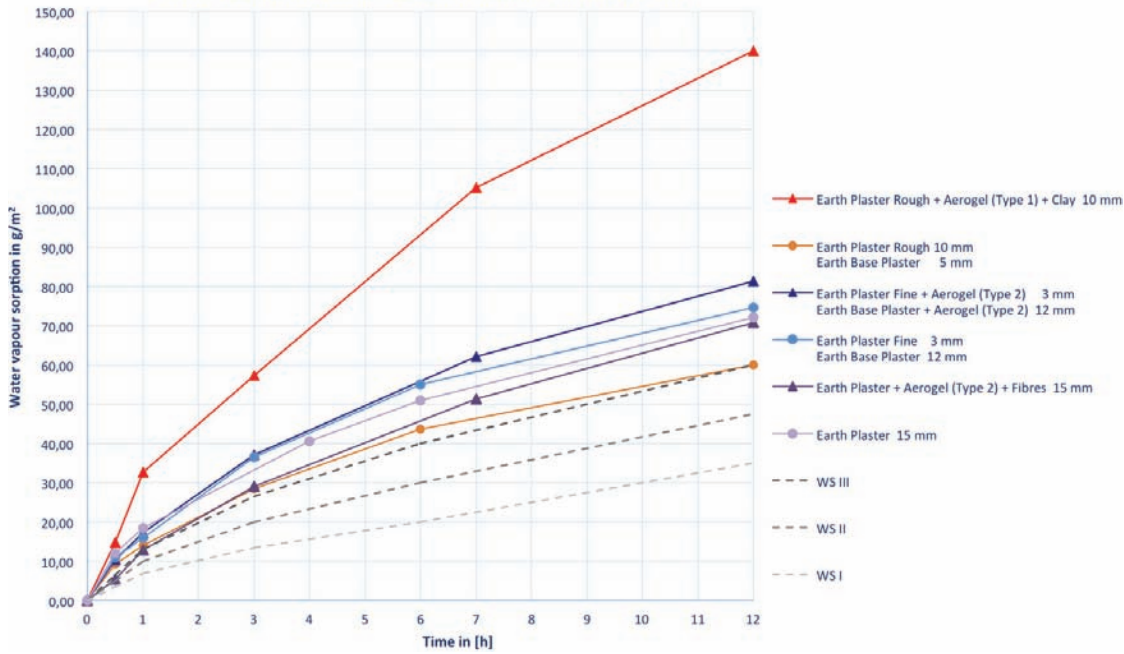


Fig. 2 Water vapour adsorption test results (24h) for wall lining boards

Wall Build-Ups - Partion Walls Inside a Flat

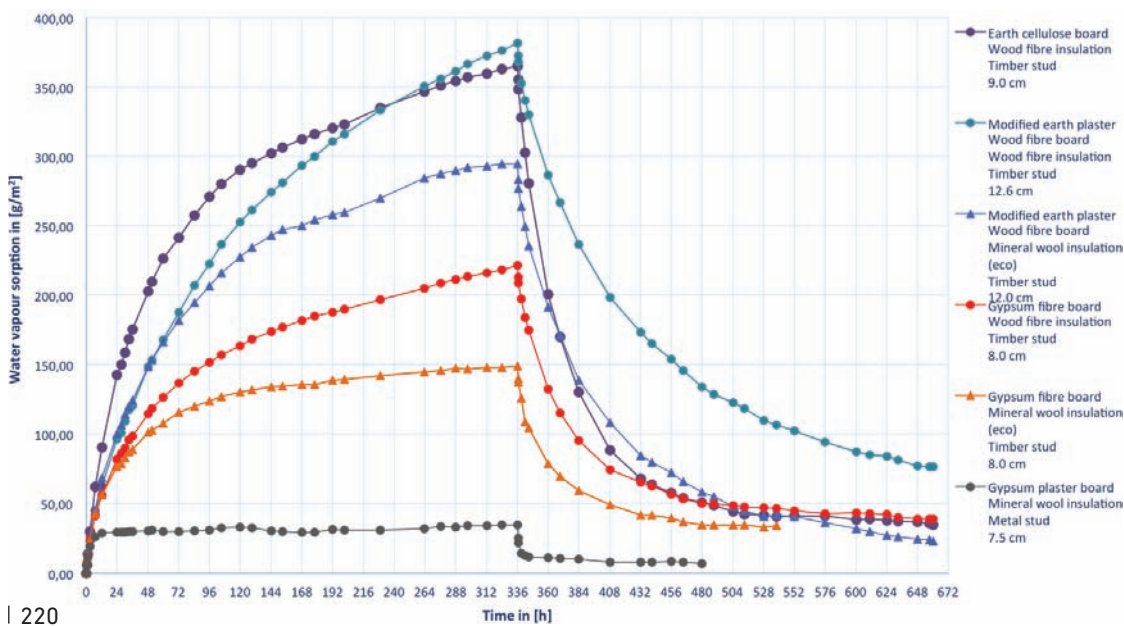


Fig. 3 Water vapour adsorption test results (336h) for wall build-ups

Additional tests were performed on other single-layered materials, but also at the component level, investigating the potential of entire wall build-ups not only concerning immediate moisture uptake but also the potential to provide a comfortable and healthy environment through seasonal changes. An overview of the most relevant results is presented in figure 1-3. Materials were tested in the most common thickness used for standard partition wall applications and although they differ, a direct comparison of specimens seems useful to identify the most viable materials and combinations.

Figure 1 shows the potential of aerogels to increase the moisture adsorption of earthen plasters. While the addition of aerogel type 2 increased the moisture adsorption only insignificantly, the specimen modified with aerogel type 1 demonstrated a significant increase of moisture adsorption (> 130%) after 12 h in comparison to pure earth plasters and lime plaster. In addition the adsorption speed of pure plaster was increased by almost 100%. Both aerogels mainly differ with regards to pore sizes but also pore size distribution, with type 1 providing a larger variety in comparison to aerogel type 2.

The comparison of wall lining boards in figure 2 shows the remarkably high moisture adsorption capacity of earthen dry and cellulose boards as well as wood fibre boards in comparison to standard gypsum plaster and gypsum fibre boards. Although this study is not exhaustive, it was observed that congeneric materials achieved very different results, which becomes obvious comparing the results of specimens 3.1.1 and 3.1.2 (fig. 2). Similar tendencies, but even more distinct were observed in wood fibre and calcium silicate boards.

Material investigations at the component level demonstrate the superior performance of natural building materials in comparison to conventional wall build-ups. Figure 3 demonstrates the impact of wood fibre insulation in comparison to mineral wool, which ranges between 35 g/m² after 6 days and 70 – 80 g/m² after 14 days. The exact benefit on indoor air quality with regards to seasonal changes has to be determined, however it can be assumed that buildings fitted out with such walls will benefit from evaporative cooling processes during hot summer months.

2.2. EMISSION TESTS

For all tested materials (natural and conventional building materials) and material combinations, low to very low indoor formaldehyde, VOC and SVOC concentrations were determined. Only one multi-layer sample did not meet the requirements of the used AgBB evaluation scheme. Although only natural and bio-based building materials were used, the sum of the VOCs that could not significantly be identified was too high (so-called non-assessable compounds). It was not feasible to assign those emissions to certain building materials. However, the AgBB criteria were developed for individual building materials, for the analysis of wall systems a different set of criteria would be more appropriate. Results are therefore for information purposes only. In particular, it has to be mentioned that the radon exhalation from earthen materials was low, first of all in earth plasters. It can be established that all other tested natural building materials were uncritical with respect to their emission properties and can be installed in buildings in almost any combination without concern.

2.3. ADSORPTION OF AIRBORNE POLLUTANTS

Adsorption tests revealed that earth plasters have a good adsorption capacity, which was significantly increased by the addition of aerogel type 1 but also type 2. In general, the polar compounds 1-pentanol, hexanal and butyl acetate showed the strongest affinity with all the materials, as non-polar compounds hardly attached.

CONCLUSION AND OUTLOOK

Results presented in this study suggest that low-emitting, natural building materials with enhanced hygroscopic properties such as earth plasters modified through the addition of aerogels, wood fibre and straw boards in combination with natural ventilation offer interesting alternatives to mechanical ventilation. Through the implementation of materials able to adsorb airborne pollutants, indoor air quality can be further enhanced. Hygrothermal simulations have started to translate current findings into models for the evaluation of indoor environmental quality in residential buildings. The impact of air-purifying materials should be further investigated. Experimental data will be used for hygrothermal simulations to predict suitability of materials for specific applications and damage-free constructions.

ACKNOWLEDGEMENT

This research study was made possible with the support of the European Union's 7th Framework Programme for research, technological development and demonstration under grant agreement no. 608893 (H-House, www.h-houseproject.eu).

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- AgBB (2015). Health-related evaluation procedure for volatile organic compounds emissions (VOC, SVOC) from building products.
- DIN 18947 (2013). Earth Plasters – Terms and definitions, requirements, test methods, August 2013.
- Eckerman W., Ziegert C. (2006). *Impact of earthen construction materials on indoor air humidity*. (October 2006).
- ISO 16000-part 3 (2011). Indoor air – Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in indoor air and test chamber air – active sampling method.
- ISO 16000-part 6 (2011). Indoor air – Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA[®] sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID.
- ISO 16000-part 24 (2009). Indoor air - Performance test for evaluating the reduction of volatile organic compound (except formaldehyde) concentrations by sorptive building materials.
- Minke, G. (2012). *Handbook earth construction*. 8th edition. Staufen bei Freiburg: ökobuch press.
- prEN 16516 (2015). Construction products – Assessment of release of dangerous substances – Determination of emissions into indoor air.
- Richter et al. (2013) *Determination of radon exhalation from construction materials using VOC emission test chambers*. *Indoor Air*, 23:397-405.
- Richter et al. (2015) *Indoor air emission tests of natural materials*. Proc. 1st ICBBM - International conference on bio-based building materials, 22-24 June 2015, Clermont-Ferrand, France, pp. 641-643.

A MODEL OF THE HYGROTHERMAL BEHAVIOR OF RAMMED EARTH

AUTHORS

Lucile SOUDANI

LGCB-LTDS, UMR 5513 CNRS, ENTPE, Université de Lyon, France
LOCIE, CNRS-UMR 5271, Université Savoie Mont Blanc, Campus Scientifique, Savoie Technolac, France

Antonin FABBRI

LGCB-LTDS, UMR 5513 CNRS, ENTPE, Université de Lyon, France

Monika WOLOSZYN

Anne-Cécile GRILLET

LOCIE, CNRS-UMR 5271, Université Savoie Mont Blanc, Campus Scientifique, Savoie Technolac, France

Jean-Claude MOREL

School of Energy, Construction and Environment, Faculty of Engineering, Environment & Computing, Coventry University, UK

SUMMARY

One of the assets used to promote earthen constructions is their role in moisture buffering hence a quality control of the temperature and relative humidity. However, there is no clear consensus yet to evaluate impacts of these processes on the global energy performance of the buildings. As a first step of this evaluation, a coupled model is proposed in this paper. It considers separately the kinematics of each phase (e.g. liquid water, vapor, dry air and solid matrix), in interaction with each other. It also takes into account the impact of pore water confinement on the liquid-to-vapor phase change, in particular on the resulting latent heat released or absorbed. Heat and mass balances provide global equations, reflecting interaction between all involved phenomena, but many assumptions are necessary to derive properly those equations. After a comparison between the model predictions and experimental data, the aim of this paper is to test the impact of different assumptions by numerical modeling with COMSOL Multiphysics®. The building sector plays a key role in greenhouse energy consumption. Actually, most building materials, either for insulation or for wall manufacturing, are major energy consumers during both their production and implementation (embodied energy); and their recycling is not always operational (Harris, 1999). Consequently, the development of the earth based buildings appears to be a sustainable alternative to conventional constructions (Sameh, 2013). In addition, one of the main assets of earthen materials is their role in moisture buffering and temperature controlling, which can be related to phase change processes occurring within the pores (Liuzzi et al., 2013). To integrate all those processes into a complete model, some authors (Gray, 1983; Whitaker, 1977) start from a microscopic scale and reach the macroscopic scale by averaging on a representative volume, allowing a better appraisal of the assumptions required. Others (Künzel, 1995; Luikov, 1975; Philip, 1957) have adopted a phenomenological approach enabling them to deal with physical problems right from the macroscopic scale. This latter even gave rise to commercially developed software (Fraunhofer, 2013; Grünwald, 1997) which can provide reliable results on a wide range of materials and climatic loads. However, these models, which are based on simplified transport and storage functions, may exhibit some difficulties to reproduce with accuracy the hygrothermal behavior of unconventional materials like earth when they are submitted to important hygrometry and temperature variations.

The aim of this paper is to quantify the influence of particular assumptions made while deriving the governing equations, in order to examine their degree of relevance in their application to the study of the hygrothermal behavior of earthen materials.

1. HYGROTHERMAL MODEL SET-UP

The model developed in this study considers separately the kinematics of each phase (e.g. liquid water, vapor, dry air and solid matrix), in interaction with each other. It also takes into account the impact of pore water confinement on the liquid-to-vapor phase change, and on the resulting latent heat released or absorbed. It leads to the following final set of equations, based on the liquid water and vapor mass conservations and on the heat balance of the system, where the

unknowns are the relative humidity within the porous network of the material, noted HR, and its absolute temperature, noted T (the derivation of the model can be found in (Soudani et al., 2016):

$$\rho_w D \dot{h} + \varphi M_w P_{vs} R T \partial H R \partial t + A d T \dot{t} = \text{div } K_1 \text{ grad } T + K_2 \text{ grad}(H R) \quad (\text{eq. 1})$$

$$\rho C - L \rho_w d T \dot{t} - L \rho_w D \dot{h} \partial H R \partial t = \text{div } \lambda \text{ grad } T - L \text{ div } L_1 \text{ grad } T + L_2 \text{ grad}(H R) \quad (\text{eq. 2})$$

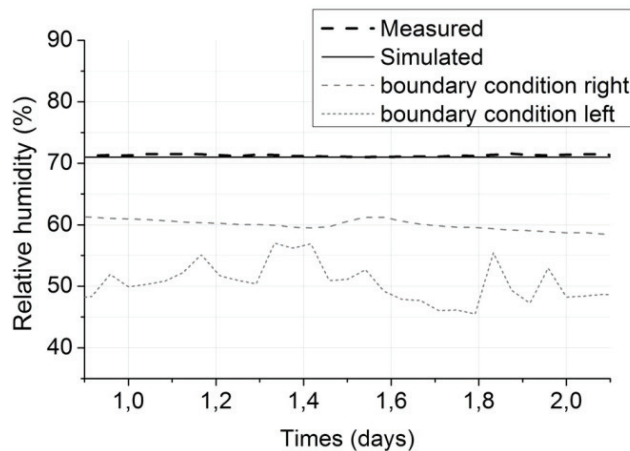
where

$$A = HR \varphi P_{vs} M_w R T \frac{1}{P_{vs} d P_{vs} d T} - 1 T$$

$$K1 = HR \ln H R T D h + \delta p H R d P_{vs} d T ; K2 = D h + \delta p P_{vs}$$

$$L1 = -HR \ln H R T D h ; L2 = -D h$$

with P_{vs} the saturated vapor pressure which is a function of temperature, φ the volume of the pores filled by the wet air per unit of total volume, L is the latent heat of evaporation (which is a function of temperature and hygrometry), M_w the molar mass of water and R the perfect gas constant. In addition to these well-known and tabulated physical parameters, the resolution of this system of equations involves six material parameters that must be experimentally determined. The terms $\partial\omega/\partial HR$ and $\partial\omega/\partial T$, whose correspond to the variation of water content with equilibrium relative humidity at constant temperature and variation of water content with temperature at constant hygrometry can be estimated from sorption isotherms at several temperatures. Let us however note that the variation of $\partial\omega/\partial HR$ with temperature and $\partial\omega/\partial T$ can be most of the time neglected. In that case, only one sorption isotherm test remains necessary. Dh and δp are the hydraulic transport characteristic as defined by (Künzel, 1995). The two last parameters, which are the thermal conductivity λ and the heat capacity ρC can be measured by several routine tests, such as hot wire, hot plate and kept warm box. These macroscopic parameters must be determined for each material since they depends on its microstructure and mineralogy (porosity, type of clay and aggregates, etc...), but in a non-trivial way. In addition, the knowledge of these sole parameters is not sufficient. Indeed, in order to set the boundary conditions of the system, the solar absorption, the convective heat transfer and the water vapor transfer coefficients at the internal and external surfaces of the wall have to be known. The solar absorption coefficient can be easily measured with a spectrometer. However, the exact determination of vapor and heat transfer coefficients can be particularly impacting since they strongly depend on the wind direction and velocity. One simple option should be to consider them as equal to their average conventional values of $8W.m^{-2}.K^{-1}$ for the heat transfer at the internal surface, of $15W.m^{-2}.K^{-1}$ for the heat transfer at the external surface and of $25.10^{-9} kg.m^{-2}.s^{-1}.Pa^{-1}$ for the vapor transfer coefficient (Künzel, 1995).



2. RESULTS AND DISCUSSIONS

The model predictions are compared to experimental data for a rammed earth wall of dimensions $1 \times 1.5 \times 0.3 [m^3]$ instrumented with temperature/relative humidity sensors (Campbell CS215, sensor accuracy of $\pm 1.5\%$), positioned at the central horizontal plane at mid-height (0.5 m high). This wall is placed in a double climatic chamber which allows an independent control of temperature and humidity on each side of the wall. A more precise description of the experimental protocol is given in (Chabriac et al., 2014). This comparison, presented in fig. 1, gives some confidence on the ability of the model to simulate accurately the hygrothermal behavior of rammed earth walls. The calculated values at the middle of the wall are represented by the plain lines while the measured ones by the dotted lines (black dotted line for middle of the wall and grey dotted lined for the temperature and relative humidity within the climatic chambers).

However, this fully coupled model is quite complicated, and, to make things easier, some simplifying assumptions are commonly made. In this paper, two main assumptions are investigated. The first one, called "hyp 1", considers that the effect of temperature on liquid water transport can be neglected at constant hygrometry. Mathematically, it can be traduced by the condition:

$$\text{div } K1 \text{ grad } T + K2 \text{ grad } (HR) + \text{div } \delta p H R d P_{vs} d T \text{ grad } T + K2 \text{ grad } (HR) \quad (\text{eq. 3})$$

The second one, called "hyp 2" considers that the contribution of the gaseous phase to moisture and heat storage can be disregarded.

$$\varphi M_w P_{vs} R T \partial H R \partial t + A d T d t = 0 \quad (\text{eq. 4})$$

$$L \text{ div } L1 \text{ grad } T + L2 \text{ grad } (HR) - L \rho d w d H R \partial H R \partial t = L \text{ div } \delta p \text{ grad } (HR P_{vs}) \quad (\text{eq. 5})$$

The use of these two assumptions (hyp 1+2) leads to the set of equations initially proposed by (Künzel, 1995) (using the notations of the previous eqs):

$$\rho d w d H R \partial H R \partial t = \text{div } \delta p H R d P_{vs} d T \text{ grad } T + K2 \text{ grad } (HR) \quad (\text{eq. 6})$$

$$\rho C d T d t = \text{div } \lambda \text{ grad } T - L \text{ div } \delta p \text{ grad } (HR P_{vs}) \quad (\text{eq. 7})$$

To underline the effect of the several assumptions, the experimental test presented in Fig. 1 is not sufficient. For that purpose, we need to simulate other and more complicated loads which are much more

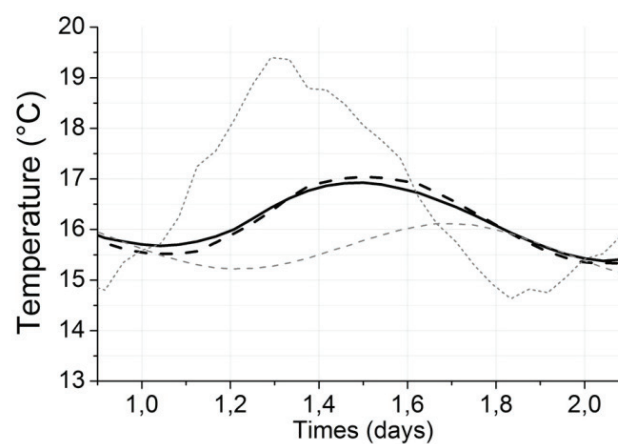


Fig. 1 Comparison between experimental data and simulated results

difficult to be experimentally produced. Daily relative humidity sinusoidal cycles between 70% and 50% at a constant temperature of 30°C within the insulated box are then considered.

The impact of the simplifying assumptions on the numerical results for this particular test configuration and using the material parameter of the rammed earth described in (Soudani et al., 2016), is shown in fig. 2 Regarding temperature distributions, hygrothermal effects almost vanish when either “hyp 1” or “hyp 2” are considered.

Actually, under this kind of solicitation, the variations in relative humidity induce a significant increase of mass of water vapor within the porous network; and this variation becomes no more negligible when compared to the flow of water vapor through the porous network. In addition, the liquid water within the porous network of earthen material remains connected even in the hygroscopic domain. The assumption on the liquid water transport can thus have a quite significant impact on the results. These behaviors may be caused by earth particularities, whose porosity and liquid permeability are quite important towards its effective diffusion coefficient. In consequence, the results of this study should not be then generalized for all construction materials.

CONCLUSION

A coupled model, capable of simulating the heat and mass transport, taking into consideration effects due to phase change of water inside the earthen walls, is developed. The main advantage of this model is to consider separately the kinematics of each phase (e.g. liquid water, vapor, dry air and solid matrix), in interaction with each other. It also accounts for the impact of pore water pressure on the liquid-to-vapor phase change, and hence on the resulting latent heat released or absorbed.

The model is used to assess the accuracy and impacts of a simplifying assumption made by the hygrothermal models for buildings materials. It follows that, due to the singularities of the materials considered (from very low water content to near saturation, high porosity, large variation of water content during its life-time, ...), the variation of vapor mass and the effect of temperature on the liquid water transport shouldn't be neglected when strong variations of relative humidity take place at the external surfaces of the material.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Chabriac, P.-A., Fabbri, A., Morel, J.-C., Laurent, J.-P. and Blanc-Gonnet, J. (2014). A Procedure to Measure the in-Situ Hygrothermal Behavior of Earth Walls. In: *Materials 7*: 3002–20.
- Fraunhofer. (2013). IBP / WUFI. Accessed February 8. <http://www.wufi.de/>.
- Gray, W.G. (1983). General Conservation Equations for Multi-Phase Systems. In *Advances in Water Resources 6*: 130–40.
- Grünewald, J. (1997). *Diffusiver Und Konvektiver Stoff-Und Energietransport in Kapillarporösen Baustoffen*. Technische Universität Dresden, Germany.
- Harris, D.J. (1999). A Quantitative Approach to the Assessment of the Environmental Impact of Building Materials. In: *Building and Environment 34*: 751–58.
- Künzel, H.M. (1995). *Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components One - and Two-Dimensional Calculation Using Simple Parameters - Report on PhD Thesis*, Fraunhofer Institute of Building Physics. Vol. 1995.
- Liuzzi, S., Hall M.R., Stefanizzi P. and Casey, S.P. (2013). Hygrothermal Behaviour and Relative Humidity Buffering of Unfired and Hydrated Lime-Stabilised Clay Composites in a Mediterranean Climate. In: *Building and Environment 61*: 82–92.
- Luikov, A.V. (1975). Systems of Differential Equations of Heat and Mass Transfer in Capillary-Porous Bodies. In: *International Journal of Heat and Mass Transfer 18* (Pergamon Press): 1–14.
- Philip, J.R. (1957). Evaporation, and Moisture and Heat Fields in the Soil.
- Sameh, S.H. (2013). Promoting Earth Architecture as a Sustainable Construction Technique in Egypt. In: *Journal of Cleaner Production 65*: 362–73.
- Soudani, L., Fabbri, A., Morel J.C., Woloszyn, M., Chabriac, P.A. and Grillet, A.C. (2016). Assessment of the Validity of Some Common Assumptions in Hygrothermal Modeling of Earth Based Materials. In: *Energy and Buildings*, no. 116: 498–511.
- Whitaker, S. (1977). *Simultaneous Heat, Mass, and Momentum Transfer in Porous Media: A Theory of Drying*. Vol. 13.

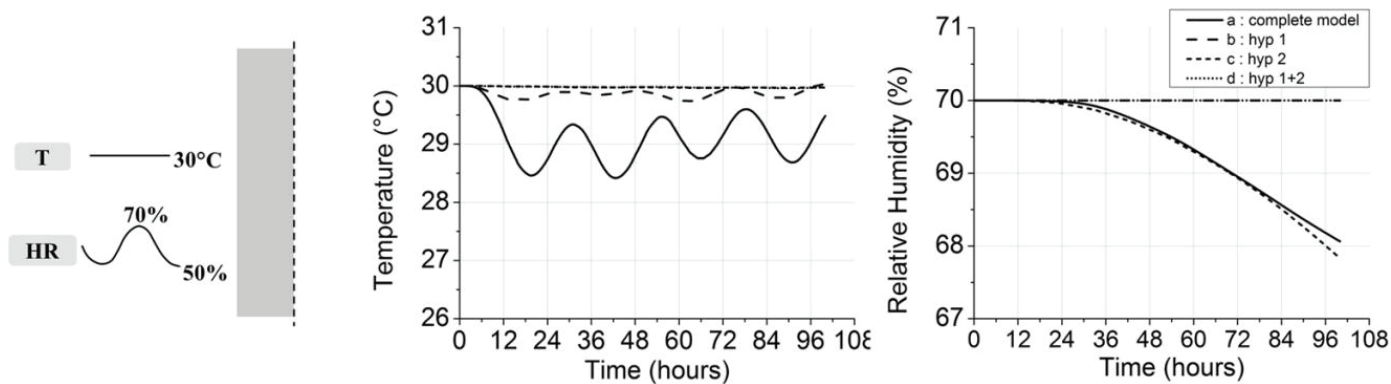


Fig. 2 Influence of the assumptions on the hygrothermal calculations

A PRELIMINARY PROPOSAL FOR A PROCEDURE TO DESIGN A ROPE MESH REINFORCEMENT SYSTEM FOR ADOBE BUILDINGS LOCATED IN SEISMIC AREAS

AUTHORS

Marcial BLONDET
Julio VARGAS-NEWMANN
Nicola TARQUE
Jonathan SOTO
Carlos SOSA

Department of Engineering, Pontificia
Universidad Católica del Perú

SUMMARY

This article presents a preliminary procedure to design a reinforcement system for earthen buildings consisting of a mesh made with nylon ropes that completely envelops all building walls. The efficacy of this reinforcement has already been evaluated through shaking table testing of a full-scale adobe housing model. Test results have shown that the rope mesh prevents structural collapse and overturning of adobe wall pieces, thus maintaining the integrity of the adobe structure and providing adequate safety to its occupants in the event of a seism.

INTRODUCTION

Earthquakes cause extensive damage to earthen dwellings and historical monuments worldwide. Damaged earthen houses usually require rebuilding. Monuments, however, are unique cultural heritage and must be repaired and strengthened so as to ensure their stability during future earthquakes (Blondet *et al.*, 2013).

A research team the authors of this articles are part of focused on the study of a retrofitting procedure for adobe walls, devised according to minimum intervention, compatible reinforcement and reversible solution conservation principles (ICOMOS, 1964). First, a repair procedure involving the injection of liquid mud on seismic cracks was investigated on an adobe module (Blondet *et al.*, 2007). The aim was to recover as much as possible the strength and stiffness of the original structure. Although static tests were successful, a full-scale shaking table test performed on the repaired adobe model was not successful (Groenenberg, 2010). A second full-scale adobe model, identical to the one tested previously, was then built and tested at the shaking table to induce seismic damage, and later its walls were

repaired via mud grout injection and then reinforced with an external mesh made with nylon ropes covering all the walls. The retrofitted model was tested again on the shaking table. Its seismic performance was satisfactory because the provided reinforcement prevented partial collapse and preserved the structural integrity of the model (Blondet *et al.*, 2013).

This paper summarizes the experimental results obtained in an experimental project and describes some guidelines for calculating the quantity and placement of seismic reinforcement (nylon ropes).

1. MODEL CONSTRUCTION

A full scale adobe house model (fig. 1) was built at the Structures Laboratory to be tested on the shaking table. It was similar to the model repaired only with mud injection, which did not deliver a satisfactory dynamic response during a previous project. The adobe



Fig. 1 Adobe model ready to be tested in seismic simulation

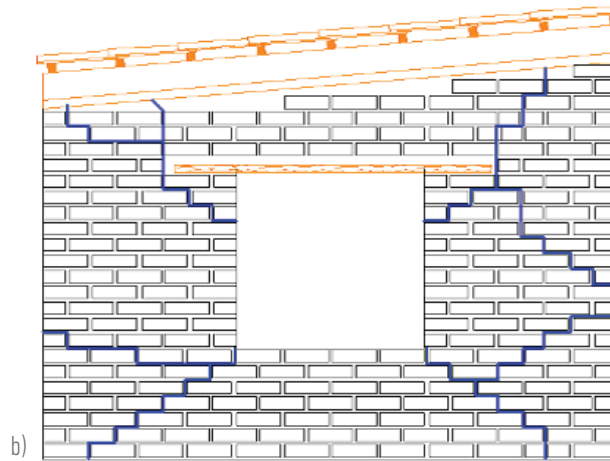


Fig. 2 Lateral right wall, a) real damage pattern, b) cracking scheme

masonry house consisted of four walls (3,00 m long and 0,25 m wide, with different heights). The roof was made of a wooden framework covered with light tiles. The lintels were made with cane rods tied up with wire. These lintels were light and flexible to avoid pounding on the adobe walls during earthquakes. The model was built on a reinforced concrete square ring, which was used for transportation and to attach the model to the shaking table (Blondet *et al.*, 2013).

2. DYNAMIC TESTS

2.1. DYNAMIC TEST TO INDUCE SEISMIC DAMAGE

First, the original undamaged model was subjected to a sequence of three seismic phases on the shaking table to induce wall cracking (seismic damage). The shaking table displacement command signal used was derived from the longitudinal component registered on the earthquake of May 31, 1970 in Lima, scaled to a different maximum peak command displacement. Fig. 2 shows the large diagonal shear cracks on one lateral adobe wall, starting in the corners of the window and propagating outwards.

2.2. DYNAMIC TESTING OF RETROFITTED MODEL

Repair with mud-based grout injection required that the cracks be opened to allow for full penetration of the grout, which may be in conflict with the conservation principle of minimum intervention. All cracks wider than 1 mm were opened to about 8 mm using a drill

and an electric knife. Then, all the cracks were sealed with a layer of silicon on both wall sides, leaving small openings separated by approximately 100 mm. Then, liquid mud-based grout was injected on the openings and the model was left to rest for two months to allow for an adequate drying of the sealed cracks. Later, all of the walls of the repaired model were reinforced with an external mesh made of nylon ropes (known as halyard) with a ¼-inch nominal diameter (fig. 3).

The vertical and horizontal ropes were placed at 0,25 m intervals and in two parts joined by turnbuckles (which were tensed manually). The tensile force provided by the turnbuckles was estimated at 200 N. The meshes on both faces of each wall were joined together by 1/8-inch halyard ropes (crosssties), which crossed the walls through the mortar joints on selected spots.

2.3. EVALUATION OF THE RETROFIT TECHNIQUE

The retrofitted adobe model was tested again on the shaking table following the same protocol as for the virgin, undamaged model. It was noted that the external mesh kept damaged walls together. Then, It was decided to subject the model to two additional intense shaking phases ($D_{0max} = 128$ mm; $A_{0max} = 1,53$ g), which produced a significant amount of damage: all the repaired cracks opened and new cracks appeared in all the walls (fig. 4a). If the model had been repaired only with mud injection, it would have collapsed due to this shaking. The rope mesh was able to maintain together the large wall pieces that were broken (fig. 4b).

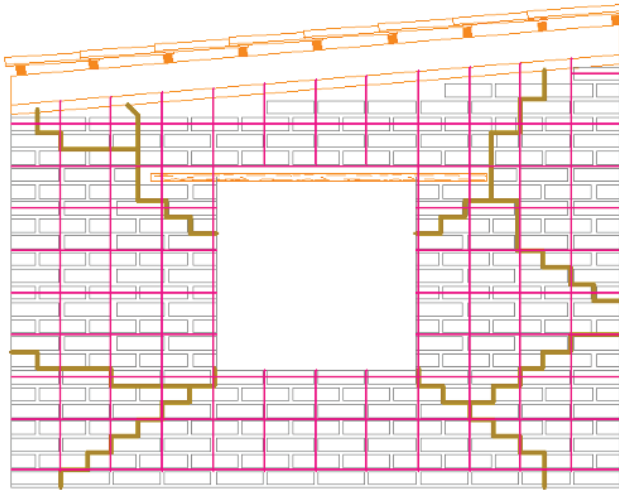


Fig. 3 Strengthening of the repaired model with halyard mesh

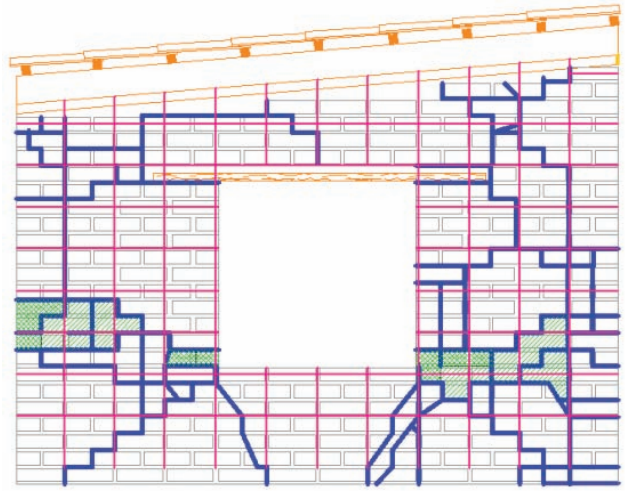


Fig. 4 Sketch of damage pattern and view of the model after all shaking phases

3. PRELIMINARY ANALYSIS PROCEDURE

The portion of the back wall (see fig. 5a) was detached from the rest of the structure during the strong shaking table tests performed with the retrofitted model. A simplified structural model is presented by considering that the main structure (block A) and the detached wall portion (block B) are rigid blocks. The nylon ropes prevented the overturning of block B. This situation can be represented by a simple dynamic model in which the two blocks are connected by a set of N horizontal elastic ropes (fig. 5b, 5c). According to fig. 5c, absolute displacements of any point P with respect to an inertial reference system are denoted by x_p . Rigid block A is fixed to the ground, with absolute displacement x_o . Rigid block B, with mass m_b and mass central moment of inertia I_G , pivots around ground point O. Relative displacement (with respect to O) of any point i located on block B at height h_i is noted as u_i . A viscous damper (not shown) with damping factor ζ_b is attached at the center of mass G. Rope i has elastic stiffness k_i and is attached to blocks A and B at a height h_i .

The resulting equation of motion, obtained through dynamic equilibrium, is:

$$M_e \ddot{u}_G + C_e \dot{u}_G + K_e u_G = -m_B \ddot{x}_O \quad (1)$$

where the equivalent coefficients for mass (M_e), stiffness (K_e) and damping (C_e) coefficients are, respectively:

$$M_e = (I_G + m_B h_G^2) / h_G^2; K_e = (\sum k_i h_i^2) / h_G^2; C_e = 2\zeta_B K_e M_e \quad (2)$$

The natural vibration period of the system is

$$T_n = 2\pi \sqrt{M_e / K_e} \quad (3)$$

Therefore, if the displacement response spectrum of the ground motion, $S_d(T, \zeta)$, is known, the peak seismic displacement of the center of mass G of block B is $S_d(T_B, \zeta_B)$, and the force in cable i is found to be:

$$F_i = \frac{h_i}{h_G} k_i S_d(T_B, \zeta_B) \quad (4)$$

The following procedure is then proposed for the design of the reinforcement mesh:

- Select a block wall that could overturn. Compute its properties: total height, mass, location of center of mass, moment of inertia with respect to pivot point.
- Define a preliminary cable configuration as an orthogonal mesh.

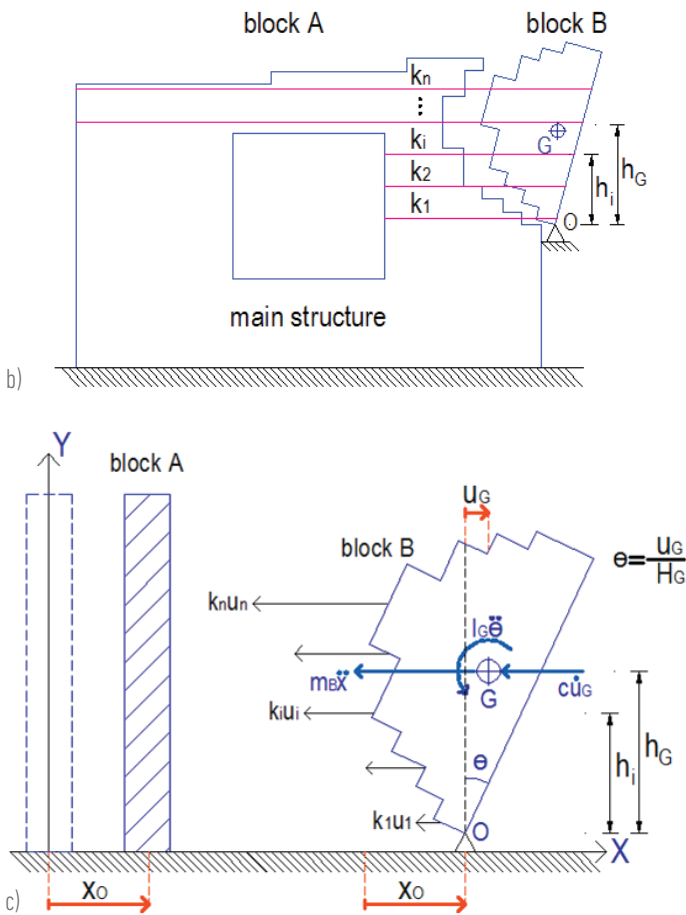


Fig. 5 Adobe block interaction: (a) Damaged full-scale model, (b) Simplified model, (c) Free body diagram of block B

- Select a rope diameter, and use the ultimate load F_u specified by the rope fabricator, along with an appropriate safety factor SF (at least equal 2).
- c) Compute the tensional stiffness $k_i = EA/L_i$ for each horizontal cable, evaluate the equivalent coefficients (M_e) and (K_e) to assess the natural vibration period (T_n) of the block. Assign a damping ratio to the structure based on experimental evidence (previous tests have shown that 9% to 12% is adequate).
 - d) Select an acceleration response spectrum for the damping ratio

and estimate the spectral acceleration corresponding to the restrained block. Evaluate the peak deformations and forces (F_{max}) on each cable according to equation (4).

- e) If the maximum force F_{max} in any cable exceeds F_u/SF , choose a new reinforcement configuration by either increasing the rope diameter or reducing the distance between ropes. Return to step c.

Fig. 6 shows the application of the procedure to three types of reinforcement: nylon string (1), biaxial geogrid black mesh (2), and orange plastic safety mesh (3). The examples (1) and (2) predict correctly that the reinforcement helped prevent overturning ($F_{max} < F_u/SF$). On the other hand, example (3) shows that the orange mesh could not prevent overturning ($F_{max} > F_u/SF$), a fact which was observed in laboratory.

4. FINITE ELEMENT ANALYSIS OF ADOBE MODEL

An elastic numerical finite element model was created in SAP2000 (CSI, 2014) using shell and frame elements (fig. 7a). During the first experimental shaking phase (direction along $Y+$, fig. 7a) no cracks were visible in the adobe house, so it was assumed that the numerical model could reproduce the behavior of the house at that stage. Modulus of elasticity of the adobe masonry, 250 MPa, was calibrated to match the experimental natural frequency of the adobe house (12,3 Hz). An 11% damping ratio was even used according to Groeneweg (2010). The comparison between experimental (fig. 7b) and numerical acceleration (fig. 7c) measured at the top of one lateral wall shows similarities at the time of peak values.

Besides, the numerical model was able to predict the major tensional zones at the adobe walls, specifically located at the window corners. The scope of the numerical model is even to find a simple way to calculate the number of nylon ropes used to avoid overturning of adobe walls; however, further progress is being carried out to understand the pounding effect of the walls.

CONCLUSIONS

The main conclusion is that the retrofit technique (combination of sealing the seismic cracks and providing an external reinforcement made of a nylon rope mesh), guarantees the stability of a damaged full scale adobe model. Furthermore, the rope mesh reinforcement has great potential to be used as seismic reinforcement for low-cost earthen dwellings. The authors are therefore confident that this protection system could be effectively used to protect earthen historical monuments located in seismic areas. Although adobe walls break into many parts during an earthquake, some principal rigid blocks could be identified. Then, a simplified analysis could be done to compute the number of nylon ropes needed to maintain the integrity of walls.

There is hope that the results presented here could contribute to protect earthen monuments and to build safer homes in seismic countries where most families dwell in earthen constructions.

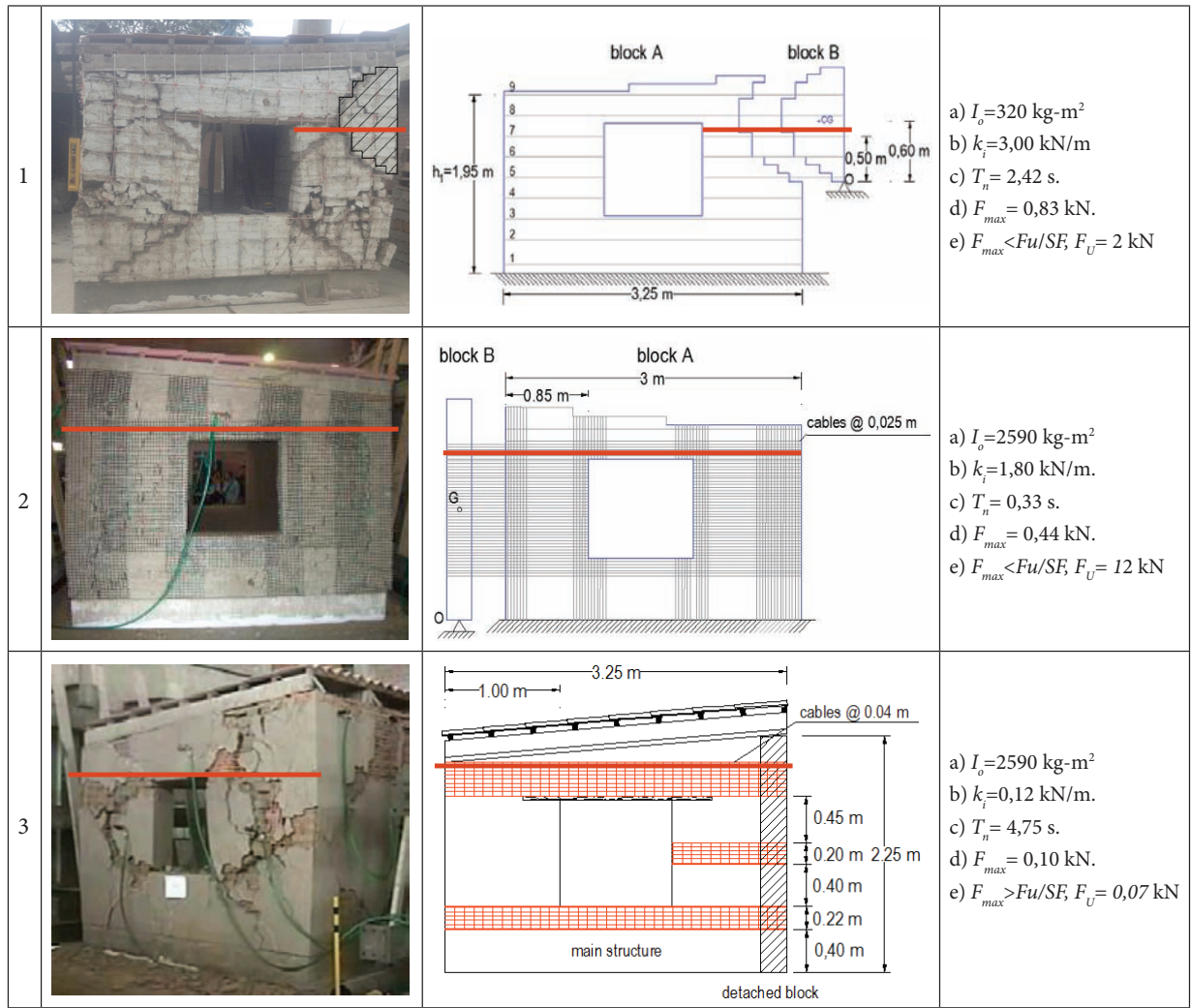


Fig. 6 Evaluation of maximum forces according to the design procedure

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

Blondet M., Vargas J., Morales K., and Iwaki C. (2007). Preliminary study on the usage of mud mortars to repair structural cracks in historical adobe buildings. In Spanish. *Adobe USA 2007*. El Rito, New Mexico, USA.

Blondet M., Vargas J., Sosa C. A., and Soto, E. J. (2013). *Seismic simulation tests to validate a dual technique for repairing adobe historical buildings damaged by earthquakes*. New Generation Earthen Architecture: Learning from Heritage. (pp. 269-276) Istanbul Aydin University.

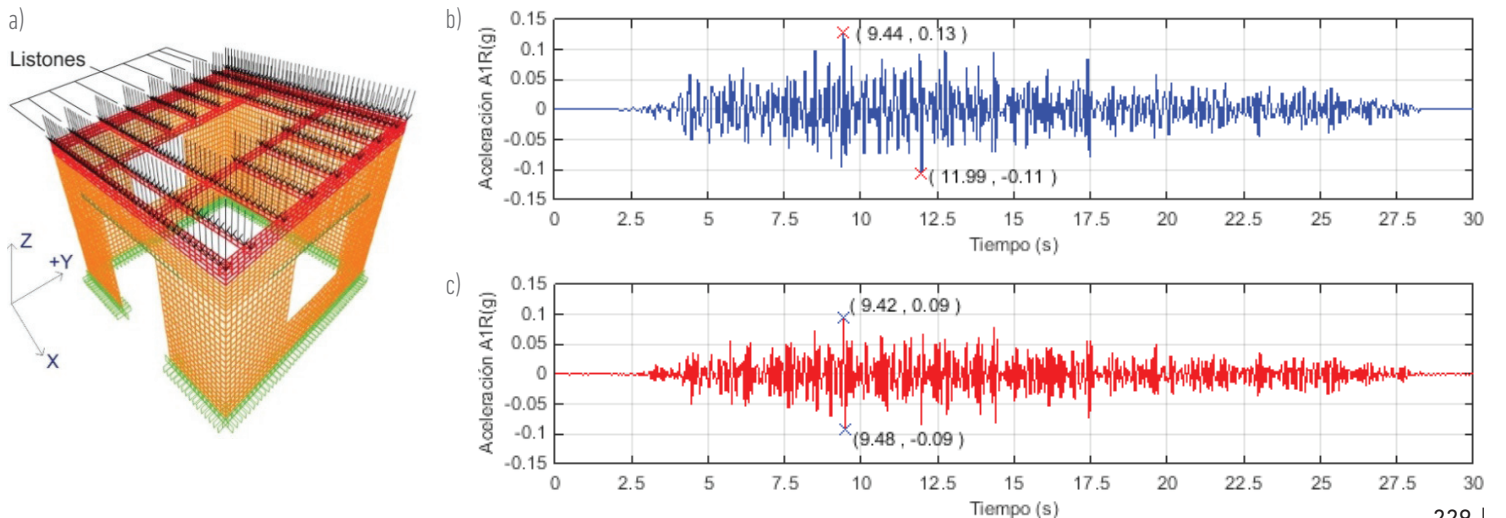
Blondet M., Vargas J., Soto, E. J and Sosa C. A. (2014). Using mud injection and an external rope mesh to reinforce historical earthen buildings located in seismic areas. In: *SAHC2014 - 9th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions* Mexico City, Mexico.

CSI (Computers and Structures Inc.). (2014). *CSI Analysis Reference Manual for SAP2000, ETABS, SAFE and CSI/Bridge*, California, United States.

Groenberg R. (2010). *The repair of adobe constructions damaged by earthquake loading and development of an ATENA-GiD model to simulate shaking table tests for these structures*. MSc. Thesis, PUCP, Lima, Peru.

ICOMOS (International Council of Monuments and Sites). (1964). *International letter related to Conservation and Restoration of Historical Monuments*. Italy.

Fig. 7 a) Numerical model, b) Experimental and c) Numerical acceleration



TRADITIONAL SEISMIC RETROFITTING TECHNIQUES

AUTHORS

Daniel TORREALVA
Erika VICENTE

Pontifical University of Peru

SUMMARY

Unreinforced earthen buildings are very vulnerable to earthquakes due to a lack of continuity between orthogonal walls, poor connection between the walls and the roof as well as the mass and almost null tensile strength of earthen materials. In order to cope with this problem in Peru and other Latin American countries, a number of construction techniques have been developed over the years aiming at stabilizing adobe walls during strong earthquakes and enable buildings to withstand the motion. Four techniques have been identified as seismic-resistant since the Colonial period: Earthen buttresses, wooden “corner keys”, “tie beams” and brick pillars inserted in adobe walls, traditionally used in the coastal and Andean regions of Peru. The objective of this work was to generate technical background on these traditional techniques in order to promote their use as appropriate earthquake-resistant solutions. Corner keys and tie beams have been experimentally tested in order to observe their strengths and weaknesses, buttresses and brick pillars have been analyzed numerically with the same objective. This article will briefly describe the four techniques and their contribution to the stability of buildings.

INTRODUCTION

In the framework of the Seismic Retrofitting Project (SRP), a collaborative project involving The Getty Conservation Institute (GCI) and the Pontificia Universidad Católica del Peru (PUCP), traditional retrofitting techniques for the seismic stabilization of earthen buildings in the highlands of Peru were identified and studied both analytical and experimentally. The strategy for making these buildings earthquake-resistant was the inclusion of elements such as buttresses, tie beams and corner keys. These retrofitting systems aim to avoid the out-of-plane (outwards) overturning of walls (through the use of buttresses and tie beams) and to maintain transversal orthogonal adobe walls connected in the occurrence of an earthquake (through the use of corner keys). Field evidence demonstrates that these systems have been incorporated in buildings either after their construction as a retrofitting system or as part of their original layout conception. The use of traditional techniques to retrofit historical buildings is highly recommended in conservation charters because these interventions have become part of the building culture, are well understood by local builders and make use of locally-available materials.

1. TIE BEAMS

Wooden tie beams are a common structural element in the roofs of earthen historical buildings in the Andean regions of Peru. Colonial houses and churches have been built with pitched roofs to protect them from heavy seasonal rains. The structural system under this configuration is an “A” type truss and the tie beams are located at the base of the truss connecting two opposite adobe walls (fig. 1). The weight of the roof is supported by rafters that transmit the load to

Fig. 1 Interior part of Misca church in Cusco with tie beams, photo: Violeta Paliza





Fig.2 Failure pattern for pull out test of tie beams M5 (left) and M8 (right)

longitudinal wooden beams on top of the wall. Usually the tie beams are located under the longitudinal beam, in this way they can take part of the thrust from the inclined roof. Tie beams are anchored to the walls with vertical wooden keys. The tie beams in houses generally have a diameter of 15 cm and between 20 and 25 cm in churches. The beams are usually evenly spaced but the spacing may be different from one building to another.

Nine adobe walls (M1 to M9) of 1.50 m and 1.90 m in height and of three different thicknesses (26 cm, 54 cm and 84 cm) were built to examine the failure mechanism and maximum load capacity of tie beams embedded in walls (fig. 2). Masonry walls were built using unfired bricks as a substitute for adobe blocks, the mortar was plain mud and three walls of each thickness were built. Tie beams were Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) trunks 18 cm in diameter, placed at 1.10 m from the bottom. Anchor keys were trunks 10 cm in diameter and 55 cm long. The connection between the tie beam and the wooden key was half wood using three 13 cm long nails and tied with cow skin thread. The specimen was supported in the upper and lower portion by a timber frame. A vertical load of 7kN/m² equivalent to the weight of a normal timber roof was applied on two of three similar specimens. At the end of the tie beam, tensile force was applied by a hydraulic jack measuring the horizontal displacement with an LVDT. Adobe unit compression tests, pile compression tests and diagonal compression tests were performed. The mean result of these tests is as follows: for the adobe unit, the mean compressive strength was 2.01MPa, for the piles in axial compression, the mean compressive strength was 1.105MPa and for the diagonal compression tests on wallets, the mean shear strength was 0.045MPa.

The 26 cm thick walls (M1 to M3) initiate their failure by horizontal cracking, meaning that out-of-plane bending takes place. As the load increases, it turns into a punching shear failure. The 54 cm thick walls (M4 to M6) failed by punching shear as well as the 83 cm walls (M7 to M9). When the walls were dismantling, it was observed that the cracks went through the walls in a 45 degree failure cone. Because of the larger thickness in the 83 cm thick wall, the failure surface did not reach the frontal face of the wall and the cracks appeared in the lateral sides.

Table 1 shows the maximum force for pulling out the tie beam from the wall. It can be observed that the slimmest walls (M1 to M3) have values that are almost independent from the vertical load, whereas



Fig. 3 Corner key assembly in the Laboratory before testing

for the rest of the walls there is an increase of approximate 20% in the value of the pull out force when the vertical load is applied. This is related to the initial bending type of failure that occurs in the 26 cm thick walls. The shear strength for the thicker walls was computed assuming a conic surface of failure that crosses the whole width of the wall. It was noted that for the 54 cm thickness wall, the computed value of shear strength without vertical load was 0.043MPa, very close to the value obtained from the diagonal compression test on wallets: 0.044MPa.

Table 1 Maximum pull out force for tie beams

Wall	Thickness (cm)	Vertical load (KN/ml)	Maximum load (KN)	Associated Shear Stress (MPa)
M1	26	1.83	16.04	-
M2	26	1.83	17.46	-
M3	26	0	16.60	-
M4	54	3.67	34.28	0,053
M5	54	3.67	35.69	0,055
M6	54	0	28.21	0,043
M7	83	5.50	52.35	0,034
M8	83	5.50	49.40	0,032
M9	83	0	41.83	0,027

2. CORNER KEYS

Vertical cracks in orthogonal earthen walls become vulnerable spots during seismic action. The typical failure mechanism is a vertical crack that starts in the upper part of the wall and progressively isolates both walls increasing the risk of out-of-plane overturning of the walls. Corner keys are a traditional technique used in Peru and South America with the objective of providing a mechanical connection between two orthogonal walls in historic earthen buildings. Originally corner keys were wooden trunks placed diagonally in the corners of walls that were anchored at both ends with wooden keys. Later the diagonal tie was replaced by a 90-degree assembly in the corners and embedded in the walls. Corner keys are usually located closer to the top of the wall. Even though there are no fixed dimen-



Fig. 4 Typical crack pattern for specimen A

sions for the corner keys actually used in Cusco, they are generally built with square timber sections of about 13 to 15 cm and extend into the walls between 1.20 m and 2.00 m from the wall joint (fig. 3).

In order to test the corner key assembly, six partial full-scale specimens were built simulating the part of the key embedded in both walls, the direction parallel to the wall and the direction perpendicular to the wall (fig. 3). A pull out force was applied increasingly until failure at a constant rate of 2 kN/min with a hydraulic jack. Top and bottom wall displacement were restricted. LVDT's were installed to record the displacement of the timber assembly. The type of failure for all specimens simulating the corner keys is an in-plane shear failure at approximately 45° (fig. 4).

Table 2 shows the maximum pull out force for all specimens. The ultimate shear stress associated to the plane of failure in W1 (specimens A1 and A2) was 0.023 MPa, this value is very similar to the one obtained in the wallet diagonal compression test (0.021 Mpa).

Specimen	Dimensions of Wall length x height (mxm)	Maximum load (kN)	Associated shear stress (MPa)
A1	1.05 x 2.00	26.97	0.023
A2	1.05 x 2.00	26.91	0.023
B1	1.75 x 2.00	30.57	0.015
B2	1.75 x 2.00	32.78	0.016
C1	1.75 x 2.00	37.13	0.018
C2	1.75 x 2.00	37.20	0.018

Table 2 Maximum pull out force for corner keys

3. BUTRESSES

Adobe masonry buttresses placed in the longitudinal wall is a common stabilization technique used in the rural churches of the Peruvian Highlands and other parts of South America. The goal is to stabilize the longitudinal wall for lateral overturning. There are no fixed proportions for the dimensions of the buttresses or the distance between two adjacent buttresses, leading to believe that this technique is purely empirical. Figure 5 shows the damage to a buttress in a rural adobe church after an earthquake. Even though the church suffered only partial interior collapse, the large spacing between but-



Fig. 5 Structural behavior of a buttress after an earthquake

tresses and lack of connection between buttress and wall have caused extensive damage to church walls.

It must be said that rural churches in Peru are one-nave buildings with long unsupported longitudinal walls. Usually the baptistry and sacristy are small rooms that serve as lateral stabilizers for the longitudinal wall. Numerical finite element models of Kuño Tambo church, a typical rural adobe church near Cusco suggests that the plan layout shown in figure 6 will be enough for surviving severe earthquakes, providing that the material is in good condition and the buttresses are properly connected to the longitudinal walls. Also the walls of the sacristy and baptistry must be properly connected to the longitudinal walls.

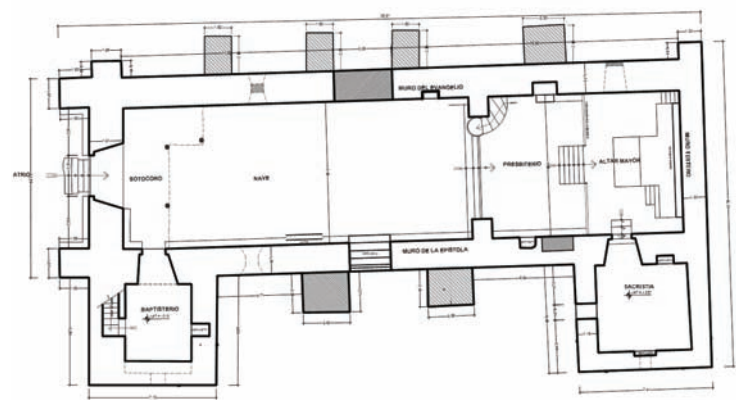


Fig. 6 Plan layout of Kuño Tambo church with appropriate distribution of buttresses

4. BRICK PILLARS

Historical buildings in Lima and the Peruvian coast have used brick masonry pillars inserted in the adobe walls for several reasons. In houses on the Historical Center of Lima, they were used at the sides of openings, doors and windows in order to cope with stress concentration from vertical loads. In small one-nave churches on the coast it was not common to use buttresses but brick pillars inserted in the longitudinal walls served the same purpose, to provide lateral stabilization to the longitudinal adobe wall. As can be seen in figure 7, the brick pillars are evenly spaced in the longitudinal wall with the same thickness and so they do not affect the architectural layout.



Fig. 7 Brick masonry pillars inserted in longitudinal adobe walls

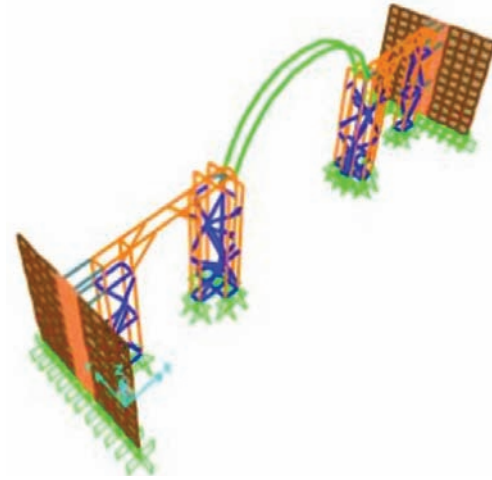


Fig. 8 Finite element model of a transversal portion of building with brick pillars in the adobe wall

The photo was taken before restoration, from a one-nave chapel that belongs to a monastery in Lima.

Numerical models of adobe walls with and without inserted brick pillars have been studied as part of the structural analysis of the Cathedral of Ica, a historical building that was damaged by an earthquake in 2007, showing a lack of lateral stiffness. The building is composed of a timber structure with lateral adobe walls and a brick masonry façade (fig. 8). Partial models were studied representing a transversal portion of the structure, including the central arch, lateral timber framing and the tributary wall portion as can be seen in figure 8.

CONCLUSIONS

It has been experimentally demonstrated that traditional retrofitting solutions such as “tie beams” and “corner keys” develop enough load capacity to work as lateral stabilizers for adobe walls and are effective and low-cost measures to provide seismic stabilization to historical earthen buildings.

Shear is the dominant stress for computing the ultimate load capacity for both techniques and the area of failure has been determined from the crack pattern in each case.

The quantitative data generated by the testing can be used to develop engineering procedures to evaluate and design the implementation of these techniques for seismic stabilization purposes.

Buttresses for long unsupported adobe walls are an effective lateral stabilization system; however the dimensions of the buttress and the spacing along the wall must be designed by taking into account engineering criteria and meeting a number of connectivity requirements. Brick masonry pillars inserted in long unsupported adobe walls have performed well in some historical buildings and numerical analysis corroborates the beneficial effects of this technique, increasing the lateral strength and stiffness of walls. However, numerical analysis also points out that the shear transfer in the interphase between brick and adobe must be assured.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to acknowledge the work of Juan Carlos Parra in the tie beam experimental program as part of his master’s thesis at PUCP and Charlotte Deschamps in the corner key experimental program as part of her field work for the DSA “Architecture et risques majeurs” from the Architecture school of Paris Belleville.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Cancino, C., Lardinois, S., D’Ayala, D., Fonseca Ferreira, C., Torrealva, D., Vicente, E., Villacorta, L. (2012). *Seismic retrofitting project: assessment of prototype buildings*, Vol.1&2, The Getty Conservation Institute, Los Angeles.
- Yamin, L., Phillips, C. Reyes, J., Ruiz, D. (2004). Seismic Behavior and Rehabilitation Alternatives for Adobe and Rammed Earth Buildings, In: *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver B.C. Canada, Paper 2942.
- Tolles, E., Leroy, E., Kimbro, E. and Ginell, W.S. (2002). *Planning and Engineering Guidelines for the Seismic Retrofitting of Historic Adobe Structures*. GCI Scientific Program Reports. Los Angeles: Getty Conservation Institute.
- Smith, A. Redman, T. (2009). *A Critical Review of Retrofitting Methods for Unreinforced Masonry Structures*, EWB-UK Research Conference.
- Rojas-Bravo, J., Vendouw, W., Bijvoet, M. (2004). Improvement of the Earthquake Resistance of Existing Adobe Dwellings in Cuzco, Peru, In: *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver B.C. Canada, Paper 2731.
- Webster, F. (2005). Application of stability based retrofit measures on some historic and older adobe buildings in California. In: *International Seminar Architecture, Construction and Conservation of Earthen Buildings in Seismic Areas*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Hurtado, P. (2006). Los Sismos y la Restauración del Patrimonio en Tierra en Perú. In: *III Congreso de Tierra en Cuenca de Campos*, Valladolid.
- Esquivel, Y., (2009). *Sistemas de Refuerzo Estructural en Monumentos Históricos de la Región Cusco*. Tesis Pontificia Universidad Católica del Perú, June 2009 <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

CODES AND RULES FOR EARTH BUILDING MATERIALS IN GERMANY

AUTHORS

Christof ZIEGERT

Dachverband Lehm e.V., Germany
Ziegert | Roswag | Seiler Architekten Ingenieure, Germany

Ulrich RÖHLEN

Dachverband Lehm e.V., Germany
Claytec e.K., Viersen, Germany

Horst SCHROEDER

Dachverband Lehm e.V., Germany

SUMMARY

The incorporation of the “Lehmbau Regeln” (German rules for earthen architecture) into the respective building regulations of the majority of the German federal states in 1998, represents a milestone in securing the status of earthen constructions in modern building practice. In addition to the basis of the Lehmbau Regeln, DIN-Codes and Technical Guidelines were developed for several prefabricated earth building products and techniques in the past few years. The following DIN codes were established in 2013:

- DIN 18945:2013-08, Earth blocks
- DIN 18946:2013-08, Earth mortar for masonry
- DIN 18947:2013-08, Earth mortar for plaster.

Product requirements, testing procedures and product declarations of these codes are much more detailed, compared to the Lehmbau Regeln.

Highly quality controlled earthen building materials enable the implementation of their codes into application standards of general product categories like DIN 18550, the German code for internal plastering. In this code, earth plasters are now listed in addition to cement-, lime- and gypsum plaster and approved for all standard indoor applications.

The next stage will be the development of further codes and/or implementation into codes at European level. Therefore, a strong collaboration between the European earth building associations is highly appreciated.

INTRODUCTION

The use of earthen building materials - both in renovation and new construction - is common again in Germany. Even with larger public works, earthen plasters and earthen panels show an increasing application nowadays. However, detailed regulations were lacking so far. As a consequence, it was often not possible for planners to precisely formulate the technical specifications for earthen building materials and components. Furthermore, necessary foundations for the assessment of conformity as well as for the inspection for defects was not given, neither to the construction supervision nor to authorised experts. In 2013, the publication of DIN-standards for earth blocks, earth mortar for masonry and earth mortar for plaster provoked fundamentally changes, at least in these important areas of Germany’s earth building practice. The most important changes and new features will be described in this paper.

The existence of DIN-standards is perceived with pride within the earth construction industry: clay is finally considered a normal building material. Since these standards are applied only to prefabricated

earth building products, their existence do not imply any limitations to the earth building material mixtures on site, that are ideally locally acquired and tested for suitability. Here, the Lehmbau Regeln of the Dachverband Lehm e.V. (DVL) will continue to apply to these mixtures on site.

The prior use of earth building materials in old and new buildings is documented, amongst others, in the book “Earth Building Practice” (Röhlen & Ziegert, 2011).

1. DEVELOPMENT AND CURRENT STATUS OF REGULATIONS FOR EARTH BUILDING IN GERMANY

During the post-war years of WW2, tens of thousands of housing units were built out of earth building materials in both parts of Germany. Extensive regulations and DIN standards were implemented back then, which embodied the contemporary status of regulations

earth building in Germany. In the 1980ies, when earth building experienced its environmentally related renaissance in Germany, these regulations were already retired and did no longer meet the applied techniques and requirements at that time. In 1996, the need for regulation of earth building was stated by the ministry Landesbauministerium of Mecklenburg-Vorpommern. The umbrella organisation Dachverband Lehm e. V. (DVL), which was founded in Weimar in 1992, was assigned by the German Institute for Building Technology (DIBt) to formulate a new building-authority foundation for earth building materials. At this time, the stakeholders in this process maintained a revision of the old DIN standards, and also the formulation of new standards, for impractical. Instead, a new technical guideline - „Lehmbau Regeln“ (Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.), 2009) - should document the state of the art of earth building materials and earth components used in the field of renovation and new buildings. These Lehmbau Regeln are part of the Sample List of Technical Building Regulations MTB of DIBt as well as part of the List of Technical Building Regulations LTB, introduced in almost all federal states of Germany. The application of Lehmbau Regeln has been restricted to residential buildings with a maximum of two storeys, with a maximum of two units. This means that for further applications of earth building techniques, the approving ability must be clarified with the building authorities, which is then usually realized by applying for an „approval in individual cases“. By using this option, many buildings outside the limited field of application have been built out of earth building materials since then. In technical terms, this can be referred to the Lehmbau Regeln. For technically subordinated applications - like interior plasters in apartment buildings - the question of admission has more a technically than a professional character. However, the building authority approval with industrially relevant applications - like public works or more than 2-storey buildings in load-bearing construction - is mandatory to clarify.

The Lehmbau Regeln are a component of MTB and LTBs, currently in the 3rd version. The latest version was introduced by the DIBt in 2009, with the condition of DIBt that prefabricated earth building products must be covered by product standards in the medium term, with the support of DIBt. This was due primarily to the growing importance of earth building materials.

In August 2013, the first new product standards for earth building materials - authored by DIN Working Committee NA 005-06-08 AA Lehmbau - got adopted and published. These are:

- DIN 18945:2013-08 „Earth blocks - Terms and definitions, requirements, test methods“
- DIN 18946:2013-08 „Earth mortar for masonry - Terms and definitions, requirements, test methods“
- DIN 18947:2013-08 „Earth mortar for plasters - Terms and definitions, requirements, test methods“

The new DIN-standards for earth building materials pursue the goal of ensuring stability and serviceability. Furthermore, more attention was paid to softer ecological criteria when creating this version, such as the establishment of a procedure to determine the CO₂-equivalent characteristic value or the indoor environment affecting water vapour sorption capacity. The content of natural radioactivity, that needs to be declared on all mineral construction materials, was moreover implemented at a very low prevention guidance level in accordance with the European legislative process as well as in accor-



Fig. 1 Earth blocks according to application class AK Ia for the infill of plastered, the weather exposed exterior masonry of half-timbered walls with visible structure, photo: ZRS

dance with the critical user.

The DIN-standards are well established in the daily work of the architects and engineers in all design processes. Also the producers of the earth building products apply the testing procedures and declaration systems and there is no major criticism on the standards in general and in detail.

DIN-regulated earth building materials are not allowed to be labelled by the CE-mark due to the fact that these building materials do not concern European standard, but national standard building materials. A European standard initiative was initiated by the Dachverband Lehm e.V. before the development of the national DIN-standards. However, it was not sufficiently supported by the European partner organizations, which is why DVL has then decided to focus on national standards. Meanwhile, tendencies consist that the DIN-standards could be adopted - in part or entirely - in other European countries.

The Lehmbau Regeln still apply for all on site produced earth building materials that are neither regulated by the DIN-standards nor industrially produced, e.g. rammed earth. Both the Lehmbau Regeln as well as the new DIN-standards of earth building exclude earth building materials consisting of clay in addition with other binders, such as gypsum or cement. Such stabilized earth building materials do not comply with the Lehmbau Regeln and DIN-standards of earth building.

2. DIN 18945:2013-08 EARTH BLOCKS

The standard DIN 18945 specifies the requirements for industrially produced adobes for the load-bearing as well as for the non-load-bearing earth masonry. Earth blocks are divided into application classes (AK), which are essentially characterized by different humidity- and frost stress:

- plastered, the weather exposed exterior masonry of half-timbered walls with visible structure (AK Ia) (fig. 1)
- consistently plastered, the weather exposed exterior masonry (AK Ib)
- cased or otherwise structurally weather protected exterior wall works and interior masonry (AK II)
- dry applications, e.g. ceiling panels or stacking techniques (AK III)

The application classes are relevant for determining the permitted

share of voids and minimum web thicknesses as well as specifications for the humidity and frost behaviour. Earth blocks are neither moisture- nor frost-resistant. But according to the applications, adobes need to be sufficiently resistant to these stresses, which will be tested in the context of material testings in finely tuned trials.

Earth blocks are divided into 12 density classes. As with other artificial stones, the sizes and dimensions are based on the dimensional organisation in building construction.

Unless Earth blocks are to be used for load-bearing structures, they are differentiated according to compressive strength classes from 2 to 6. Adobes for non-structural applications (e.g. infill of half-timbered walls) must be sufficiently strong for the intended application.

The designation of earth blocks must contain the following information: Earth blocks according to DIN 18945: 2013-08, format code, compressive strength class (only with supporting application), application class, density class. The complete declaration contains additional information, such as the type of additives etc.

Earth blocks for the rehabilitation of historic solid earth buildings, for example, must use class Ib, corresponding at least to the strength class 2. The density class needs to be chosen in accordance to the density of the constituent materials.

3. DIN 18946:2013-08 EARTH MORTAR FOR MASONRY

The standard DIN 18946 specifies the requirements for earth mortar for the production of load-bearing as well as for the non-load-bearing earth masonry. Earth mortar for masonry is divided into density classes from 0.9 to 2.2. With regard to the declaration of the thermal conductivity, the standards refer to the classification according to DIN 4108-4, with regard to the fire behaviour to DIN 4102-1 or 4102-4.

The strength classes for earth mortar for masonry must be graded in the classes M0, M2, M3 and M4, with corresponding demands on compressive strength and adhesive shear strength. Here, M0 designates earth mortar for non-structural applications, e.g. the infill out of earth blocks.

The designation of earth mortar for masonry must contain the following information: Earth mortar for masonry according to DIN 18946: 2013-08, abbreviation, upper/lower sieve size (grain size), fibre or mineral reinforcement, strength class (only with supporting application), density class.

4. DIN 18947:2013-08 EARTH MORTAR FOR PLASTER

The standard DIN 18947 specifies the quality requirements for earth mortar for plaster, which is used for plastering walls and ceilings in interior and external applications. The standard applies only to earth plasters with application thicknesses less than 3 mm. Earth mortar for thin-layered plasters are regulated by the technical data sheet TM 06 "Thin-layered earth surface coatings" [4].

The linear shrinkage of drying earth mortar for plaster must not be more than 2%. For earth plasters that are less susceptible to cracking, higher values are permitted with 3% when fiber reinforced, and 4% for thin-layered fiber reinforced earth plasters.

Earth mortar for plaster is liable to 2 strength classes, each defining requirements regarding compressive strength, flexural strength, adhesive strength and abrasion resistance. Hence, the audited strength characteristics are more extensive compared to other plaster mortars. For normal use, the strength class S II is to be applied. The strength class SI is recommended only for subordinate spaces or certain special applications (fig. 2).

strength class	compressive strength [N/mm ²]	bending tensile strength [N/mm ²]	adhesive strength [N/mm ²]	abrasion [g]
S I	≥ 1,0	≥ 0,3	≥ 0,05	≤ 1,5
S II	≥ 1,5	≥ 0,7	≥ 0,10	≤ 0,7

Fig. 2 Strength classes and minimum standards of earth mortar for plaster acc. to DIN 18947

The designation of earth plasters must contain the following information: Earth mortar for plaster according to DIN 18947: 2013-08, abbreviation, lower/upper sieve size (grain size), fibre or mineral reinforcement, strength class, density class.

For the purposes of consumer protection, the indication of water vapour adsorption class WS is additionally recommended for earth plasters. This specification is optional, but is polled by most customers due to the soprtion class that represents a measure of the stabilization of the room humidity. The best water vapour adsorption class WS III, for example, guarantees a about 5-fold humidity buffering capacity compared to gypsum plaster.

Due to the existence of material standards for earth blocks, earth mortar for masonry as well as for plaster, these product groups can now be incorporated into the superior standards of application. As a consequence, the standard of application for plaster DIN 18550-2:2015-06 „Plaster and plaster systems - execution (interior)“ contains earth mortar for plaster as a kind of plaster besides gypsum, lime, cement and polymer-bound plasters. Furthermore, the restrictions on the use of Lehmbau Regeln get successively lifted, e.g. for earth plasters. Operated by DVL, earth mortar for plasters could at least be partially implemented into the European standard for interior plasters - EN 13914-2 Internal Plastering - by the following sentences: "Earth mortar for plaster is usually made with clay and, if necessary, with mineral additives and fiber reinforcement. Depending on the manufacturer and the raw materials, earth mortar for plaster may have different strength properties. Earthen plasters must be used in accordance with the manufacturer's recommendations or the corresponding national regulations."

A detailed implementation, corresponding to the level of DIN 18550, failed due to French and English standardization members, who considered the application of earth mortar for plaster as being irrelevant in these countries.

5. TECHNICAL DATA SHEETS OF DVL

The technical data sheet Technisches Merkblatt TM01:2014-06 (Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.), 2014) was provided by the



Fig. 3 Grey thin-layered earth surface coating acc. to TM 06. Kolumba museum in Köln, photo: Claytec

Dachverband Lehm e.V. (DVL) for evaluating earthen plaster as a building component. The TM 01 controls, for example, the flatness and abrasion resistance of earthen plaster surfaces, the assessment of possible cracks etc. Therefore, this technical data sheet is regarded as an ideal guideline when it comes to disputes on construction works.

Even products whose national technical relevance is low, but which are used frequently, should be controlled successively on technical data sheets, e.g. earth surface coatings. This product group includes the high-end colour plasters, the so-called earth brush on plasters (clay colouring with granulation) and clay colours and a clay based knifing filler. Since June 2015, these products are regulated by the technical data sheet Technisches Merkblatt TM 06:2015-06 “Thin-layered earth surface coatings” (fig. 3) (Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.), 2015).

CONCLUSION

The new standards for prefabricated earth blocks, earth mortar for masonry as well as for plaster, are defining requirements and features for this building material group to such an extent, as it is common for modern building materials. These standards can therefore be regarded as a contemporary consequence to the regulation of earth building, configured upon the building-authority introduction of the very general formulated *Lehmbau Regeln*. In addition to the aspects of stability and serviceability, environmental characteristics have also been taken into account that is exemplary for the standards in the field of mineral building materials. For planners and experts, it is finally possible to check the terms of reference of earth building materials.

As a proponent of DIN Standards Committee *Lehmbau*, the umbrella organization DVL plans to issue additional standards for prefabricated earth building materials and products. The formulation of the standard for earthen panels, for example, is currently in the design process.

With the presence of product standards, it is possible to obtain an enrollment in higher-level application standards. This was already achieved in Germany with the entrance into the DIN 18550-2 for earth mortar for plaster. Earthen plasters are now admitted on an equal footing as other interior plasters. For earth blocks, the entrance

to the general masonry standard would also be desirable.

The next stage will be the development of further codes and/or the implementation into codes at European level. Therefore, a strong collaboration between the European earth building associations is highly appreciated.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.), (2009). *Lehmbau Regeln*. Vieweg + Teubner, 3. Auflage, Wiesbaden, 2009
- Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.), TM 01:2014-06 (2014). *Technische Merkblätter Lehmbau: TM 01 Anforderung an Lehmputz als Bauteil*. Published by: www.dachverband-lehm.de, Weimar, 2014
- Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.), TM 06:2015-06 (2015). *Technische Merkblätter Lehmbau: TM 06 Lehmputzbeschichtungen. Begriffe, Anforderungen, Prüfverfahren, Deklaration*. Published by: www.dachverband-lehm.de, Weimar, 2015
- DIN 18550-2:2015-06 *Design, preparation and application of external rendering and internal plastering – Part 2: Supplementary provisions for DIN EN 13914-2 for internal plastering*
- DIN 18945:2013-08 *Earth blocks – Terms and definitions, requirements, test methods*
- DIN 18946:2013-08 *Earth masonry mortar – Terms and definitions, requirements, test methods*
- DIN 18947:2013-08 *Earth plasters – Terms and definitions, requirements, test methods*
- FprEN 13914-2:2016 *Design, preparation and application of external rendering and internal plastering – Part 2: Internal plastering*
- Röhlen, U., Ziegert, C. (2011). *Earth Building Practice* (English Version), Beuth-Verlag, Edition Bauwerk, Berlin, ISBN 978-3-410-21737-4.
- Röhlen, U., Ziegert, C. (2013). *Construire en terre crue* (French Version), Édition Le Moniteur, Paris, EAN13: 9782281115673.
- Röhlen, U., Ziegert, C. (2014). *Lehmbau Praxis* (German Version), Beuth Verlag, Edition Bauwerk, Berlin, ISBN 978-3-410-23942-0, 2. completely revised Edition (04/2014).

NOUVELLES DYNAMIQUES

NEW DYNAMICS

NUEVAS DINÁMICAS

Ce thème a permis de souligner l'intérêt croissant des professionnels et des particuliers pour les matériaux de construction en terre. En réponse au besoin reconnu en matière de méthodes constructives plus durables, le cycle de vie vertueux de la terre pour la construction offre un potentiel considérable. Grâce à la préservation des architectures en terre vernaculaires et à la promotion de l'architecture contemporaine en terre, il est possible de perpétuer les cultures constructives et de préserver les valeurs tangibles et intangibles qui y sont associées, tout en valorisant la diversité culturelle.

La capitalisation des savoirs et des savoir-faire rendue possible par le biais d'entretiens réalisés avec les acteurs locaux (artisans) est devenue essentielle. Les approches coopératives et participatives dans les projets de construction sont des facteurs clés de réussite. D'autre part, la diffusion des connaissances à travers des publications doit rester une priorité. La question de la transition énergétique, particulièrement liée à la restauration et à la réhabilitation du patrimoine vernaculaire, a été désignée comme un sujet essentiel à aborder.

Parmi les tendances dans la dynamique actuelle, la nécessité de poursuivre les efforts pour améliorer les architectures en terre traditionnelles a été notée. Plusieurs priorités ont été identifiées : l'amélioration de la qualité des matériaux et des techniques de construction, le soutien à la recherche visant l'innovation technique, l'implication de grands architectes dans la conception de projets phares répondant à des besoins réels en termes de confort et d'esthétique, la recherche de solutions viables face aux risques naturels (séismes, inondations, ouragans), la mise en place de programmes de sensibilisation du public intégrant des expériences pédagogiques novatrices, le renforcement des capacités professionnelles et l'implication des établissements d'enseignement supérieur (architecture et ingénierie). La terre a été identifiée comme un matériau doté d'un fort potentiel en termes d'impact social, contribuant à créer un monde plus durable, avec un accès plus équitable au logement et une plus grande résilience.

LOCALIZATION STUDY, DEMONSTRATION AND EXTENSION OF UPGRADED RAMMED-EARTH TECHNOLOGY IN RURAL CHINA

AUTHORS

MU Jun

Beijing University of Civil Engineering and Architecture, China

ZHOU Tiegang

LU Lei

Xian University of Architecture and Technology, China

Hugo GASNIER

Quentin CHANSAVANG

CRATerre-ENSAG, France

SUMMARY

Construction with earthen materials, one of the oldest traditional technologies, has been widely employed all over China in the past millennia. However, regarded as a symbol of “poverty” in recent years, more and more rammed-earth dwellings have been abandoned and replaced by conventional concrete and fired brick constructions. Unfortunately, these often poorly executed concrete-brick dwellings offer poor results in terms of comfort, anti-seismic capacity and sustainability, in connection with the limited economic, technologic and educational conditions within rural China.

Authorized by the Ministry of Housing and Urban-Rural Development of China (MOHURD), in 2011 a demonstration research project was launched by the Wu Zhi Qiao Charitable Foundation with the scientific support of CRATerre-ENSAG. Based on the innovation and improvement of local traditional rammed-earth technology, it aims to illustrate an affordable, sustainable and ecological way to construct rural dwellings, which could be adopted and passed on by villagers in regions where rammed-earth construction is traditionally practiced.

With the village of Macha (Gansu Province) as the starting point, earth-material science and its related technical theories were first identified and tested through a series of adapted experimental and practical studies. Promoted by MOHURD, by 2016, research outputs have been successfully extended to 10 other regions.

INTRODUCTION

The use of earth as a construction material has a long history in rural China. According to the latest statistics (NBSPRC, 2012), at least 60 million people in China are still living in traditional rammed-earth dwellings, most of which are located in poor and rural regions (fig. 1). In recent decades, due to the fact that earth-based building technologies are usually regarded as “dangerous” and perceived as a symbol of poverty by dwellers and governments, an increasing number of rammed-earth constructions have been abandoned and replaced by conventional constructions featuring concrete and bricks. However, limited by the low level of economic, technologic and educational conditions, most concrete and brick-based dwellings offer poor results in terms of comfort, anti-seismic capacity and sustainability. Authorized by the Ministry of Housing and Urban-Rural Construction of China (MOHURD), in 2011 a demonstration research project was launched by Wu Zhi Qiao (Bridge to China) Charitable Foundation with the scientific support from CRATerre-ENSAG.

Based on the innovation and improvement of traditional rammed-earth technologies, the project aims to illustrate an affordable, sustainable and ecological way to build in rural contexts, which could be adopted and passed on by villagers in regions with a rammed-earth construction tradition. After 4 years of experimental studies, a series of rammed-earth-based techniques and building tools and methods could be developed and adapted to local conditions, and were successfully extended to 10 regions of China through technical trainings programs based on demonstration construction activities.

1. BACKGROUND AND ISSUES

Various forms of traditional earthen dwellings are still being employed in almost all provinces of China. In most cases, the low level of economy is the core reason why those dwellings have survived till now.

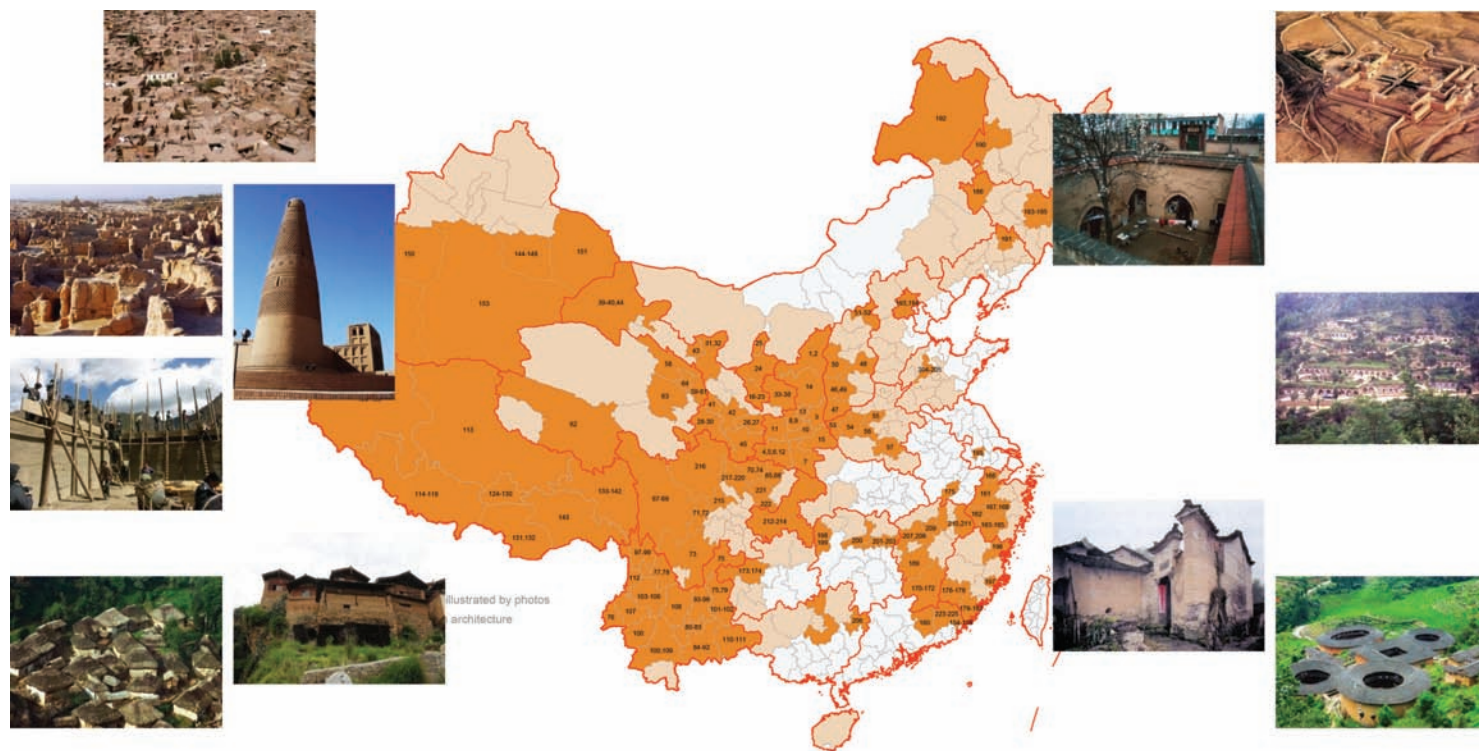


Fig. 1 China's traditional earth architectures and distribution

However, after several catastrophic earthquakes since 2008, a large number of earthen houses were severely damaged, which resulted in disappointment from villagers and local governments due to the lack of resistance seen in traditional earth-based buildings. Building with concrete and fired-bricks is always regarded as the only reliable option, perceived as both “safe” and “modern”. Consequently, the central government of China, in the past decade, has worked towards providing poor rural regions with financial and political support to replace millions of “dangerous” earthen dwellings with conventional concrete and fired-brick constructions. However, the actual result is that most of these replacement buildings have become dangerous and energy-inefficient, since the only affordable and viable way to build for most villagers is to simply “combine” concrete-based techniques with traditional building principles.

In this context, the potential of rammed-earth as the most popular traditional earthen technology in China, could be analyzed through earth-based material scientific principles developed in other countries. However, due to the difficult conditions in rural China, successful practical experiences carried out internationally may not be directly applied to enhance the mechanical performance of rammed-earth dwellings in rural China. Thus, localized rammed-earth construction principles, which can lead to the implementation of affordable, earthquake-resistant and sustainable buildings, are much needed.

2. METHODOLOGY

The demonstration research project was first launched in Macha village, Gansu, where the rammed earth construction tradition has been present for thousands of years.

The action plan for the project was designed and implemented in three phases: 1) experimental studies on earthen materials, construction tools and construction methods; 2) prototype-based demonstration and regional extension; 3) cross-regional and training-based

extension together with diversified practices.

Firstly, concerning the disadvantages of traditional rammed-earth technologies in terms of mechanical and waterproofing performance, the theory of performance improvement of earth materials was first adapted to rural China. A number of rammed-earth-based techniques and construction tools and methods were upgraded by a series of experimental studies, and adequately enriched with ecological design strategies.

Secondly, based on the locally-available resources, experimental outcomes were further examined and improved through the construction of a housing prototype achieved by mobilizing local villagers. Trained and sensitized, 28 volunteer families in the region have rebuilt their houses through traditional self-organized construction strategies. More families are following these steps.

Supported by MOHURD, the demonstration study was extended cross-regionally. With technical support and trainings from the research team and the well-trained villagers from Macha village, over 110 rammed-earth prototype houses, integrating local building traditions and cultures, have been successfully constructed by local villagers in 10 provinces. To crystalize the cross-regional experiences and disseminate them among laymen such as villagers and carpenters, a DIY construction manual on upgraded rammed-earth technology was published. Meanwhile, several modern earthen architecture projects have been professionally constructed to further showcase that earthen architecture should not be underestimated.

3. FUNDAMENTAL RESEARCH

3.1. THEORY VERIFICATION AND STRATEGY ANALYSES

According to the theory of soil stabilization developed by CRA-Terre-ENSAG (Houben, 1994), the mechanical performance of rammed-earth mass could be greatly enhanced via powerful ramming and a gap-graded mixture of clay-sand-gravel with 8-12% moisture content. The theory was well verified by a series of material exper-



Fig. 2 Traditional shuttering systems of rammed-earth in China

periments with various samples of soil around the region. By providing a ramming force of over 0.5 MPa with the pneumatic hammer, the compressive strength of upgraded rammed-earth mass (40×40×150cm) reaches 1.4 MPa in average, almost twice the local traditional rammed-earth mass (Ying, 2012), even close to the one of China’s conventional fired-brick walls.

Encouraged by the material experiment results, a comparative study between upgraded and traditional rammed-earth technologies was further developed in order to clarify the key effect factors which influence the performance of rammed-earth. As shown in table 1, among all factors influencing the construction method and the localization of the upgraded rammed-earth technology, the availability of the shuttering system suitable for the use of pneumatic hammers is the biggest challenge in terms of Rural China’s situation and hence should be one of the most crucial elements to be taken into account in the coming experimental study.

Effect Factor	China’s Traditional Rammed-earth Technology	Upgraded Rammed-earth Technology
Material	“Clayey” soil <i>Poor mechanical properties of materials and water resistance</i>	Mixture of clay, sand, gravels <i>Improved mechanical properties of materials and water resistance</i>
Moisture content	5-15%	8-12%
Hammer	Manual Hammer <i>Limited ramming force</i>	Pneumatic /Electrical Hammer <i>Firmer ramming force. It’s available by retrofitting the pneumatic tamper which is conventionally used for mine construction in China</i>
Shuttering system	Rafter/Board <i>Simple but unstable</i>	Flexible and Stronger Shuttering System <i>shuttering system is needed to withstand the greater ramming force from pneumatic hammers</i>
Materials Blending	Manual <i>Low efficiency, much manpower</i>	Blender <i>Efficient</i>

Table 1 Comparison between upgraded and China’s traditional rammed-earth technologies

3.2. SHUTTERING SYSTEM AND CONSTRUCTION METHOD

Rafter-strapped and board-based shuttering systems are most commonly employed in China’s traditional earthen architecture (fig. 2). These systems, however, are not strong enough to resist the ramming force from pneumatic hammers, and are also not suitable in regions with limited timber resources. Considering for instance Northwestern China, as shown in fig. 3, the rural situation was scrupulously reviewed so as to define a series of principles for the design of new shuttering systems.

Based on market investigations and several rounds of testing experiments, a set of shuttering systems were developed with bamboo plywood, shape steel and tension screws which are comparatively cheap and available in most rural markets around China. The system is composed of 9 panels (fig. 3) which can be flexibly assembled by only two workers for ramming “I”, “L” and “T” shaped walls directly, so as to not only satisfy various rural construction demands, but also effectively reinforce wall corners mechanically.

Utilizing the developed formworks, an on-site experimental construction project was conducted by the team and Macha villagers (fig. 4). Various conventional building elements present in local rural dwellings, such as foundations, windows & doors, openings, roofing, ring beams, etc., were combined into a housing prototype. The project not only aimed at testing the shuttering system for further improvement, but also served as an experience to learn from the lessons and even from the “mistakes” happening during rammed-earth construction. Through this process, the construction method with rammed-earth could be well developed and optimized with a series of feasible construction details for various components. It was

Fig. 3 Principles for developing a suitable shuttering system; the developed system

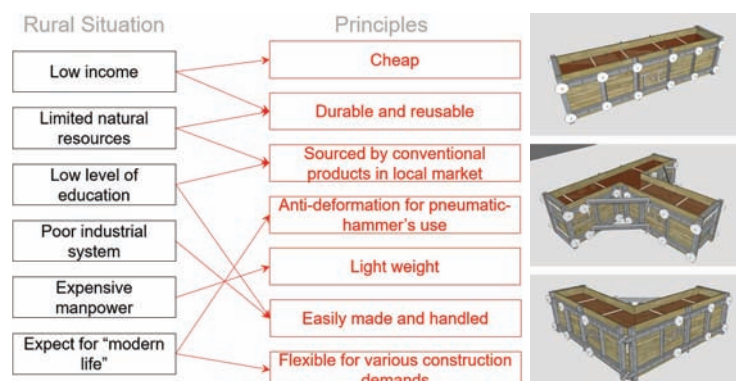




Fig. 4 On-site experimental construction



also verified, through a cost efficiency, construction efficiency and operability assessment, including the response from local villagers, that the upgraded rammed-earth technology is well adapted to local conditions and may thus be further disseminated.

3.3. REINFORCEMENT OF STRUCTURE SYSTEM

A specialized building code for earth-based construction is not available in China. Since the Wenchuan earthquake of 2008, the National code for earthquake-resistant rural masonry-structure dwellings has been upgraded. In this context, a scientific study on the structural system of new rammed-earth dwellings seems crucial to ensure future dissemination. Both systems (traditional rammed-earth building and masonry structure with codes) were carefully reviewed, as were the mechanical properties of upgraded rammed-earth walls together with the developed construction methods. A series of feasible technical tests for the reinforcement of rammed-earth dwellings were carried out and could be summarized in three aspects:

1) Wall span, storeys and floor height of rammed-earth structures to reach a reasonable shape coefficient for seismic resistance; 2) involvement of timber-made (or prefabricated concrete) structural columns in wall corners and ring beams (timber or prefabricated concrete) on both the top and bottom portions of earth walls; 3) improving structural measures for joints between walls, roofs and walls, and foundations to further enhance structural integrity.

In order to further verify the performance of integrated systems, two models (4 m by 4 m on plan) with two conventional roofing systems (concrete-based flat roof and timber-based sloping roof) were built for shaking-table experiments. The shaking simulation result shows that the two systems work well and reach Chinese demands for 8.5-magnitude seismic resistance. According to further calculation and analyses, it is verified that in terms of the anti-seismic performance, rammed-earth (load bearing rammed-earth walls, less than

3-storey high) with a well-designed structural system works well in most regions of China. Authorized by MOHURD, the team is drafting the National code on rammed-earth dwellings based on experimental data (fig. 5).

4. DEMONSTRATION CONSTRUCTION AND REGIONAL EXTENSION

A new rammed-earth courtyard for an old couple, as a prototype, was constructed by local masons and villagers under the guidance of the team. (fig. 6) The project provided them with participative training on the basic techniques, allowing for participants to directly experience new construction techniques and learn how to build by themselves. During the process, research results and construction experiences were further consolidated by the team through the creation of an easy-to-follow technical guide aimed at local populations. Taking local culture and customs into account, the team studied the traditional courtyard pattern and carried out a number of design proposals to be applied selectively in house rebuilding projects, according to individual conditions and needs.

Convinced by the prototype's performance, all 12 families in Macha village, who were granted the opportunity to renew their housing in 2013, decided to opt for the new rammed-earth construction technologies. Equipped with the guide, design proposals and more importantly, empowered through their active participation in the construction of the prototype, the families built their own houses over a period of three months. It came as a surprise that villagers clearly showed their creativity and wisdom as designers and builders. After all, they knew best about their own lives and needs.

Fig. 5 Improved structural system and models for shaking-table experiments





Fig. 6 The first rammed-earth prototype built in Macha village

5. DIY MANUAL AND CROSS-REGIONAL EXTENSION

Based on previous experimental and demonstration studies, a DIY construction manual (Mu, 2014) on the construction of upgraded rammed-earth dwellings was published in 2014. All related techniques were summarized and illustrated with photos and drawings so as to be easily understood and applied by rural dwellers and artisans. The publication has been distributed by MOHURD in regions where rammed-earth construction is an element of the local building culture. With the help of the DIY manual and on the basis of the training sessions that took place in Macha, over 400 craftsmen in Gansu Province could be trained.

Promoted by MOHURD, more than 10 provincial governments have visited Macha village, showing great interest in the upgraded rammed-earth technology. Authorized by MOHURD and invited by said local governments over the past two years, 110 rammed-earth houses (partly as demonstration projects) have been built in 10 regions of China (fig. 7). During the process, further localization efforts were carried out, and combined with the implementation of updated build-

ing technologies, taking into account local traditions and needs. For each demonstration, 2 well-trained villagers from Macha and 1 professional from the team jointly guide the group of builders and provide on-site training to local villagers. To date, 23 villagers from Macha village have been well trained as trainers, and their livelihood was also improved by building earth houses.

According to observation and to statistics on the houses built in various provinces, the construction cost of new rammed-earth dwellings represents on average 2/3 of the cost of local conventional houses built with fired-bricks and concrete. When built with the assistance of neighbors, construction costs can get as low as 1/4 of the cost of conventional structures. Moreover, the embodied energy and CO₂ emission of the former amount to only 25% and 20% of the latter respectively. The ecological and economical potential of upgraded rammed-earth technologies is clearly illustrated through all cross-regional demonstration constructions. Informed and convinced, a growing number of governments and clients are actively asking for technical support. The cross-regional extension work has also drawn a lot of attention from China's mainstream media.

Fig. 7 Distribution of demonstrative constructions and regional impacts





Fig. 8 Vanke landscape project with rammed-earth, Xi'an

CONCLUSION

A large amount of experimental studies have gradually proved that the innovation of traditional architecture based on the use of locally available resources is the most viable and effective path for the development of China's rural construction, ecological architecture and the preservation of cultural heritage. Scientific theories were adequately combined with inventory studies through the effective cooperation between CRATerre-ENSAG and the team. A methodology based on the "high science and low technology" principle needs to be highlighted and well followed so as to ensure that research results are used, adopted and passed on to local populations.

Today, through more and more demonstrative earth-based projects supported by professionals, a wider dissemination and promotion of results and the increased attention given by China's central government concerning tradition heritage, it becomes much clearer that local governments, clients, architects and even the general public are starting to acknowledge the value of earth architecture as a cultural heritage and for its potential in sustainable development. The question changed from "why earthen architecture?" to "how?", which is a positive shift that occurred more quickly than expected by the team 5 years ago.

However, there is still a long way to go. Recently when asking villagers to describe newly-built rammed-earth houses, they commented on their solidity and comfort but also remarked that "they still look like earth". In their mind, the association between "earth" and poverty remains. Therefore, the team is now also trying to apply upgraded rammed-earth technologies into modern earth architecture projects, such as the Vanke landscape project (fig. 8) and the Macha village center (fig. 9), so as to showcase what the future of earth architecture could be. However, much work remains to be done to change the image of earthen architecture in people's minds. What the team has accomplished is a start. The vast field of research that is earthen

architecture needs to pursue efforts towards more systematic and sustainable studies and practices, with more parties involved.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

NBSPRC. (2012). from <http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>

Houben, H. Guillaud, H. (1994). *Earth construction: a comprehensive guide*. London, Intermediate Technology Publications.

Ying, X. (2012). *Basic Mechanical Properties Testing of the New Rammed Earth Building Materials and Structural Performance Analysis*. College of Civil Engineering, Xi'an, Xi'an University of Architecture and Technology. Master's Degree.

Mu Jun, Z. T., Wang Shuai, Wang Mengyi (2014). *Construction Manual of Rammed-earth Eco-dwelling*. Beijing, China Architecture & Building Press.

Fig. 9 Macha village center in Macha village, Gansu



THE IMPACT OF NATURAL BUILDING IN NORTH AMERICA SINCE 1994

AUTHOR

Joseph F. KENNEDY

NewSchool of Architecture + Design, San Diego, California, USA

SUMMARY

Building with earth and other natural building materials has surged in North America since the mid 1990's. Gatherings of natural builders at a series of colloquia starting in 1994 in Oregon, New Mexico and elsewhere have sparked a renaissance of collaboration, experimentation, and information sharing. These meetings have been a critical catalyst to create the current natural building movement in North America. These gatherings also impacted earthbuilding and other vernacular building traditions through the development and dissemination of material innovations and hybrid systems. Several new strains of building with earth, straw, and other natural materials have emerged in North America as a result of twenty years of informal collaboration. These hybrid styles of building with earth include Oregon-style cob, earthbag construction and strawbale/earth hybrid construction. This article will give a brief history of the natural building colloquia and the birth of the North American natural building movement based on the author's personal experience, research and interviews of participants. It will describe the informal process of sharing knowledge common to these events. The paper also includes a survey of the important natural building innovations and publications influenced by the natural building colloquia. Additional study beyond this initial survey is necessary to more thoroughly document the spread of natural building in North America and the impact on the use of earth and other natural materials there.

1. A BRIEF HISTORY OF THE NATURAL BUILDING MOVEMENT

1.1. Prior to 1994 in North America, the use of adobe, rammed earth, and other traditional building systems was limited to a few scattered pioneers, though earthbuilding activity was strong in small pockets such as New Mexico, and timber framing became popular in the Northeast. In 1994, however, a shift in activity began that, over the past twenty years, has led to an immense growth of interest and activity throughout North America in what was originally called alternative building, and is now commonly known as natural building. What happened in 1994 was the simultaneous publication of the first best-selling book of the current natural building renaissance, *The Straw Bale House* (Steen, Steen and Bainbridge, 1994), and the first of many gatherings of builders to explore alternatives to conventional construction. Now that twenty years have passed, it is timely to assess the role of these pioneering activities and their impact on the design and construction industry in North America, especially the use of earth and other natural materials in construction.

1.2. In the years subsequent to its publication, *The Straw Bale House* became a bestseller, and opened the door to interest in straw bale and other natural building techniques (fig. 1). The book and the construction system it describes were heavily covered by the media at the time and led to a flurry of built projects. Little noted, however, was the substantial amount of writing in

Fig. 1 Bill and Athena Steen plastering a strawbale wall with earth plaster, photo: C. Wanek





Fig. 2 Creating a hybrid structure at a natural building colloquium, photo: C. Wanek



Fig. 3 Building an earthbag structure at a natural building colloquium, photo: M. Mazziotti

the book on the use of earth plasters and other natural building techniques. Those that read the book were, in essence, introduced to a larger world of building with natural materials. In fact, the popularity of strawbale construction has led to increased interest and exploration of a wide range of other natural building techniques in North America, including adobe, cob, light-straw clay (leichtlehm), wattle and daub, timber framing, etc.

1.3. Also in 1994, Ianto Evans, Michael Smith and Linda Smiley of the Oregon-based Cob Cottage Company realized that there were many isolated individuals working on various “alternative” building techniques throughout the country. They thought it would be a good idea to get everyone together to meet each other and share ideas and knowledge. They envisioned a gathering (then called the Alternative Building Colloquium) that would be similar to an academic conference in many ways, but would also have significant differences. Like an academic conference, the value in attending the colloquium was conceived as an opportunity to share information, network with colleagues, and create working relationships for future projects (Otero-Iglesias, 2015). However, as the practice of natural building in the US has been mostly promulgated by non-academics, formal papers were not a requirement for presentation. Instead, expertise, and the willingness to share it, were the prerequisites for invitation to the colloquium (fig. 2). Even the word “colloquium” (Latin for “talking together”) was a conscious choice to emphasize the collaborative nature of the gathering. The author attended the second of these gatherings, now called the Natural Building Colloquium, which was held in New Mexico in 1995, and has been closely associated with the natural building movement ever since.

2. THE CONNECTION BETWEEN THE NATURAL BUILDING COLLOQUIA AND THE NATURAL BUILDING MOVEMENT

2.1.1. The natural building colloquia have been characterized by the oral sharing of knowledge and the practical demonstration of a wide range of natural building techniques (fig. 3). Because little has been published on the role of the natural building colloquia and similar gatherings in relationship to the natural building movement in North America, the author has relied on personal experience and long-standing relationships with many of

the leaders of the movement to help inform this study, as well as interviews with several of these leaders. Other evidence has been gleaned from built projects and subsequent books and articles published by attendees of the colloquia. These texts and projects exhibit the influence of this confederation of designers and builders over the past twenty years.

2.1.2. While the mission of the natural building movement has not been formally codified, overarching themes have emerged. Natural builders seek to work with materials and methods that are: minimally processed from the natural state, healthy for workers and inhabitants, low-embodied energy, ecologically sustainable, easily available and (ideally) affordable to all, derived from timeless traditions, yet are innovations that can be applied to today’s needs. The natural building movement has been instrumental in preserving vernacular building traditions (Björnson, 2015), and creating new systems through the marriage of different vernacular systems or combining vernacular traditions with current innovations (fig. 4). Natural building has also had a profound impact on conventional construction. For example, Chris Magwood writes that “... natural builders have had a large influence in jump starting the larger conversation about higher performance buildings and lower environmental impacts” (2015). Thus, the natural building movement can be considered part of the larger “green” building movement, and in many ways a predecessor to it.

2.1.3. Colloquia and similar gatherings (such as those devoted to specific systems such as strawbale or earthbuilding) have been held approximately every year in various locations including: New Mexico, Oregon, California, Texas, New York and elsewhere. There has rarely been an overarching body in charge of these gatherings; they have mostly been self-organized similar to the Permaculture convergences held throughout the world. That said, there are pioneers recognized by the movement as a whole who have exercised profound influence on the nature of the colloquia, as well as impacted the larger movement and how it has grown. Some common aspects of the various colloquia include:

2.2. INCLUSIVENESS

The colloquia have been characterized by openness to new ideas and support for innovation and experimentation between practitioners.



Fig. 4 A silage mixer repurposed to mix earth plaster, photo: J. Kennedy

That is a big part of their draw. These gatherings are marked by an egalitarian atmosphere where everyone treats one another as equals with a shared mission. While the colloquia have sometimes been invitation-only events to promote high-level discussion, there has always been room for less-experienced people hungry to learn. As Janine Björnson writes, “the colloqui[a] were integral to my learning in my early years” (2015). Many of these younger practitioners have gone on to become natural building leaders in their own right.

2.3. DIVERSITY

While natural building has tended to draw interest from a certain limited segment of society, attendees are very diverse in other ways, coming from many backgrounds, ages and experience. One of the most exciting aspects of the colloquia has been the invitation of expert designers and builders from countries outside of North America to share their knowledge. These have included: prominent bamboo architects Simon Velez and Oscar Hidalgo from Colombia, earthbuilder Flemming Abrahamson from Denmark, sustainability pioneer Alexandra Caballero from Mexico, leichlehm expert Frank Andresen from Germany and many others. Each of these practitioners introduced new ideas to an influential audience (fig. 5). This audience has then spread the ideas and techniques to a wider public. These strategic invitations have greatly increased the richness and sophistication of natural building in North America, which, except for earthbuilding in the Southwest, has a relatively recent history in comparison to traditions in other regions. Because the attendees are not limited to academics, the range of presenters has been subsequently broad. This has allowed people who would not attend a traditional academic conference to share their knowledge to an influential group of scholars and practitioners.

2.4. A PROFOUND SENSE OF SHARING AND BUILDING A COMMON NETWORK

An overarching theme of the colloquia has been a spirit of sharing. Carole Crews observes that “the gatherings have made us all feel part of a community ‘think tank’...” (2015). There has been an unspoken agreement to freely exchange ideas and knowledge with the greater goal of promoting the natural building movement. As Leslie Jackson additionally notes: “what strikes the casual observer is how open to sharing ‘trade secrets’ natural builders are” (2015). The natural building movement is characterized by an emphasis on relationship. Deep connections between colleagues have led to long standing personal and professional associations, and more than a few marriages. As



Fig. 5 A range of clay and fiber blocks by Frank Andresen, photo: C. Wanek

Leslie Jackson writes, “I shared a level playing field with leaders in the community who introduced me to collaborators and projects which led to income and further growth” (2015).

2.5. AN EMPHASIS ON DIALOGUE

The colloquia are characterized by an emphasis on one-on-one and informal conversation, often in the context of working together on a project. This is in contrast to the typical conference process of lecturing to a group. While there are formal presentations at natural building colloquia, these are characterized by a rich back-and-forth between presenter and audience and emphasis on the questions they raise rather than simply presenting information with an ulterior motive such as academic advancement or promoting an agenda.

2.6. PRACTICAL INNOVATION

A particularly unique aspect of the colloquia are the real-world projects that are undertaken during the week-long events. Liz John-drow observes that “... having a place to share and experiment without so much client pressure is invaluable to any pioneering movement” (2015). By being able to build together, attendees are more able to thoroughly develop relationships and skills. Special projects have often been proposed that enable attendees to experiment and see what happens when two different systems are brought together in some unique way (Magwood, 2015). Janine Björnson writes that “[s]haring between builders has helped cross-pollinate techniques” (2015) and has spawned a whole series of hybrid building methods that have profoundly influenced the practice of natural building in North America. The following are techniques (with an emphasis on those that utilize earth) that have been innovated or greatly impacted by their demonstration at colloquia:

2.6.1. Oregon cob

The early colloquia introduced many natural builders to cob construction. Cob is a mixture of clay, sand and straw, mixed into a stiff mud and placed directly to form monolithic walls. In North America this technique is also referred to as “Oregon cob” to differentiate this unique method from traditional English cob, which differs significantly in its constituents and technique. As cob works so well with other natural building techniques, this style of building has been widely adopted by natural builders, with ongoing innovation occurring with mixing techniques, constituents, and architectural approaches.



Fig. 6 Building a strawbale and cob dome at a natural building colloquium, photo: C. Wanek

2.6.2. Strawbale and cob hybrids

One of the first hybrid projects at the 1995 colloquium was a strawbale and cob dome, with cob utilized as a mortar between straw bales (fig. 6). While this experimental project was ultimately unsuccessful due to difficulties waterproofing the vulnerable materials, this initial experiment has led to multiple applications of cob with bales as infill, sculpting medium, and other purposes.

2.6.3. Straw wattles

A technique that is a reinvention of a traditional Argentine method is to soak linear bundles of straw in clay/sand slip to make a sausage-like straw-clay unit that can be woven between stakes or draped over wire to make a lightweight partition wall. These “wattles” can also be used to create unique structural overhangs not possible with traditional cob.

2.6.4. Cobwood

Rob and Jaki Roy, the most prominent practitioners of cordwood construction in the US, attended a colloquium where they connected with cob practitioners. Until this time they had been using a cement-lime mortar to create their cordwood walls. After building an experimental wall using cob as a replacement mortar (thus cobwood), they have begun to use and advocate the use of cob as an alternate mortar in their teaching and writing (fig. 7). Other natural builders have used this technique as well.

2.6.5. Leichtlehm (also known as straw-clay, light straw-clay, light loam)

Leichtlehm is a traditional German system of coating straw with a clay slip, then tamping this moist material in between movable forms. It is used primarily to surround timber frame construction. This system has been most prominently promoted in North America by timber framer and natural builder Robert Laporte starting in the early 1990s. Laporte met his architect wife Paula Baker at a natural building workshop, and together they are now amongst the most prominent practitioners of natural building. Frank Andresen, a light-straw practitioner from Germany, also introduced the use of other cellulose materials (wood chips, reeds, burlap) at early colloquia, and the techniques he and Robert Laporte introduced in the mid-90s have spread widely (Elizabeth and Adams, 2005). Another variant on the system include straw-clay blocks developed by Bill and Athena Steen, first utilized in their work in Mexico, and which



Fig. 7 Using cob as a mortar in a cordwood wall, photo: M. Smith

have subsequently been introduced in the US through their workshops. Additional earth/fiber systems introduced at various colloquia include paper/clay mixtures and hemp hurd/clay mixtures.

2.6.6. Earth floors

Traditional earth floors were known to only a few practitioners prior to the colloquia, but their integration into several colloquium projects over the years has helped introduce this technique to many builders and to be widely adopted by them in subsequent projects. Some builders now specialize in earth floors, and the system has matured greatly over the years (fig. 8). Of particular interest is the tamped-earth floor by builder Frank Meyer, an innovation which utilizes pre-mixed road base material, lightly moistened and tamped in a fashion similar to rammed earth (Kennedy, Smith and Wanek, 2015).

2.6.7. Alis

Carole Crews, an expert and advocate for traditional New Mexican plastering techniques, has been instrumental in introducing a clay painting system called “alis” at so many colloquia she “... can’t even count them up” (2015). Mixing clay, fine sand, and/or mica plus pigments and a binder (flour paste or casein) has been widely adopted by many natural builders, and is often used to replace conventional paint in natural building and even conventional projects (Björnson, 2015).

2.6.8. Earthbag construction

Earthbag construction is a system of soil-filled sacks tamped into place to form walls or domes. Earthbags were first used as a natural building technique by German professor Gernot Minke, but most significantly promoted in North America by Persian architect Nader Khalili, who won the Aga Khan Award for Architecture for the system. The author, a former student of Khalili’s, introduced the earthbag system at the 1995 colloquium, and other earthbag experts such as Doni Kiffmeyer, Kaki Hunter, Paulina Wojciechowska, Kelly Hart and Owen Geiger have further refined the techniques and have helped to spread this system so that it is now one of the fastest-growing natural building techniques in the world (Gardella, 2013). The system has been gaining great interest in Nepal after the 2015 earthquake there.

2.7. ISOLATED SETTINGS FOR THE NATURAL BUILDING COLLOQUIA

The colloquia have most often been held in rural locations isolated from the distractions of town. This choice of location has helped foster a very intimate environment, where participants spend significant time with each other. Accommodations are often modest, which helps break down any boundaries between attendees. Participants often camp on site in the type of natural setting that inspires the work in the first place. While sometimes inconvenient, being able to live in unconventional settings for a while has been one of the more special aspects of the colloquia, and a source of memories and connection that last for years. Some of the most powerful interactions have happened during a hike in a nearby wilderness or when sitting around a fire at night. The casual setting encourages the sharing of food, music and other cultural values between diverse participants which helps to create great relationships and solid bonds.

2.7.1. Intentional communities have often been the settings for natural building colloquia, most prominently the Lama Foundation, which has hosted the “Build Here Now” gathering on numerous occasions. In these cases the hands-on projects have helped to support the actual needs of the community. Participants have also had the opportunity to engage with the interpersonal processes of these innovative communities, which has been a learning experience for all.

2.7.2. A notable exception to the rural emphasis of the colloquium has been the Village Building Convergence, which has been held each year in Portland, Oregon since 2002 (cityrepair.org). The establishment of this convergence was a conscious effort to bring the energy and attitude of the colloquium format to an urban environment, and has met with great success and impact. The impact of the Village Building Convergence will be discussed in more detail in section 3.3.

2.8. LACK OF COMPETITION AND AN EMPHASIS ON FUN AND CONVIVIALITY

The colloquia are decidedly informal affairs, and, while the imparting of knowledge is taken extremely seriously, the way in which it is done is with a sense of fun and joy. People enjoy each other’s company, and laughter is heard more often than not. The opportunity to relax and enjoy what is in many ways a family reunion atmosphere is a striking aspect of the colloquia, and a large part of why practitioners want to go to them. They are the main way for natural builders to reconnect with old friends and colleagues and meet new ones. As Liz Johndrow writes, “I found incredible support and met so many of my colleagues there. We continue to meet, support, share and love one another to this day!” (2015).

2.9. INFORMAL ORAL PRESENTATIONS AND PRACTICAL DEMONSTRATIONS RATHER THAN FORMAL PAPERS

The colloquia recall the ancient ways of imparting knowledge through oral tradition. This is in many ways appropriate, as the techniques themselves are often rooted in traditions hundreds of years old. Presentations are in the form of slide shows with minimal text. Presenters tell their stories as they share their research and work. This is in contrast to many academic conferences, which are much more text-centric. Practitioners also share their knowledge through



Fig. 8 Creating an earthen floor, photo: J. Thomson

demonstration of techniques on site. In some ways the lack of formal papers has been a shortcoming of the colloquia, but the knowledge has come out in print through the independent writings of the many colloquium attendees. A notable exception was the 1997 Natural Building Colloquium, in which presenters were asked to write papers. The proceedings of this colloquium eventually resulted in the influential book *The Art of Natural Building*, which is further described in section 3.1.3.

2.10. PRACTITIONER-BASED RATHER THAN ACADEMIC

While academics are not excluded from the natural building colloquia, an emphasis has been on giving voice to builders and designers who are actually doing the work and research in the field. This approach has necessitated the unique format of the colloquia and how information has been shared. The colloquium format has been very supportive of foreign presenters through translation and reliance on visual and practical demonstration of information. In fact these expert invitees are treated like visiting royalty and their information and knowledge has been especially welcomed and further disseminated by colloquium attendees. The current spread of bamboo construction in North America based on the work of visiting Colombian bamboo architects is a good example of this process.

3. IMPACT OF THE NATURAL BUILDING COLLOQUIA

Together, the colloquia, the work of their participants and subsequent publications by many of these participants have birthed today’s natural building movement that continues to grow in popularity. The world of natural building has become relatively mainstream very quickly and increasingly impacts conventional construction in North America. What was once illegal twenty years ago can now often be easily permitted. The wide acceptance of strawbale construction has led the way to legalization of other techniques, such as cob or straw clay, which are currently in the process of being accepted by many building departments. This is due to the tireless and selfless work of many builders, designers and clients who have pushed the envelope of what is possible. The natural building colloquia have been critical venues to share lessons learned in this greater effort to widespread acceptance of these timeless techniques.



Fig. 9 Participants at a Builders Without Borders facilitator training event, photo: C. Wanek

3.1. PUBLICATIONS

Little has been published about the natural building colloquia themselves. They constitute an oral history known only to those that have been there. However, the natural building movement and the impact of the colloquia have been spread indirectly by publications by attendees.

3.1.1. The main journal to promote the work of the natural building movement has been *The Last Straw Journal* (thelaststraw.org), founded by Matts Myhrman and Judy Knox in 1990. While originally focused on strawbale construction, this journal has been the main conduit for sharing new ideas and projects by a range of natural building practitioners.

3.1.2. Several books have been published by natural building practitioners active in the natural building colloquium. Other books have heavily featured the work of natural builders in North America. While not comprehensive, the following list of books has helped feature, influence and spread the word about natural building (earthbuilding in particular) in North America: *Econest: creating sustainable sanctuaries of clay, straw, and timber* (Baker-Laporte and Laporte, 2005); *The econest home: how to design and build a light straw clay house* (Baker-Laporte and Laporte, 2015); *Alternative construction: contemporary natural building methods* (Elizabeth and Adams, 2005); *The hand-sculpted house: a practical and philosophical guide to building a cob cottage* (Evans, Smith, and Smiley, 2002); *Earthbag building: the tools, tricks and techniques* (Hunter and Kiffmeyer, 2004), *Home work: handbuilt housing* (Kahn, 2004); *The natural building companion: a comprehensive guide to integrative design and construction* (Racusin and McArleton, 2012); *Built by hand* (Komatsu, Steen and Steen, 2003); *Making better buildings: a comparative guide to sustainable construction for homeowners and contractors* (Magwood, 2014); and *The hybrid house: designing with sun, wind, water and earth* (Wanek, 2010).

3.1.3. While there has been a lack of emphasis on academic papers at the natural building colloquia, an important exception occurred in 1997. The author was part of the organizing committee of that colloquium, held in Kingston, New Mexico, and put together a collection of papers from the presenters of that gathering. This was a very challenging and important task, as,



Fig. 10 Example of a bench built as part of the Village Building Convergence, photo: M. Lakeman

while attendees were often the masters of their particular building system, most had never written anything before. The resulting proceedings came to the attention of New Society Publishers, who asked for an expanded version to be published as a book, to be called *The Art of Natural Building*. The resulting text, first published in 2002, collected work from the greatest diversity of natural designers and builders seen to date, and has gone on to be a best-seller, recently published in its second edition (Kennedy, Smith and Wanek, 2015). This book helped popularize the term “natural building”, and perhaps more than any other, captures the spirit and intent of the natural building movement.

3.2. BUILDERS WITHOUT BORDERS

In 1999, a group of builders at a colloquium of that year convened a special meeting to discuss how the natural building movement could contribute to solving housing and other shelter issues in situations such as natural disaster, refugee situations or economic impoverishment. At this meeting, the non-profit organization Builders Without Borders (BWB) was formed (builderswithoutborders.org). Over the years BWB has worked with numerous community groups to utilize local materials such as earth, straw and stone to solve local shelter problems (fig. 9). BWB has engaged in straw and earth-related projects in Pakistan, Haiti, Mexico, and South Africa. BWB is currently focusing on helping rebuilding efforts in Nepal after the recent earthquake. They have also shared information with other groups seeking to learn about natural building techniques and how to apply them to their particular situation. As part of this effort, the author edited the book *Building Without Borders* (Kennedy, 2004) to collect best practices of natural building techniques utilized to serve the underhoused.

3.3. THE VILLAGE BUILDING CONVERGENCE

At the 2000 colloquium in New Mexico, the author met architect Mark Lakeman, founder of the grassroots non-profit City Repair. Lakeman had had the vision of creating community in the city of Portland, Oregon through community engagement in grassroots placemaking, reclaiming public right of way for gathering spaces and public amenities such as playhouses, benches and information kiosks (Hemenway, 2015). In 2001 Lakeman invited the author to teach a natural building workshop to residents and representatives of the city of Portland. The idea of natural building in the city was very well received, and the suggestion that Portland host a natural

building colloquium of its own was accepted. The next year Portland hosted the first annual Village Building Convergence, which featured multiple community projects over a week. These yearly convergences have led to immense natural building activity in Portland, especially using cob and recycled materials (fig. 10). This work has had a huge impact on the popularization of earthbuilding in urban environments, and because the projects are in highly populated settings, has impacted many more people than the typical rural projects. These convergences have helped to spread natural building throughout the northwest, and to other cities throughout North America.

3.4. NATURAL BUILDING AND THE CODES

One of the most important yet little recognized efforts of the natural building community has been to make these systems legally approvable. Due to the efforts of David Eisenberg and Tony Novelli of the Development Center for Appropriate Technology (dcat.org), structural engineers Bruce King and David Mar, and architect John Fordice, among others, systems such as clay-plastered strawbale construction and cob enjoy increased viability in many code jurisdictions. David Eisenberg in particular has been tireless in his advocacy for natural building and has had great impact on code-developing bodies such as the International Conference of Building Officials (ICBO) which write the codes that are widely adopted in North America, and increasingly, worldwide.

CONCLUSION

The natural building movement in North America has been an organic one, spreading knowledge through personal connection, practical experience and word of mouth. Until recently this movement has been like a large family and has worked quietly in undisturbed corners. However, with increased attention to the impacts of construction on climate and the environment and the growing health concerns about conventional building projects, natural building is ready to go to the next level. What has been largely a rural phenomenon has increasingly entered urban environments. What was once wildly experimental has become extremely professionalized and consistent with best practices at the highest levels of building science (Racusin and McArleton, 2012). Despite its profound impacts, the natural building movement in North America has been little studied. It is hoped that this initial survey will lead to more thorough documentation of the impacts of the natural building colloquia, increased recognition of the pioneering natural builders and designers, and a celebration of the success of the buildings themselves. Such efforts will help this movement to continue to grow to even better address the problems facing our built environment and the planet as a whole.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Baker-Laporte, P. and Laporte, R. (2005). *Econest: creating sustainable sanctuaries of clay, straw, and timber*, Gibbs Smith, Publisher, Salt Lake City, Utah.
- Baker-Laporte, P. and Laporte, R. (2015). *The econest home: how to design and build a light straw clay house*, New Society Publishers, Gabriola Island, BC, Canada.
- Björnson, J. (2015). *Personal communication*, September 14, 2015.
- Crews, C. (2015). *Personal communication*, September 24, 2015.
- Elizabeth, E. and Adams, C. editors (2005). *Alternative construction: contemporary natural building methods*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Evans, I., Smith, M. and Smiley, L. (2002). *The hand-sculpted house: a practical and philosophical guide to building a cob cottage*, Chelsea Green, White River Junction, Vermont.
- Gardella, C., editor (2013). *EarthUSA 2013 proceedings: 7th international earthbuilding conference*. *Adobe in Action*, New Mexico.
- Hemenway, T. *The permaculture city: regenerative design for urban, suburban and town resilience*, Chelsea Green, White River Junction, Vermont.
- Hunter, K. and Kiffmeyer, D. (2004). *Earthbag building: the tools, tricks and techniques*, New Society Publishers, Gabriola Island, BC, Canada.
- Jackson, L. (2015). *Personal communication*, September 17, 2015.
- Johndrow, L. (2015). *Personal communication*, September 14, 2015.
- Magwood, C. (2015). *Personal communication*, September 14, 2015.
- Kahn, L. (2004). *Home work: handbuilt housing*, Shelter Publications, Bolinas, California
- Kennedy, J., Smith, M., and Wanek, C., editors (2015). *The art of natural building: design, construction, resources* (Second Edition), New Society Publishers, Gabriola Island, BC, Canada.
- Kennedy, J., editor (2004). *Building without borders: sustainable construction for the global village*, New Society Publishers, Gabriola Island, BC, Canada.
- Komatsu, E. Steen, A and Steen, B. (2003). *Built by hand*, Gibbs Smith, Publisher, Salt Lake City, Utah.
- Magwood, C. (2014). *Making better buildings: a comparative guide to sustainable construction for homeowners and contractors*, New Society Publishers, Gabriola Island, BC, Canada.
- Otero-Iglesias, M. (n.d.). *The great benefits of attending academic conferences*, <http://www.uaces.org/resources/the-great-benefits-of-attending-academic-conferences>, accessed, October 6, 2015.
- Racusin, J. and McArleton, A. (2012). *The natural building companion: a comprehensive guide to integrative design and construction*, Chelsea Green, White River Junction, Vermont.
- Steen, A., Steen, B. and Bainbridge, D. (1994). *The straw bale house*, Chelsea Green, White River Junction, Vermont.
- Wanek, C. (2010). *The hybrid house: designing with sun, wind, water and earth*, Gibbs Smith, Publisher, Salt Lake City, Utah.

LIGHT EARTH BUILDING

AUTHOR

Franz VOLHARD

Schauer + Volhard Architekten BDA, Darmstadt, Germany

SUMMARY

Light earth: an amazing building material, but completely unknown. Mostly discussed on the periphery, along with rammed earth, cob and earth bricks, and also arguably seldom used in earthen construction during times of shortage after the wars. Because of the scarcity of wood, monolithic earthen construction was the first choice at the time. Today the renewable surplus of wood has led to the Renaissance of wood-frame construction, and we can go back again to the old tradition of the earth formwork in the modern form of wooden skeleton and frame construction. The big advantage compared with load-bearing construction methods: earthen construction works can be built under the weatherproof protection of the roof. Earth is adaptable and is the ideal partner for wood because of its drainage qualities. With thermal-insulating light earth, all structural elements – exterior and interior walls, ceilings and roof – can be filled in a non-load bearing way. The desired thermal insulation or heat storage are controlled through the proportion of earth and straw mixed together. Uncomplicated production with simple hand tools or machine support promised a quick and cost-effective implementation, even in professional applications.

1. BUILDING WITH LIGHT EARTH

After publication of some initial realisations with light earth, the request came to summarize these experiences in a book. “Leichtlembau, alter Baustoff – neue Technik” appeared in 1983. It offered an opportunity, to examine alternatives systematically to make walls, ceilings and roofs with light earth. Along with questions of building codes, the building physics of earthen building materials were still an especially blank slate. The basics of thermal insulation, moisture protection, fire prevention and sound insulation had to first be developed. After the thermal insulation requirements were raised, multi-layered constructions with additional thermal insulation were also developed for the fifth edition in 1995. In the seventh edition from 2013, historical and advanced techniques for the freehand application of heavier light earth are new. For this, the results of a research project about historical straw-clay techniques and practical initial realisations were included. Numerous new and international projects were added. In 2016, the eighth German edition as well as a English and a French edition appear (Volhard, 2016).

1.1. LIGHT EARTH

Light earth is an earth building material that has an insulating effect that is especially suited for our climate. Like straw-clay it is a mixture of earth and straw or other lightweight aggregate, which form the primary constituent of the mass. The earth serves predominantly as the binding matrix. Light earth is a panel infill material for use within a loadbearing timber framework, which can, however, be more slender than traditional half-timbered constructions, and therefore more economical in its use of wood.

The technique arose in Germany some time after 1920 out of the traditional straw-clay approach. It is described as an earth mass with a bulk density of less than 1200 kg/m³. Medium-grade light earth is 600 to 800 kg/m³ and very lightweight light earth mixtures of around 300 kg/m³ are possible when using a very clay-rich earth.

In contrast to the other earth building materials, the earth is mixed in a fluid state. The mass is then filled into sliding formwork and compressed directly in the wall or else formed into bricks, panels or blocks. The insertion and compression of the malleable mass is simple and requires less time and labour in comparison to rammed earth, earth block or cob wall constructions. Dry bricks and panels, on the other hand, can be laid at any time of the year. A combination of both methods can be advantageous, making the construction time largely independent of the time of year.

Due to its technical and physical properties, light earth has proven to be an increasingly contemporary building material – especially in comparison to the common panel materials and insulation infill used in modern timber frame construction:

- Light earth can be used as an infill material for all building elements above the foundation and stem walls, and is applied in largely the same way using the same basic material. This includes external and internal walls, floors and roof insulation.
- Light earth has a balanced mix of thermal insulation and thermal retention properties. This property can be adjusted by altering the mixing proportions of earth and aggregates.
- Its fire-resistant properties are a product of the complete coating of the combustible plant fibres in non-combustible earth material.



Fig. 1 The tumbler discharges directly into a wheelbarrow, photo: Vasko Drogiski

- Light earth can absorb and release moisture. Its good vapour diffusion and capillary conduction properties at low levels of equilibrium moisture mean that walls stay dry.
- The working method is easy to learn and easy to undertake oneself.

1.2. EARTH

Earths for light earth building need to be suitably adhesive in order to effectively bind and coat the lightweight aggregate material. The richer the earth, the less material required and the more it can be diluted. The bulk density of the resulting mass is then lower. Very lean earths are suitable for building when of a thick or pasty consistency for straw-clay and other fibre-based mixtures.

The particle size distribution of the earth plays a lesser role in light earth building as the mass is sufficiently stabilised by the fibres and aggregates. Most earth testing methods are designed for testing soils that will be used for loadbearing purposes. For light earth and all other fibre-based earth mixtures, it is not necessary to conduct such extensive tests. It is usually sufficient to test whether the cohesion is sufficient, and the preparation of the material is not unduly difficult. The cohesion test (“essai de 8”) is recommended. It was adopted in the preliminary norm DIN 18952, 1956 and reintroduced in the *Lehmbau Regeln*, 1998 (*Lehmbau Regeln*, 2009). It is used to determine the tensile strength of earth in a normed visco-plastic state. From this the earth sample can be classified according to its ability to withstand tensile force.

Lean earths can quickly be used to produce a slip. Clay-rich earths, on the other hand, are more difficult to dissolve into water if added in a moist or wet state to water, rather than using dry powder.

1.3. AGGREGATES FOR LIGHT EARTH

For light earth construction, the most common aggregates are straw, woodchip or mineral aggregates. Air trapped in the pores and cavities is responsible for the material’s insulating effect. Other fibrous, wooden or mineral aggregates are also possible. Fibres are better at stabilising the earth mixtures than mineral aggregates and lower its susceptibility to water erosion and frost.

Given the large quantities of light aggregates required, it is simplest and cheapest to procure straw as an agricultural by-product. In bales, it is easy to transport and to stack. Bale straw usually has the right length of straw and does not need cutting or chopping for most building applications.



Fig. 2 Plank stud construction with light earth wall infill house in Victoria, Australia, photo: Vasko Drogiski

2. PREPARATIONS

2.1. CLAY SLIP

For light earth construction, earth is mixed with water to form a pourable slip. Earths and clays of all kinds are most easily made into a slip when dry, as the open capillaries within the material absorb water readily. Mixing should take place in a container with solid base and sides. Various mixers or agitators of the kind used to stir and mix paints, mortars and emulsions are suitable for mixing a clay slip. Plastering machines can be used not only to mix the slip, but also to pump it to where it is needed and to spray-apply it with the help of compressed air, reducing the labour involved considerably.

The clay slip should be pourable and flow easily from the shovel which, after dipping in the slip, should remain evenly coated with slip. One should also verify that the aggregate is likewise well coated with slip after insertion. Using a thin slip produces a lightweight, well insulating mass, while a thicker slip is good for making light earth panels and bricks that need a stronger structure.

Fig. 3 House J in Darmstadt, Germany, photo: Schauer + Volhard





Fig. 4 Light earth exterior cladding on lattice, House J, photo: Schauer + Volhard



Fig. 5 Heavy light earth on lattice, House J, photo: Schauer + Volhard

2.2. STRAW

In most cases, straw comes pre-bound in bales and has been broken down to approximately the right size for building purposes by the combine harvester and baler. Straw needs to be loosened and picked apart so that no nests of straw remain. For the preparation of heavy mixes, as well as for fashioning light earth bricks and blocks, shorter straw is useful. Straw is cut to size on a chopping block. For shorter lengths, straw chopping or shredding machines can be used.

2.3. PREPARATION OF THE LIGHT EARTH MIX

The light earth mix is prepared by mixing a clay slip as evenly and sparingly as possible with the aggregate so that all of it is evenly coated and the resulting mix has the colour of the earth. There are different ways of mixing the constituents which are more or less well suited for different aggregates:

- the clay slip is poured or sprayed over the aggregate material
- the aggregate is dipped in the clay slip
- the aggregate and earth are mixed together in a mechanical compulsory mixer

The use of a pump and hose also makes it possible to transport the heaviest part of the light earth mix to wherever it is needed. This enables one to mix the light earth in the room or storey where it is needed. The dipping method can likewise be used both for straw and wood-chip light earth. The clay slip is poured or pumped into a trough or tub with a solid base. The aggregate material is then added and trodden beneath the surface wearing wellington boots until all the slip is evenly distributed from below.

For machine-processing straw-based light earth a few specific kinds of machine, for example a tube mixer or “tumbler”, are suitable (fig. 1).

2.4. MIXING PROPORTIONS

The mixing proportions of the light earth mixture depends on the desired properties of the building element. The lower the earth content, the lighter the resulting mixture and the better its insulating properties. As the proportion of earth increases, the heavier the mix becomes and the better its sound insulation, thermal retention capacity and fire-resistant properties. The bulk density of the mixture is therefore primarily a factor of the proportion of earth within it and less the quantity of the lightweight fill material. The actual dry bulk density can be determined and verified by making test cubes.

3. WET CONSTRUCTION

3.1. SHUTTERED WALLS

In a loadbearing timber construction, a light earth mix is inserted between shuttering made of sliding formwork, full-surface formwork or lost formwork and compacted into a solid mass. External walls can be constructed as a single layer up to a thickness of 30 cm. Better insulation can be achieved with thicker walls made of light earth masonry or by using additional layers of insulation. Internal walls with a thickness of 10 to 15 cm are sufficient to act as a thermal mass and good sound insulators.

The loadbearing posts of the structural timber frame can be spaced at wider intervals. Between them, a slenderer supporting framework can be erected (fig. 2). Sliding or climbing formwork is attached the timber construction and slid upwards with each new section of walling. The vertical frames both hold the formwork panels apart and act as vertical slide rails. The formwork - light as possible - is either screwed to the supports or pressed against the wooden rails with typical tie anchors. Lost formwork, obviates the need to stop and reposition sliding formwork during insertion of the wet mass in the wall as it remains permanently in place after completion of walling. Reed plaster lath retains the mixture in place while also allowing the wall to dry. Lattices made of spaced battens do not prevent drying and can be used as “lost climbing formwork” on the filling side and across the entire face of the building element on the reverse side. This method can also be used for very lightweight insulating light earth mixtures.

The light earth material is filled in, distributed evenly and then pressed into the shuttered form. It can be compacted layer for layer until the height of the wall is reached. It is not necessary to compact too firmly or for a long time.

3.2. MANUAL APPLICATION

Light earth walls can also be constructed without formwork. Much like the historical wattle-and-daub technique, a supporting framework of latticework or slats serves as a backing for the light earth material (Volhard, 2010). Such walls can be between 4 and 25 cm thick. The straw clay or heavy light earth mixture (approx. 1000 kg/m³) must have a sufficiently high earth content to be workable as a malleable mass. The supporting framework can be made in different ways: Wattle is traditionally made of rods woven between fixed stakes. A short-fibre earth mass is applied with a trowel or float to one side and allowed to dry a little before applying from the reverse side. Long-



Fig. 6 Restoration with light earth masonry and wattle-and-daub, Mörfelden, Germany, photo: Schauer + Volhard

stem straw-clay is worked in by hand. A thin layer is then applied from both sides and the surface struck flat and smoothed to achieve a perfectly flat surface.

The manual application on a backing of regularly-spaced laths is also a common historical method. The principle is much simpler than with wattle: sawn laths (or riven wood or rods) are fixed horizontally to the vertical supports along the entire length of the wall and covered saddle-like with straw-clay or straw light earth (fig. 3, 4 and 5).

3.3. FLOORS AND CEILINGS

Filling the panels between timber joist floors with light earth adds thermal mass and improves sound insulation and fire resistance. On stakes or lathwork, a heavy malleable mass is used, which is either filled onto timber panelling or wrapped around stakes. For earth reel floors, stakes made of unleft wood or strong battens are wrapped with straw-clay and inserted between the floor joists into notches.

The earth mass also can be compacted from one side into a cavity formed by sliding formwork, much like with compacting earth in a wall construction. After removal, the formwork leaves a smooth, plasterable underside. If sufficient formwork is available, the entire underside of the floor can be equipped with shuttering.

4. LIGHT EARTH IN BUILDING RESTORATION

Light earth – alongside straw-clay and fibre-clay – is an ideal material for renovating and converting half-timbered buildings (fig. 6 and 7). Intact straw-clay infill panels can and should always be retained, obviating the need for demolition, removal, refuse fees and renewal of the panel. Holes can be easily repaired with straw-clay or fibre-clay. Panel material that is removed can be recycled for use elsewhere. To improve the thermal insulation capacity an internal wall lining of light earth can be applied. Light earth wall linings are one of the few problem-free ways of insulating on the inner surface of external walls, and have been used successfully in the renovation of countless half-timbered structures.

5. DRY CONSTRUCTION

A large number of manufacturers now offer a variety of ready-made products for dry construction ranging from bricks and blocks made



Fig. 7 Straw-clay undercoat plaster with combed ornamentation for the adhesion of plaster, Mörfelden

of light earth to large-format panels and building boards. One can also produce one's own bricks and panels using very simple means. The advantages of dry construction are compelling: minimal moisture is introduced into the building and work can take place year-round. There is no need for formwork and supporting construction, and larger distances between timber studs are possible.

Light earth bricks, blocks and panels are suitable for walls and floors, for panel infill and thermally insulating external walls. The advantage of light earth bricks over heavier bricks is not only their lighter weight but also their more balanced thermal properties and surface warmth (fig. 8 and 9). Made with a fibrous aggregate they are more resistant to chipping, less susceptible to moisture and frost and swell minimally when absorbing moisture. The low weight of light earth makes it possible to make larger brick formats. Light earth masonry – like compacted walls – is used as infill within a timber frame. It is non-loadbearing and may only sustain its own weight.

Self-produced bricks and panels are pressed by hand into a mould. The mould typically comprises an open frame that is open at the top and bottom. The mass is compacted with a short-handled tamper.

With hand-operated presses bricks and panels are compressed with a very small force compared with the forces used for making compressed earth blocks.

Dry lining building boards made of light earth or fibre-clay are between 16 and 35 mm thick and can be used to quickly clad a supporting construction, in conjunction with wall insulation and for lining the interior of roof spaces and cladding ceilings. For thermally insulating wall linings, the resulting cavity is filled with insulation. Building boards are screwed to a supporting construction of timber battens set forward of the existing wall surface. Their flat surfaces can be plastered with a 5 to 8 mm thick single layer of fast-drying finishing plaster.

6. PLASTERS

The generally open-pore surface of light earth is a good plaster substrate for all kinds of plaster. The historical method of using lime mortar with added animal hairs as reinforcement is highly recommended as it is less susceptible to cracking when the timber structure moves. Today earth plasters are experiencing a renaissance. They are elastic, sorptive, vapour permeable and also sufficiently hard – but they are not in their natural state resistant to water. In buildings



Fig. 8 Studio House, Darmstadt, Germany, photo: Schauer + Volhard

made of earth materials, earth plasters are a natural choice for internal wall surfaces. Fibre-clay or straw-clay plaster mortar is very elastic and warm. Even without an additional coating, it is resistant to water erosion. Historical fibrous earth plasters with a high straw content, are typically used as an undercoat plaster for thin lime renders, as they bond well. Like normal light earth, undercoat plaster can be prepared with uncut bale straw. The mixture with a bulk density of approx. 1000 kg/m³ can be thrown or applied and then smoothed with a float. Through the reinforcing effect of the long fibres, it is not necessary to include a reinforcement mesh over timber elements and uneven substrates. The plaster can be applied in thicknesses of between 5 and 50 mm, and can fill holes and even out irregularities in the substrate (fig. 10).

7. COST AND LABOUR

Because light earth building techniques are straightforward, they are well suited – after proper initial instruction – for self-build initiatives. The few simple tools needed are mostly readily available or can be hired. The lightweight shuttering can be made out of nor-

Fig.9 Stacked light earth blocks in prefabricated wooden elements, Studio House, photo: Schauer + Volhard

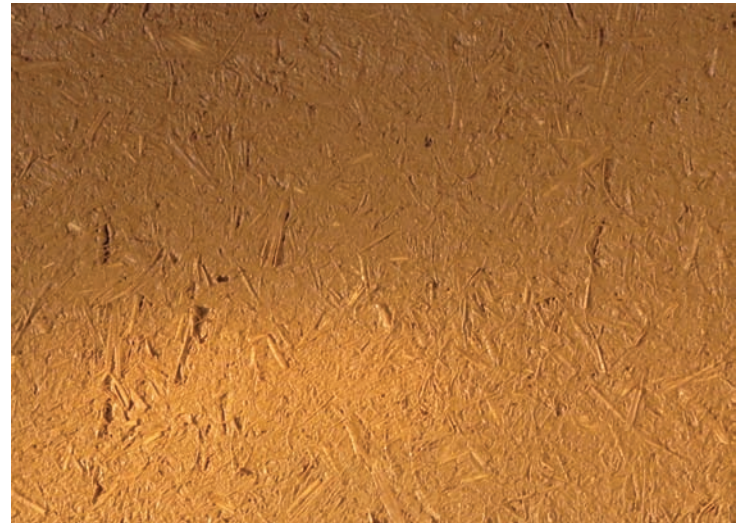


Fig. 10 Light earth plaster prepared with uncut bale straw, photo: Schauer + Volhard

mal formwork materials. Heavy-duty formwork of the kind used for rammed earth is not required for light earth.

Light earth is also viable in a professional context and with effective rationalisation of the building process – e.g. using machinery, prefabricating building elements and using ready-made products – need not be more costly than other methods.

NEW CONSTRUCTION WITH WOOD + EARTH

The new wood-earth building is a contemporary alternative for those in search of possibilities for construction that are sustainable, healthy, environmentally-friendly and conserve resources. Earthen structures combined with wood and renewable insulation materials correspond ideally to today's high demands in building physics for thermal insulation, heat storage, sound insulation and fire prevention, and they make a very good interior climate possible. Compared to wood-frame construction that is usually only filled in with light insulating material, heavy earthen building materials store up coolness at night in summer and radiant warmth from the sun in winter. A big advantage of wood-frame construction was always the slim wall-thickness, which made space-saving floor plans possible. Modern hard building materials – most with needlessly high rigidity – can only be brought back into the material cycle by shredding them at great expense. In contrast, wood and earth constructions can be easily and noiselessly renovated and rebuilt, and a large proportion of the building materials can be reused over and over again. Additionally, wood-earth houses don't have to be expensive and offer many possibilities for self-build projects.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Volhard, F. (2016). *Construire en Terre Allégée*, Actes Sud, Arles.
- Volhard, F. (2016). *Light earth building, A Handbook for Building with Wood and Earth*, Birkhäuser, Basel.
- Volhard, F. (2016). *Bauen mit Leichtlehm – Handbuch für das Bauen mit Holz und Lehm*, 8. überarbeitete und erweiterte Auflage, Birkhäuser, Basel.
- Volhard, F. (2010). *Lehmausfachungen und Lehmputze - Untersuchungen historischer Strohlehm*, Fraunhofer IRB, Stuttgart.
- Lehmbau Regeln (2009). Dachverband Lehm e.V., editor (2009), *Lehmbau Regeln: Begriffe - Baustoffe - Bauteile*, Vieweg+Teubner, Wiesbaden.

BUILDING WITH AND FOR THE PEOPLE: EARTH ARCHITECTURE AS A CATALYST FOR DEVELOPMENT

AUTHOR

Anna HERINGER

ETH Zürich UNESCO CHAIR Earthen Architecture,
Constructive Cultures and Sustainable Development
HERINGER RAUCH, ETH Zürich, Switzerland

SUMMARY

Working at all levels to disseminate the potentials of earthen structures – through excellent pilot projects, theoretical and practical training of craftsmen, architects and engineers, especially in universities – will be essential to re-anchor earthen structures in contemporary architectural design. The implementation of earthen structures requires the participation of many people, which is also a way to generate income opportunities. With “social capital” as the main energy source for construction, and the ability of earth materials to dissolve into the ground without negatively impacting the environment, earthen structures are an extremely effective solution to face the challenge of housing the world’s growing population in a sustainable and beautiful way.

In general, earth is a material that is locally available, often at no cost, and which requires a high degree of human labour. In this scenario, the majority of a building’s budget lies with those who construct it. The way in which architecture is taught has a deep influence on future construction trends. Therefore, earthen structures need to be incorporated into curriculums, and earth explained as a material available to almost anybody and that can be used without causing any environmental harm. Practical know-how must be emphasized and taught along with digital skills.

1. OVERCOMING FEAR IS THE CORE-CHALLENGE FOR BUILDING WITH NATURAL MATERIALS

1.1. FEAR OF VULNERABILITY

My years of experience with clients, co-workers, audiences, colleagues and neighbours has taught me that we live in fear of decay; we combat the erosion of our buildings, resulting in sealed soils and (over)fortified structures.

In 2005–2008, five¹ buildings in earth and bamboo were constructed in the remote village of Rudrapur in North-Bangladesh. The building process also served as training for over 50 crafts(wo)men from Rudrapur and its neighbouring villages (fig. 1 and 2).

Two years after the construction of the METI School in Rudrapur, Bangladesh, I received an emergency call from the headmaster informing me that a major beetle attack had damaged the upper storey’s bamboo structure. My reaction to this news was severe panic, followed by disappointment; since durability and qualitative architecture always were my explicit aim, I had clearly failed. The building would return to compost within nine years.

1.2. LEAVING A LEGACY OF KNOW-HOW WITHOUT EXCESS WASTE DEFINES ARCHITECTURE FOR DEVELOPMENT

It took me six years to understand that, on the contrary, this perceived disaster did not actually represent a form of failure. When the knowledge of construction remains, people can re-build according to their needs. The materials’ ability to return to the earth from whence they came in a natural cycle presents an important potential. In Rudrapur, the bamboo construction was rebuilt – and improved – without any assistance from outside experts. Local workers could rebuild the damaged structure (fig. 3), new craftsmen received training; moreover, bamboo was planted within the area, providing a fresh supply source when repairs were needed. All of this generated income for the workers and their families.

This, to me, embodies a particularly important lesson: we should evaluate buildings by taking note of the amount of know-how and skills that is generated through their implementation. It is never possible to fully foresee the situations that may arise over time, but by building with local, natural materials that involve a high amount of craftsmanship, know-how is spread and sustainability is guaranteed. Let us allow buildings to erode and turn into compost; so long as the knowledge required to rebuild and improve remains, current and future generations can shape their housing according to their needs.

¹ METI School in Rudrapur 2005–2006, architecture: Anna Heringer, Eike Roswag; Design and concept: A. Heringer, Technical planning: E. Roswag, Structural Engineering: ZRS, consultant in bamboo structures: Emmanuel Heringer, Stefanie Heringer, consultant in earthen structures: Martin Rauch, DESI vocational school, Rudrapur 2007–2008, architecture: Anna Heringer, structural engineering: Stefan Neumann, site supervision: Stefan Neumann, Montu Ram Saw, HOME made 3 housing prototypes, Rudrapur, Vishnupur, 2007–2008, BRAC University, BASEhabitat, supervision and concept: Anna Heringer, site supervision: Khondaker Hasibul Kabir, Montu Ram Shaw, Stefan Neumann



Fig. 1 The METI school was built in a small village in Bangladesh out of local materials (mud, straw and bamboo) and completed with local craftsmen. Photo: Kurt Hörbst

Moreover, that which should be treasured and is worth maintaining will indeed be preserved, generation after generation.

A journey to Haiti in 2012, after the earthquake, was another experience I found particularly moving. The fear of this intense degree of destruction was overwhelming, leading to a severe backlash characterised by the over-use of resources. Too much steel, too much cement, while struggling with the rubble leftovers of destroyed structures. The latter were removed, stored, and eventually used as landfill, serving as a base for new housing projects. No tree, no garden could grow above the rubble, resulting in an unbearable microclimate.

Out of fear, we build with more resources than needed in order to achieve more stability, a concept too often directly linked to the perception of security. More so than the materials themselves, it is the incorrect use or the over-use of materials that creates problems. Therefore, the building industry and we, as architects, need to be particularly careful and use the right material for the right purpose in order to achieve a balanced access to resources without exploiting our ecological system. Building so that structures may return to the earth is a way to protect future generations, so that they may also live in a fertile planet.

In general, earth is considered to be the most vulnerable building material because it is water-soluble. Increasing trust in this material is the prerequisite for promoting earthen structures in contemporary architecture, eventually scaling up projects from a niche into the mainstream. From my point of view, there are two ways to overcome the fear of vulnerability: education and aesthetically-compelling

pilot projects. The first is achieved through a deep understanding of the material and its implementation, the second may be found in the power of beauty.

2. EDUCATION

The most important task for the architects and planners of our generation is to create safe and healthy housing conditions for seven billion people – while at the same time fostering social justice, enriching our built environment with cultural diversity, and stabilizing our planet’s ecosystem. Materials such as fired bricks or concrete alone could not fulfil this task. Building with raw, natural materials, such as earth, is one solution to achieve this goal. Around 3 billion people currently live in structures made of raw earth. However, architecture or engineering courses on the use of such materials are hard to find. To fundamentally understand a material, theoretical knowledge does not suffice: it must be paired with practical training.

Hands-on educational projects for students, architects, and engineers seek to promote building with “mud” all around the world, in any context. These training sessions give students and architects the possibility to learn about the qualities of raw earth and to regain trust in the world’s oldest, and even today, most predominant building material.

2.1. MUDWORKS AT HARVARD WITH MARTIN RAUCH

“Don’t just talk about sustainability – get your hands dirty!” was the slogan for a workshop on earthen structures at Harvard’s Graduate School of Design (GSD), a project completed during the duration of



Fig. 2 Training local craftsmen. Photo: Kurt Hörbst

my Loeb Fellowship with Martin Rauch. 150 people from Harvard, the Massachusetts Institute of Technology, the Rhode Island School of Design, as well as members of the public joined the call and transformed nearly 50 tons of local earth into a temporary structure along the most prominent facade of GSD's Gund Hall.

The "Mud Hall" is located in between two iconic buildings. It leans towards the Gund Hall, a reinforced concrete building in modernist style, and is vis-à-vis from the Memorial Hall, a building in High Victorian Gothic style; like many other buildings in Cambridge, it is built with fired bricks. The choice of concrete for the Gund Hall could be interpreted as a form of backlash to the neo-gothic brick building, the sign of a new era. In a more modest way, the Mud Hall also intends to be seen as the symbol of a new era (fig. 4 and 5).

2.2. ETH ZURICH SUMMER SCHOOL IN TANZANIA WITH MARTIN RAUCH

Another design-build project was a summer course conducted by the UNESCO Chair for Earthen Architecture, Building Cultures and Sustainable Development at the ETH Zurich. This studio design course led by Anna Heringer and Martin Rauch, in cooperation with the Chair of Building Structure of Prof. Dr. Philippe Block and the Integrated Building Systems Master's programme at the ETH Zurich Department of Architecture, was conducted in partnership with the Rural Development Organization (RDO) NGO and the University of Dar es Salaam in the highlands of Tanzania. Studio Heringer-Rauch conducted a design course entitled "just build" in the Spring 2015 semester, in order to plan two houses for AIDS orphans and a community centre for the 300-person village of rural Mdabulo, Tanzania. The goal of the semester design was not only to define typologies of social residential construction and investigate the use of earthen materials in vernacular building, but to research how the local community and earthen architecture can simultaneously enrich one another through the design and construction process. The students learned about earthen building alongside local day labourers from the village in order to facilitate knowledge transfer on rammed earth construction.

Current trends in the education of architects and planners focus on the use of digital tools. The skilful use of software is the new craft in which students are trained. The results are quite often sophisticated shapes and structures that follow virtual parameters evolving out of aesthetic considerations. The predicted future is that those designs will be sent to specialists anywhere in the world to generate automa-



Fig. 3 The school in 2014 after the bamboo reconstruction. Photo: Kalpana Ray

tic production processes and cast prefabricated elements, which are installed on-site at a later point in time. Students rarely understand how to shape a building out of material characteristics and work processes, because in general they do not have access to practical work experience. A result of this way of designing and building will be the vast use of materials that are standardized, easy to cast, and resistant to microclimates. In such a system, a large portion of the budget is to be invested on machinery and expert consultants. To be clear: certainly digital tools and intelligent technologies are of great value but they should be used to build upon and enhance craftsmanship based on human labour and material characteristics, rather than replace it.

According to American economist Jeremy Rifkin, mass wage labour is coming to an end. "The new high-tech revolutions of the 21st century end mass wage labour – meaning the cheapest worker in the world is more expensive than the intelligent technology coming online to replace them... We have to explore bold new approaches to addressing the problems created by the phenomenon of the disappearance of mass labour." (Rifkin, 2005) On a global scale, work must support 7 billion people and the construction sector can play a significant role in generating these livelihoods – as long as the trend does not lead to standardised building materials with automatic production processes, but rather towards building methods that involve craftsmanship.

The best way to learn about the importance of craftsmanship and to disseminate the experiences of community-building through con-



Fig. 4 150 participants (students as well as faculty members) from Harvard and other universities joined to work on "Mud Hall". Photo: Ian Lockwood



Fig. 5 The former quite hostile space turned into a meeting place of different social groups.
Photo: Iwan Baan

struction processes, as well as to regain trust in earthen structures, is to work with the hands in mud itself. “As designers, we need to re-engage the act of making the things we design” notes Nicolas Rivard, an urban design student at Harvard who was involved in the Mudworks project.

3. BEAUTY

“We believe that beauty is an essential human need, linked strongly to dignity. We must strive for an authentic harmony that resonates with people, their genius loci, and their territory. The longing for beauty can be stronger than fear and thus be a catalyst for development.” say the authors of the *Laufenmanifesto* (Herringer et al., n.d.). In most countries and cultures, earth houses are seen as accommodations for the poor. In Bangladesh, for example, their earthen houses are built in most regions with very basic techniques; it is rather astonishing that these techniques haven’t evolved over centuries of use. Particularly over the past several decades, earth has been perceived as a temporary, ephemeral material. As soon as enough money was procured, brick or concrete structures would replace earthen walls. Development only occurs when the investment of time, love, passion, and effort are deemed useful: when the value of the material is regarded as both high and precious. In order to show the beauty of earth, the material should be expressed through excellent architectural language.

3.1. EMBRACING VULNERABILITY

There is a trend to stabilise earthen structures with cement, lime, and other aggregates in order to overcome climate vulnerability. Beyond the obvious negative ecological and economical effects, this also eliminates a strong level of authenticity originating from the characteristics of local soils and climates. There are no two places in the world where the earth’s colour, material content, mix of gravel, sand, and the climatic conditions are exactly the same. Generating an architectural language out of these parameters creates an originality and authenticity that is completely unique. It is this same logic that creates our cultural diversity in housing. Embracing the vulnerable dimensions of a material in a dialogue with the local climate is a gift we should embrace rather than eliminate. There is always a technological, structural logic that adapts to local conditions: this we sense as harmony.

3.2. HUMANE IS BEAUTIFUL

Richard Sennett has noted: “We can achieve a more humane material life, if only we better understand the making of things.” (Sennett, 2008) In food production as well as in textile production, consumers are becoming increasingly sensitive towards the process of making. There is also the new trend of “prosuming” – an active involvement of the client. According to Maslow’s hierarchy of needs (Maslow, 1987), self-actualization is a basic human aspiration, including actively living in and personally shaping the environment. In Bangladesh, for example, children helped on the construction site of their school building every afternoon. This strengthened their self-confidence enormously. If the material of the school was concrete instead of earth, this would have been impossible. As such, materials and techniques determine whether or not participation creates inclusive building conditions. A building that positively influences the socio-cultural context will appear differently, and will be characterised by a more positive, personal relationship with the user. As Bernard Leach has aptly summarised, “Clearly something was lacking that mechanised labour did not supply. I have often called it the heartbeat in work. Enthusiasm and play of imagination, for example, occur as wet clay spins under fingers, but take place with varying degrees of intensity, depending on how free of inhibitions one is. [...] In an artist-craftsman it is the degree of life force canalized into a craft. The degree; the purity; the intensity.” (Leach, Yanagi, 1972).

Buildings live to the degree in which they reveal the aspirations and efforts of their makers. I am convinced that the joy of making and the passion put into shaping walls reflects in a deeper kind of harmony that we perceive as beauty.

Architecture is a powerful tool to improve lives. The choice of the material and of the technology determines the distribution of profit, shaping our society in the process. Architecture is a medium to strengthen cultural and individual confidence, to support local economies, and to promote ecological balance. As such, sustainability is a synonym for beauty, in a building that is harmonious in its design, structure, technique, and use of materials, one that resonates with the location, the environment, the user, the socio-cultural context. This is what defines its sustainability as well as its aesthetic value.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

Thanks to Lindsay Blair Howe for editing this text.

Rifkin, J. (2005). *The End of Work*, on Europe’s Uncertain Future, 08/03/2005, Spiegel online international

Herringer, Lepik, Klumpner, Rich, Ramstadt, Cachola-Schmal, Böppler, Caravatti, Steiner, Werthmann, Rauch, Gauzin-Müller, Sandmann, Vianello, Mehrotra, Restrepo, Hofman, Ngo, Fernández-Galiano, Encheverri (n.d.) *The Laufenmanifesto for a humane design culture*, www.laufenmanifesto.org

Sennett, R. (2008). *The Craftsman*, p. 8.

Maslow, A. (1987). *Hierarchy of Needs, from Psychology - The Search for Understanding by Janet A. Simons, Donald B. Irwin and Beverly A. Drinnien*, West Publishing Company, New York.

Leach, B., Yanagi, S. (1972). *The Unknown Craftsman: A Japanese Insight into Beauty*. Tokyo: Kodansha International Ltd. Print.

RÉHABILITER LE PISÉ : AU-DELÀ DE L'OBJET BÂTI

RÉFLEXIONS AUTOUR D'UN PREMIER TERRAIN

ETHNOGRAPHIQUE EN ISÈRE

AUTEUR

Léa GENIS

Univ. Grenoble Alpes, ENSA-Grenoble, Unité de recherche
AE&CC (EA 7444), Laboratoire CRAterre, France

RÉSUMÉ

L'article présente un bilan d'étape d'une recherche doctorale portant sur les milieux de la réhabilitation de l'architecture vernaculaire en pisé en région Rhône-Alpes. Il s'agit notamment de discuter les résultats d'un premier terrain d'enquête ethnographique réalisé auprès des acteurs de cette réhabilitation (habitants, artisans, architectes, institutions et collectivités territoriales) dans le nord de l'Isère. La réhabilitation du pisé semble en effet s'étendre au-delà de l'objet bâti. Elle s'applique tout d'abord à un bâti quotidien, en s'intégrant dans des parcours de vie et de projet. Ces parcours se retrouvent dans l'investissement d'acteurs professionnels qui visent à réhabiliter des métiers et des savoir-faire. Il s'agit également pour ces acteurs de réhabiliter le fonctionnement du bâti, en prônant d'autres approches de ce dernier.

INTRODUCTION

Le territoire rhône-alpin est marqué par la présence d'une architecture vernaculaire en pisé (fig. 1 et 2) qui est depuis près de 40 ans l'objet d'actions de valorisation et de développement de pratiques d'entretien, de réhabilitation et de restauration du bâti ancien en terre crue portées par des acteurs institutionnels, professionnels ou individuels¹. L'analyse de ces pratiques est actuellement l'objet d'un travail de doctorat au Laboratoire CRAterre-ENSAG². A travers une approche ethnographique, il s'agit de comprendre comment elles sont prescrites, mises en œuvre, appropriées, négociées et transmises face à la présence croissante des enjeux patrimoniaux et énergétiques. Il semble alors que la réhabilitation du pisé s'étend bien au-delà du bâti, pour inclure ses usages, son fonctionnement et les savoir-faire qui les sous-tendent. L'article vise à discuter cette hypothèse à partir de données récoltées entre 2014 et 2015. Une analyse de la bibliographie universitaire, technique et institutionnelle, associée à la réalisation d'entretiens avec des professionnels de l'architecture de terre et de la réhabilitation du bâti ancien (architectes, maçons, charpentiers, structures de conseil, collectivités territoriales), a d'abord permis de comprendre le contexte socio-historique. Une enquête de terrain a ensuite été réalisée, afin d'observer la réhabilitation au cœur de projets portés par des institutions, des architectes, des artisans et des habitants. Une vingtaine de projets sont actuellement suivis, à travers différentes méthodes d'enquête ethnographique (entretiens, visites

commentées de projets de réhabilitation participation aux chantiers, observation d'événements et de réunions)³.

1. RÉHABILITER UN BÂTI UTILISÉ AU QUOTIDIEN

1.1. UNE RÉHABILITATION ORDINAIRE

Sur le territoire français, la réhabilitation de l'architecture vernaculaire s'inscrit dans une double dynamique d'amélioration du bâti ancien et de valorisation de son image, qui se dissocie des théories de la conservation et de la restauration du patrimoine monumental (Choay, 1992 ; Toussaint, 2006). Elle s'applique en effet à un habitat en usage, perpétuellement soumis à des modifications, adaptations et reconstructions. A mesure que s'impose à ce bâti la catégorie de « patrimoine rural » (renforcée par l'intérêt qui lui est aujourd'hui porté à travers la mise en avant du caractère soutenable de l'architecture vernaculaire et des matériaux qui la composent), il est appelé à être mis en valeur, rénové ou réhabilité (Rautenberg, 2007 ; Vellinga, 2015). La réhabilitation de ce bâti « ordinaire », acceptant difficilement l'application de mesures de protection strictes, s'est traduit depuis les années 1970 par le développement d'une protection diffuse de l'habitat, des matériaux et des savoirs qui le portent, via la mise en place de politiques d'aménagement des espaces ruraux et de programmes de conseil aux habitants, élus et collectivités (Calame, 1987 ; Davallon, Tardy & Micoud, 1997 ; Dubost & Chiva, 1990).

¹ Ces actions ont notamment été analysées dans le cadre du projet « Mise en valeur du pisé en région Auvergne-Rhône-Alpes, porté par le laboratoire CRAterre en 2016 : <https://terrespise.hypotheses.org/>

² Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'Avenir ANR-10-LABX-78 (Labex AE&CC). Je remercie également les habitants et les professionnels rencontrés qui m'ont permis de développer cette réflexion.

³ Dans le corps de l'article, les termes issus de ces observations seront notés en italique, pour les distinguer des citations issues des ouvrages consultés.

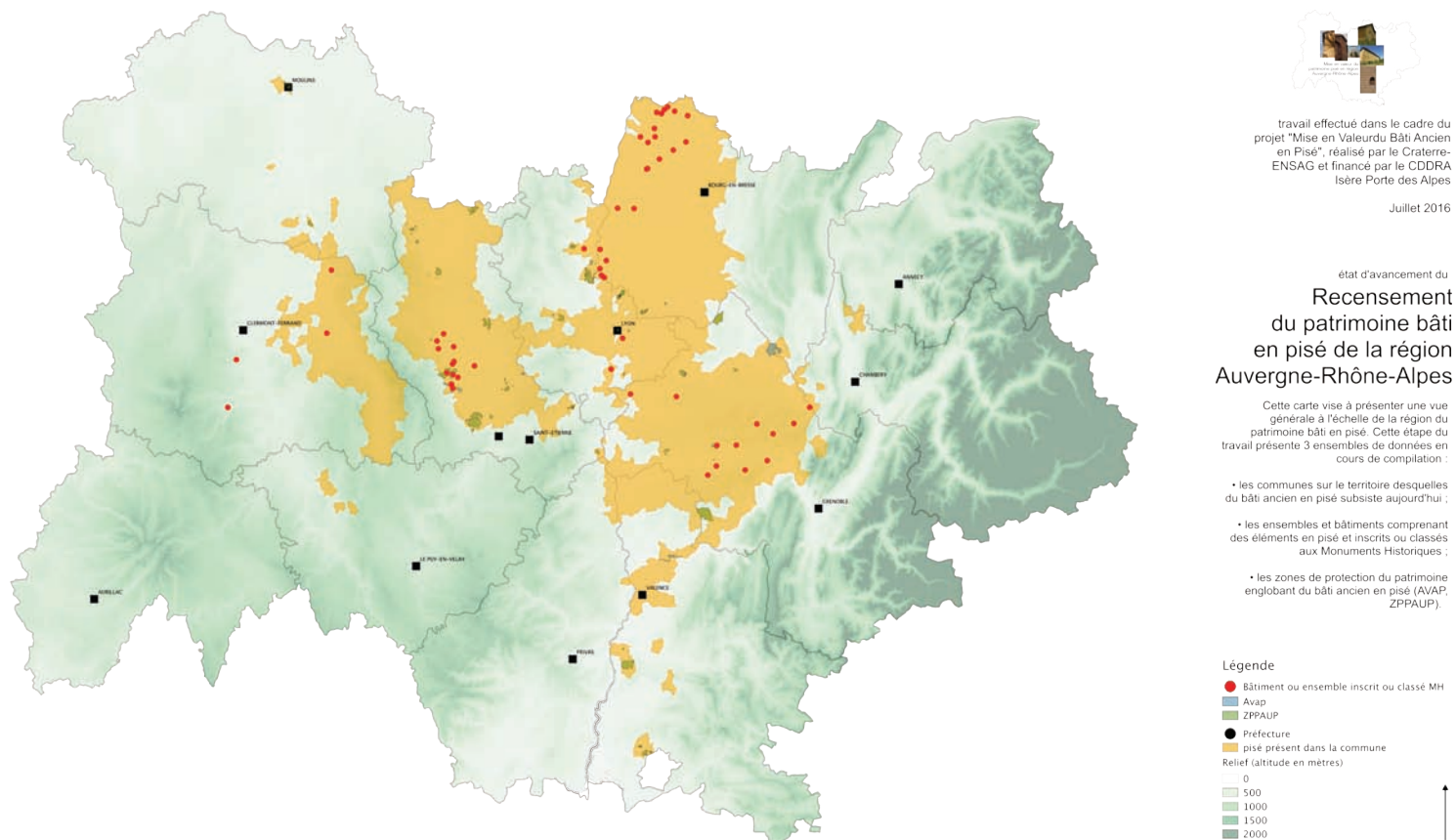


Fig. 1 Recensement du bâti en pisé de la région Auvergne-Rhône-Alpes, image : CRATERRE-G.Paccoud

Cette protection institutionnelle s'accompagne de mobilisations de propriétaires, de professionnels et d'associations pour la défense du patrimoine rural, des maisons paysannes et des savoirs de leur réhabilitation⁴. A travers la publication d'ouvrages, manuels techniques, revues de références, ils se positionnent eux aussi comme prescripteurs, en lien plus ou moins étroit avec les mondes scientifiques et institutionnels. Ces mobilisations prennent aujourd'hui un nouvel essor, dans un contexte de développement de l'écoconstruction et d'injonctions à la rénovation énergétique qui fait émerger de nouveaux acteurs autour du bâti ancien (associations liées à l'écoconstruction, Espaces Info Énergie, bureaux d'étude thermique etc.) (Némoz, 2010). Elles questionnent notamment la mise en place de protocoles homogènes de rénovation énergétique et les désordres potentiels qu'ils pourraient causer sur un bâti dont la constitution est variable (Maisons paysannes de France et al., 2011). Ces acteurs qui se disputent des intérêts divergents dans la définition de pratiques constructives à mettre en œuvre sur le bâti ancien semblent alors former une « arène patrimoniale » de la réhabilitation (fig. 3) : « La patrimonialisation crée un espace politique, elle constitue un champ de force où se débat et se construit un agir ensemble à partir des ressources qu'offre le passé. On peut [...] parler d'arènes pour désigner ces mixtes sociaux. Ce terme permet d'insister sur les tensions qui sont intrinsèques à ces nébuleuses hétérogènes » (Roth, 2003, p. 16).

1.2. UNE RÉHABILITATION QUI S'ANCRE DANS DES PARCOURS DE PROJET

Dans cette arène, les parcours de réhabilitation sont multiples, et impliquent différentes approches du bâtiment à réhabiliter (fig. 4). L'analyse des projets portés par les habitants met alors en avant l'im-

portance de la projection sur la maison à rénover, l'investissement d'un nouvel habitat étant en effet souvent l'un des premiers moteurs des projets de réhabilitation :

On est arrivés dans la région parce que ma femme est du coin... On a fait un certain nombre de visites : moi je voulais plutôt des maisons anciennes, plutôt que des maisons modernes, et il s'est trouvé qu'on a visité un certain nombre de maisons qui étaient déjà en pisé... On a 3 enfants, donc il fallait quelque chose d'assez grand, que chacun ait une chambre !.

(Entretien réalisé avec un propriétaire en projet de réhabilitation sur une maison récemment achetée. Pays Voironnais. 2014).

Dans ce contexte, le projet de réhabilitation vise avant tout à s'inscrire dans un projet de vie et à répondre à des problématiques d'habitabilité inhérentes aux maisons anciennes (en termes de confort, d'usage ou d'esthétique, voir fig. 5 et 6) et à la disponibilité des ressources en termes financiers, temporels et de réseau social. Des mobilisations divergentes émergent ensuite : attachement patrimonial à la maison (personnel ou historique), intérêt pour les problématiques environnementales (de la volonté de garder une maison saine à l'attention

Fig. 2 Diversité du bâti ancien en pisé mis en valeur en région Auvergne-Rhône-Alpes



⁴ En 2016, on recense plus de 7500 associations liées au mot clé « patrimoine rural » (Recherche effectuée sur l'annuaire des associations de loi 1901 <http://www.net1901.org/>). Depuis 2005, un Groupe National d'information et de concertation sur le patrimoine rassemble les associations nationales du patrimoine afin d'organiser les échanges d'information entre l'État et ces dernières, reconnaissant leur légitimité à débattre dans l'arène patrimoniale (<http://g8-patrimoine.org/>).

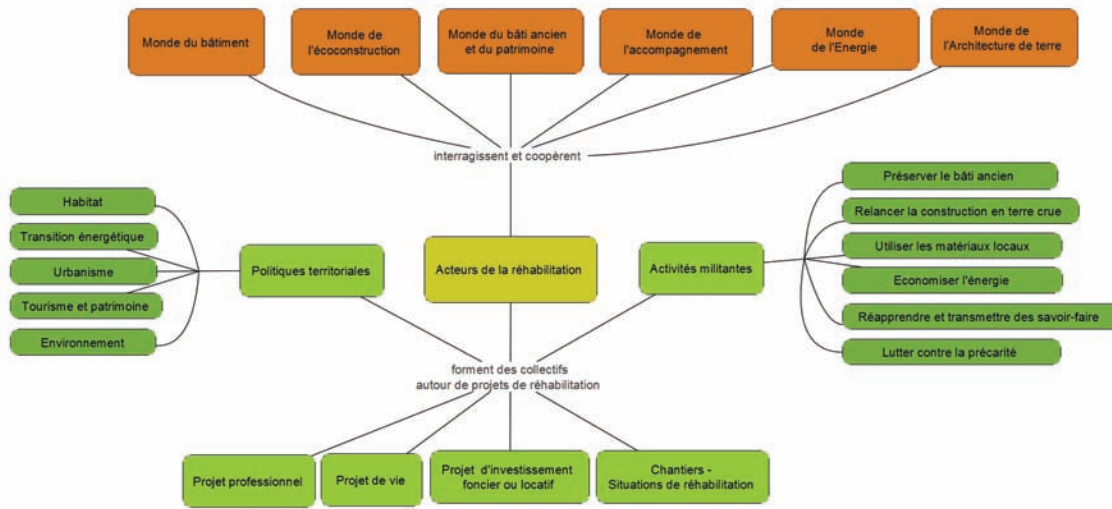


Fig. 3 Représentation schématique de l'arène patrimoniale de la réhabilitation, image : Léa Génis

portée à sa consommation énergétique), possibilité d'investir et d'acquérir dans la réhabilitation un certain nombre de savoirs pratiques ou motivations économiques liées à la mise en location ou à la vente potentielle du bâtiment réhabilité. Ces enjeux conduisent chaque propriétaire à mettre en œuvre différentes pratiques de réhabilitation. Dans ce contexte, si les personnes rencontrées se reconnaissent comme « habitant d'une maison en pisé », ni le matériau terre constitutif de la maison, ni les aspects techniques qui peuvent y être liés ne semblent être au cœur du projet de réhabilitation, qui s'articule en premier lieu autour des potentialités projetées sur le bâtiment.

2. REHABILITER DES METIERS ET DES SAVOIR FAIRE

2.1. RELANCER LES CULTURES CONSTRUCTIVES DE LA TERRE CRUE : ENTRE SAVOIR CONSTRUIRE ET RÉHABILITER

Ce bâti aménagé et projeté au quotidien est intégré en parallèle dans un processus de relance institutionnelle de « cultures constructives » particulières à la construction en terre, qui invitent à réhabiliter les savoirs, les techniques de mise en œuvre, les matériaux employés et leur processus de production, ainsi que les modes d'habiter, d'utiliser, d'entretenir, de gérer, et de faire évoluer le bâti (Guillaud & Simonnet, 2013). Cette relance s'inscrit dans le temps long de la promotion de ce matériau depuis les écoles d'architecture rurale de François Cointeraux dans la deuxième moitié du 18^e siècle. Elle s'est

néanmoins accentuée au moment des crises énergétiques des années 1970, avec pour objet la « renaissance des architectures de terre » (Guillaud, 2002, p. 124). Ce mouvement de relance semble s'être construit suite à une double analyse du bâti existant et des propriétés de la matière terre. C'est en effet en comprenant les modalités de conception du bâti existant en terre et les faiblesses relatives du matériau qui le compose que commence à émerger la revendication d'un « savoir architectural » et d'une « méthode de conception adaptée à la fragilité du matériau », qui vont s'appliquer au départ à la construction neuve (Guillaud, 1987 ; Guillaud, Henry et al, 1984). En parallèle, dès le début des années 1980 sont posées les « conditions de la réhabilitation des architectures en pisé » et une analyse de leur pathologie (Hardouin-Fugier & Michel, 1987 ; Scarato P, 1982, 1986). Bien que l'intérêt de la communauté scientifique pour l'application de ces questions au bâti vernaculaire local semble s'amoinrir par la suite, la recherche sur la conservation des patrimoines monumentaux et archéologiques, les circonstances de dégradation du bâti et les pratiques traditionnelles de conservation permettra de mettre en place une méthodologie de diagnostic et d'intervention à l'échelle de l'architecture et du territoire (CRAterre, et al., 1991). Elle se construit dans un lien fort avec le développement des connaissances sur le matériau terre (Fontaine, et al. 2009), sur les *systèmes constructifs non industrialisés* (CSTB et al., 2011), sur *le rôle des grains, de l'air et de l'eau dans la structuration de la matière* et à travers l'expérimentation sur projets réels (Fontaine et al., 2009 ; Bui, 2008 ; Chabriac, 2014 ; Pac-

Fig. 4 Le projet de réhabilitation au cœur d'enjeux multiples, image : Léa Génis

Le projet de réhabilitation au cœur d'enjeux multiples : Cercle des enjeux des projets de réhabilitation recensés dans les enquêtes de terrain réalisées en Pays Voironnais et sur les Vallons de la tour en 2014. © Léa Génis



Fig. 5 La recherche d'espace et de volumes au cœur des projets de réhabilitation, photo : Léa Génis



Fig. 6 Différentes conceptions du confort à travers le traitement des murs intérieurs, photo : Léa Genis

coud, Le Tiec, 2006). En Rhône-Alpes, cette approche espère se diffuser sur le territoire régional, en visant « à expliquer les particularités du pisé et la nécessité de le préserver comme un trait identitaire du territoire » (*Ibid.*, 2006). Elle participe à la transmission, voire à la prescription d'un *savoir rénover* qui se traduit dans la publication de fiches techniques, manuels, ouvrages, qui s'ajoutent à ceux déjà portés par les acteurs institutionnels ou professionnels investis par ailleurs dans l'arène patrimoniale de la réhabilitation. La diffusion d'un savoir écrit, notifié, régulé est cependant complexe face à la variabilité des situations rencontrées et à la multiplication des acteurs, enjeux et protocoles qui s'appliquent au bâti ancien (Leylavergne, 2012).

2.2. UNE CONSTRUCTION DES SAVOIRS SUR LE CHANTIER

Sur le chantier ce matin, nous refaisons l'enduit d'une façade en pisé. Pour cela, nous essayons une nouvelle terre, conseillée à l'artisan par un fournisseur de son réseau. Trop maigre, cette terre sera amendée avec de la chaux, puis rapidement remplacée par la terre utilisée habituellement par l'entreprise. Le mélange est observé par le propriétaire, qui viendra ensuite sur l'échafaudage pour tester la mise en œuvre des enduits, afin d'essayer de la reproduire à l'intérieur de sa maison.

Extrait du journal de terrain, juillet 2015. Illustration de cette situation fig. 7

La construction des savoirs de la réhabilitation se fait de fait en grande partie sur le chantier. Les artisans rencontrés mettent ainsi régulièrement en avant le plaisir pris à travailler dans l'ancien, qui permet, du fait de sa diversité, une réinvention incessante de solutions, qui évite la monotonie d'un travail répétitif. Cette nécessité de s'adapter à chaque bâtiment du fait de ses spécificités constructives, participe de la revendication de savoir-faire spécifiques à la réhabilitation du bâti ancien en pisé. Il s'agit par exemple de trouver la technique adéquate pour créer un plancher dans une pièce dont les murs ne sont pas tracés au cordeau, de boucher les trous du pisé sous un isolant avec des matériaux de récupération, de créer un système de chaînage qui puisse intégrer un plancher ou une nouvelle charpente, ou de savoir réutiliser la terre issue des démolitions d'ouvertures. Il s'agit alors pour les professionnels rencontrés se revendiquant *spécialistes du bâti ancien en pisé* de *replacer les savoir-faire sur le chantier*, dans une opposition aux produits et solutions *tout prêts*, en se réappropriant un savoir-faire qui aurait été *dérobé par les fournisseurs de matériaux*. Au-delà



Fig. 7 Essai d'une nouvelle terre observé par le propriétaire, photo : Léa Genis, entreprise : NaturaBati

de ces ajustements *in situ*, l'expérimentation de nouvelles techniques, mélanges ou matériaux (dont on a entendu parler par des fournisseurs, d'autres artisans, parfois dans des ouvrages) se fait également souvent en chantier réel, bien que sur des espaces plus « sécurisés » (chantier de sa propre maison, ou d'un client que l'on connaît bien). L'apprentissage se fait aussi sur le chantier, au pied du mur ou de la bétonnière, pour les plus jeunes membres des équipes, voire pour les propriétaires qui sont parfois invités à mettre la main à la pâte.

La constitution de ces savoirs de la réhabilitation se poursuit également hors du chantier, au fil des discussions, des visites, des contacts avec les voisins, les parents des enfants à l'école, entre habitants ou professionnels de différents corps de métier travaillant sur les mêmes chantiers. N'y circule d'ailleurs pas forcément que du savoir, mais aussi des gestes techniques, du matériel, des adresses de chantiers à visiter, des contacts, des commandes des collectivités, des idées ou les récits des différents projets réalisés.

Ce repositionnement des savoirs sur le chantier se traduit par la construction d'identités professionnelles fortement polarisées, parfois conflictuelles, autour d'une spécialisation acquise entre formation artisanale, architecturale et universitaire, et beaucoup d'expérience sur la réhabilitation du bâti ancien en terre crue. Elle entraîne la revendication de métiers et de modalités d'intervention spécifiques, qui transcende les champs professionnels classiques de l'artisan-entrepreneur ou de l'architecte-maître d'œuvre. Devant la difficulté de pouvoir réunir toutes les compétences nécessaires à une approche multi échelle de la réhabilitation sur un même chantier, on observe alors la constitution de pratiques hybrides. Architectes-artisans, artisans-formateurs, habitant-bricoleur sont alors autant de postures qui permettent de se trouver une place dans le milieu de la réhabilitation du bâti ancien en puisant dans différentes ressources de formation pour déconstruire les solutions toutes faites et mettre en œuvre une approche holistique du bâti.

3. RÉHABILITER LE FONCTIONNEMENT DU BÂTI ET SA VARIABILITÉ

Cette volonté d'accepter la variabilité du bâti entraîne les praticiens de la réhabilitation du bâti ancien à se positionner à l'encontre d'une approche univoque de la réhabilitation énergétique des logements

individuels, qui passerait majoritairement par des solutions techniques de rénovation (changement de système de chauffage et des menuiseries, isolation des parois opaques, étanchéité à l'air). Ces solutions sont alors opposées à une autre approche du bâtiment, qui met en avant la nécessité de préserver le fonctionnement de ce dernier. Il s'agit alors de mettre en valeur le fonctionnement du bâtiment comme une entité (conception des espaces et des usages, prise en compte des consommations énergétiques globales au fil du cycle de vie), ainsi que le fonctionnement spécifique des murs en pisé en regard de la régulation de la température et de l'humidité, face au risque d'une isolation trop étanche de ces derniers ou du bâtiment lui-même. La terminologie utilisée, opposant un bâtiment *vivant* à un bâtiment *étanche* ou *l'inertie* à la *résistance thermique*, participe à la mise en valeur d'un confort spécifique de ces bâtiments, qui rajoute à leur dimension patrimoniale. En regard de ce qui a été démontré auparavant, il semble également que l'usage de matériaux d'isolation préfabriqués de manière industrielle ne soit que peu compatible avec la volonté de garder la main sur le processus de production du bâti. Cela expliquerait en partie l'intérêt porté par les artisans du bâti ancien sur les mortiers de régulation thermique (chaux-chanvre, terre-paille, chaux-liège), qui leur permettent à la fois de préserver le fonctionnement de la paroi en pisé tout en composant une solution d'isolation qui leur soit propre, et adaptable sur le chantier aux différentes situations rencontrées. L'exemple énergétique montre finalement comment l'intérêt porté à la réhabilitation du pisé peut se porter sur un système global de fonctionnement du bâti, qui dépasserait une approche seulement technique du bâti pour s'intéresser à une réhabilitation du système architectural qui lui permet de perdurer.

CONCLUSION

Observée depuis le terrain de la pratique, la réhabilitation du bâti ancien en pisé nous offre un visage aux multiples facettes, qui part de l'action sur un objet bâti pour s'étendre à ses dimensions d'usages (projet d'habiter), constructives (matériaux, métiers et savoir-faire) et architecturales (fonctionnement global du bâti). Il s'agira dans la suite de la recherche d'approfondir l'interrelation entre ces dimensions, afin de mieux comprendre comment elles travaillent les savoirs de la réhabilitation du bâti ancien en pisé et comment elles mettent en jeu le processus de patrimonialisation dans lequel il est engagé. Il semblerait alors intéressant d'observer comment la patrimonialisation d'une technique telle que le pisé et de l'architecture qui l'accompagne s'inscrit dans des « usages du patrimoine » (Smith, 2006), qui feraient ressortir la diversité des attachements, des histoires de vie et de projet, d'acteurs et de savoir-faire qui font la diversité de ce bâti et des pratiques qui contribuent à le faire vivre aujourd'hui.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bui, Q.-B. (2008). *Stabilité des structures en pisé: durabilité, caractéristiques mécaniques* (Thèse doctorat). Institut national des sciences appliquées, Lyon, France.
- Calame, F. (1987). Peau de bois, peau de pierre. *Terrain. Revue d'ethnologie de l'Europe*, (9), 82-91.
- Chabriac, P.-A. (2014). *Mesure du comportement hygrothermique du pisé*. ENTPE - Laboratoire Génie Civil et Bâtiment - LTDS UMR 5513, Lyon.
- Choay, F. (1992). *L'allégorie du patrimoine*. Paris, France: Seuil.
- CRAterre, EAG, & Centre international d'études pour la conservation et la restauration des biens culturels (Éd.). (1991). *Cours international sur la préservation du patrimoine architectural en terre. Une approche méthodologique. Projet GAIA - Formation. Rapport final*. Grenoble Rome: ICCROM CRAterre-EAG.
- CSTB, CRAterre, ENTPE-Formequip, Construire en Chanvre, Réseau Ecobâtir, & CAPEB. (2011). *Analyse des caractéristiques des systèmes constructifs non industrialisés* (p. 88). D.GALN/CSTB/ADEME.
- Davallon, J., Tardy, C., & Micoud, A. (1997). Vers une évolution de la notion de patrimoine ? Réflexions à propos du patrimoine rural. In D. Poulot & D.-J. Grange (Éd.), *L'esprit des lieux. Le patrimoine et la cité* (p. 196-213). Grenoble : Presses universitaires de Grenoble.
- Dubost, F., & Chiva, I. (1990). L'architecture sans architectes : une esthétique involontaire ? *Études rurales*, 117(1), 9-38.
- Fontaine, L., Anger, R., Doat, P., Houben, H., & Van Damme, H. (2009). *Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture*. Paris, France: Belin : Cité des sciences et de l'industrie.
- Guillaud, H. (1987). *Marrakech 87: habitat en terre*. Grenoble, France.
- Guillaud, H. (2002). Architecture de terre : L'héritage en « re-création » durable. In C. Younès & T. Paquot, *Philosophie, ville et architecture. La renaissance des quatre éléments* (p. 121-139). Paris: La Découverte.
- Guillaud, H., Henry, N., Bardagot, A.-M., & Sabatier, N. (1984). *Pour une étude raisonnée du pisé*. Grenoble: MUL, SRA, EAG.
- Guillaud, H., & Simonnet, C. (2013). *Cultures constructives*. Document en cours de rédaction pour le laboratoire AE&CC.
- Hardouin-Fugier, E., & Michel, P. (1987). *Le patrimoine européen construit en terre et sa réhabilitation: colloque international placé sous le patronage de l'Agence Nationale pour l'amélioration de l'habitat*. Vaulx-en-Velin: Formequip Ministère de l'équipement, du logement, de l'aménagement du territoire et des transports ENTPE, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'État.
- Leylavergne, E. (2012). *La filière terre crue en France : enjeux, freins et perspectives* (Mémoire de DSA-Terre). École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble.
- Ministère de l'écologie, de l'environnement, du développement durable et de la mer, Maisons paysannes de France, & CETE de l'Est. (s. d.). Rapports et fiches techniques des programmes BATAN, ATHEBA et HYGROBA. Consulté 20 février 2015, à l'adresse <http://www.cete-est.developpement-durable.gouv.fr/productions-a-telecharger-r1521.html>
- Némoz, S. (2010). L'habitat écologique. Une construction sociale en voie de développement durable. *Les annales de la recherche urbaine*, (106), 16-25.
- Paccoud, G., & Le Tiec, J.-M. (2006). *Pisé H2O. De l'eau et des grains pour un renouveau du pisé en Rhône-Alpes*. Villefontaine: CRAterre-ENSAG.
- Rautenberg, M. (2007). La maison rurale rénovée, métaphore de la maison vernaculaire ? *Architecture, espace vécu, espace pensé*, 115-126.
- Roth, C. (2003). Patrimonialisation et reconstruction d'un espace politique : les arènes patrimoniales. Présenté à Mémoires urbaines et présent des villes Séminaire organisé par l'ARIESE, l'Université Lyon 2, la Direction régionale des Affaires culturelles Rhône-Alpes et l'IUP « Métiers des Arts et de la Culture », Lyon.
- Scarato P. (1982). *Les conditions actuelles de la réhabilitation des constructions en pisé. Région du Dauphiné*. Grenoble: Unité Pédagogique d'Architecture de Grenoble.
- Scarato P. (1986). *Pathologie et réhabilitation du patrimoine en pisé*. Paris: Plan Construction ENTPE EPIDA.
- Smith, L. (2006). *Uses of heritage*. London, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Etats-Unis d'Amérique.
- Toussaint, J.-Y. (2006). *Concevoir pour l'existant: d'autres commandes, d'autres pratiques, d'autres métiers*. (Plan Urbanisme construction architecture, Éd.). Lausanne, Suisse: Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Vellinga, M. (2015). Vernacular architecture and sustainability : two or three lessons. In *Vernacular architecture: towards a sustainable future, proceedings of the International Conference on Vernacular Heritage, Sustainability and Earthen Architecture, Valencia, Spain, 11-13 September 2014 / editors, C. Mileto, F. Vegas, L. García Soriano & V. Cristini, Universitat Politècnica de València, Spain*. (p. 3-8).

PORTUGUESE CONTEMPORARY RAMMED EARTH ON THE WORKS OF TERESA BEIRÃO (1954–2015)

AUTHOR

Susana TAVARES SEQUEIRA

ISCTE-IUL, Departamento de Arquitectura e Urbanismo, Portugal

SUMMARY

Portugal has an important tradition of rammed earth vernacular constructions (Ribeiro, 1961; AAP, 1961; Correia, 2007; Fernandes, 2010) but this went on fast decline nearly everywhere since the 1960's. The region of Odemira stands out as an exception as it retained recourse to rammed earth in the vernacular register until late in the 1960s and also witnessed an early return to rammed earth in an erudite style in the 1980s, mainly as a result of the work of a small group of architects at the Atelier Traço (Alexandre Bastos, Teresa Beirão and Henrique Schrek).

This paper is based on a fieldwork study conducted between March and July 2014 with Teresa Beirão (1954–2015), compiling and analyzing her projects, and interviewing the owners, clients and builders of 8 out of the 18 rammed earth buildings she designed in the area of Odemira.

We explore here some of the persistent misunderstandings that affect the fate and disturb the assessment of contemporary rammed earth constructions as heritage; the new relationships between metropolitan areas and rural environments; the value of ethnographic knowledge in contemporary architectural cultures and the relationships between the vernacular and the erudite within the scope of contemporary ecological and cultural landscape values.

INTRODUCTION

Rammed earth is a traditional technique in vernacular buildings in the southern part of Portugal but went on fast decline after the spread of modern industrial building materials. The southwest part of this region and mainly the area of Odemira are an exception for they kept the traditional building system alive until the late 1960's and witnessed an important increase on new buildings in rammed earth after the early 1980's, through the work of a small group of architects that gathered at the Atelier Traço in Odemira.

We are focusing here on the work of one of those architects: Teresa Beirão (1954–2015), and particularly the buildings she projected and supervised in their construction and use. Her work, although inseparable from that of architect Alexandre Bastos and Atelier Traço, has left its mark on the contemporary earthen architecture heritage of Portugal; it reflects the deep changes that have occurred in this country's rural life; the needs and aspirations of its metropolitan societies and the way the vernacular heritage culturally relates to contemporary rammed earth architectures.

1. THE NEW RAMMED EARTH CONSTRUCTION IN THE AREA OF ODEMIRA

Rammed earth construction has a particular status in southwest Portugal, (AAVV, 2005). Indeed, over the vast region covering the areas of Odemira and Aljezur and including other territories from neighboring areas (fig. 1), rammed earth construction remained alive

until the 1960s, even though it had already been replaced by new industrially-manufactured and commercially-distributed materials throughout the southern region.

Surprisingly, although still active and transmitted in the southwest at the time, rammed earth construction was not identified through the APP survey carried out on this area (Sequeira, 2013), which enhances the notoriety of its local contemporary expressions.



Fig.1 Localization map

The prolonged vitality of rammed earth in the southwest, allowed for the local practical skills associated with it to remain active and continue being transmitted until the 1980s, when a small group of architects who moved to this region took interest in this knowledge and began to explore the values of rammed earth construction in contemporary projects. Until then, rammed earth construction had been explored in contemporary projects only in rare occasions, by pioneers such as Víctor Mestre (since 1982) and José Alegria (since 1986), or as a technique to be applied in the restoration of monuments and in the analysis of structures in archaeological sites. Out of these contexts, the usual place for rammed earth was ethnography and on surveys of vernacular constructions.

One of such inventory studies, carried out by the Sindicato Nacional dos Arquitectos resulted in the publishing of the classic *Arquitetura Popular em Portugal* (AAVV, 1961). A second volume, covering all of the vernacular architectures of the southern region revealed not only the enormous extent of the use of rammed earth but also the importance of its formal and aesthetic dimensions within local urban and rural landscapes (fig. 2).

This fact inspired many architects at the time as well as their students, who also carried out field surveys. The rammed earth constructions of southern Portugal appeared as a vernacular heritage preceding the formal values of modernism in the 1960s, just at a time when its related techniques and applications started to rapidly fade away.

Meanwhile, in rural Egypt, architect Hassan Fathy carried out, through the recuperation of ancient earth construction techniques, a project that resulted in the construction of housing structures for thousands of farmers as part of a new village - New Gourna - created for that purpose. A testimony of his work was published for the first time in 1969, in Cairo, its French translation arriving to Portugal for the first time in 1970 (Fathy, 2009).

Arquitetura Popular em Portugal published in 1961 and *Architecture pour les pauvres* made available in 1970 were the two first works that originated the propagation of rammed earth construction in Portugal up to the exhibition “Des Architectures de terre ou l’avenir d’une tradition millénaire”, coordinated by Belgian architect Jean Dethier at the Georges Pompidou Center in 1981, from which a catalog was published, reaching a number of architects in Portugal.



Fig. 2 Vernacular rammed earth

When this exhibition travelled to Lisbon in 1993, the Calouste Gulbenkian Foundation published the book *Arquiteturas de Terra – O futuro de uma tradição milenar – Europa- Terceiro Mundo – Estados Unidos* (AAVV, 1993). This publication is also associated with the first encounters on earth construction held in Portugal, (Noudar, 1983; Conímbriga, 1990; Silves, 1993) and was considered for many years a reference book supporting the rebirth of these techniques at a national level (Sequeira, 2013).

This new interest on rammed earth was centered initially on the south of the country but quickly spread to other territories, where other uses of earth materials could be found and where other technical and scientific resources for their analysis and development in new constructions were available. The movement went naturally along with other international developments (CRAterre, etc.) and introduced permanent training programs such as the ones promoted by the Fundação Convento da Orada and the Galaecia High School. It is in such a context that in the early 1990s we could witness a noticeable expansion of rammed earth construction in the Portuguese southwest, closely linked to the work of architects Alexandre Bastos, Henrique Schrek and Teresa Beirão. It is her work that we focus on, following her in the organization of her files and interviewing with her the clients, owners, users and builders of eight of her eighteen buildings in rammed earth, built between 1996 and 2012.

This paper was written in the context of the Terra-Taipal Project, currently on-going and which intends, through a survey of contemporary earth buildings in the Portuguese southwest, to carry out an analysis and assessment study of these constructions, resulting in an interpretation, from an architectural and anthropological point of view, of a phenomenon materializing itself in a rural territory but originating from metropolitan behaviors and dynamics.

The achieved results will be recorded at the SIPA (Architectural Patrimony Information System) so as to allow a broader disclosure of this material and immaterial heritage on an international level, and also contribute to enhance the technical quality of future constructions.

2. THE RETURN OF RAMMED EARTH TO ODEMIRA: TERESA BEIRÃO

Architect Teresa Beirão is one of the foremost names associated with the resurgence of rammed earth in Portugal. Her special sensitivity to earth and to structures in rammed earth is due to the influence of her father, archaeologist Caetano de Mello Beirão, whose works in the lower Alentejo constantly confronted him with the historic persistence of the use of earth in constructions from pre-history up to the present day.

In 1984 Teresa Beirão moves from Lisbon to Odemira and, in association with architect Alexandre Bastos who later became her husband, and together with the architect Henrique Schrek, founded the Traço Atelier in 1988.

Researching and experimenting through the collection of data on ancient rammed earth masters allowed for the transfer of knowledge and the training of new construction teams with which they worked. Together and cooperating but independent, Teresa Beirão and Alexandre Bastos, from the 1990s on, embark with Henrique Schrek in an adventure consisting in the creation of “new” rammed earth constructions in Odemira.



Fig. 3 S^o Luis market

The constant meshing of Teresa's and Alexandre's work was notorious and reflected their mutual understanding and complementary values. In 1996 they leave the Traço Atelier and Teresa Beirão associates once again with Alexandre Bastos who had just founded the AT5 Atelier.

The role of these two architects, both from the city and unfamiliar with rural life, was determinant in the attempt to sensitize and offer training and construction initiatives next to the City Council of Odemira; to establish partnerships for scientific research; and to document and present the results of their work in conferences and meetings.

Once in Odemira, she met a rammed earth master that had kept his construction tools. In 1986 she displayed that set of tools at an exhibition, properly mounted – the "taipal" – illustrated with the explanation of the building process. Later a team was formed composed by the above-mentioned rammed earth master and three helpers, who built in 1993 a first building fully in rammed earth for Alexandre Bastos: his painting atelier in Cortinhas, São Luiz, Odemira.

Teresa Beirão always tried to encourage her clients to use rammed earth, quite often successfully. Her rammed earth works amount to a total of eighteen, some of them made in cooperation with Alexandre Bastos, over a period of time between 1996 and 2012, in the areas of Odemira, Santiago do Cacém and Aljezur. As for their use, ten of them are residences; one combines a residence and tourism activities; five are used for rural tourism and the remaining two host services, namely a market and a nursery.

Teresa Beirão passed away in February 2015 and, during the last months of her life, led perhaps by a will to compile the results of her work on rammed earth, had the generous initiative of associating with the Terra-Taipal project, gifting it with a valuable contribution. And so, between the spring and the summer of 2014 we visited eight buildings and interviewed their owners and builders. In the case of the São Luiz Market (1998, fig. 3), a project integrated in a training initiative promoted by the Employment Center of Sines and organized in partnership with Architect Alexandre Bastos, views were exchanged with the current President of the local authority on the public experience related to the use of this equipment.

This building was one of the first and most rare rammed earth experimental constructions implemented in the region that is not a residence. The market, an already-existing project, was adapted to be built in rammed earth. This process provided a very rich experimentation field for architects and their trainees, even though not many of them pursued "the craft".



Fig. 4 Monte do Reguenginho. T. Beirão project

2.1. THE BUILDERS

There were several builders and work teams who followed Teresa Beirão and Alexandre Bastos and received their teachings. Some of them had professional success, other took different paths, but the dynamics of rammed earth remain and the demand, although limited, has been growing.

One interviewee learned the rammed earth trade with his father fifty years ago, dropped it for several decades migrating to the city and, once back in Odemira, handed over the rammed earth technique to his son. Together they operate a very active company. "In the old days you didn't leave rammed earth uncovered", he says. "Nowadays, we experiment with a series of products making this possible. The most important part was, and still is, that the earth is well packed and compacted". This builder is not convinced by the use of the jackhammer nor with the continuous formwork brought by the new generation of builders, preferring the traditional mallet and wood rammed earth.

An affective or nostalgic relationship to rammed earth does not seem to exist here, but rather a legitimate and renewed interest and the perspective of exploring a market niche, which appears promising.

2.2. THE CLIENTS

The clients of the great majority of projects are city people led by the romantic ideal of living a country life, interested in owning a second (sometimes a first) residence, similar to the *Monte* model of rural Alentejo.

Among the interviewed owners, only one, despite coming from the city, was the descendant of the owners of the land where the building is located. He inherited the house from his grandmother and took it as his residence and to develop a tourism project (fig. 4).

In three of the cases, the owners are immigrant foreigners that, either because they were already aware of the advantages of rammed earth or because they had had bad experiences with low quality housing, sought better housing conditions through this type of construction (fig. 5).

In one other case, a Portuguese man, returning after several years as a migrant in a big European city, bought several buildings, including a tavern and a store, with the purpose of slowly adapting them to his needs as a self-taught builder. As he tore down rammed earth walls to raise them up again, with the support and suggestions of his neighbors, he gained familiarity with the system and value of rammed earth construction. When he decided to expand his property through the addition of another building intended for tourism activities, he called upon architect Teresa Beirão (fig. 6).



Fig. 5 Monte do moinho do Bispo. T. Beirão project

3. MISUNDERSTANDINGS OF THE PRESENT RAMMED EARTH CONSTRUCTION

Nowadays the demand and the interest shown in this technique has been growing, even as rammed earth in Portugal continues to be surrounded and conditioned by a series of misunderstandings persistently associated with it.

3.1. Without generalizing, one can see that the majority of these constructions display an aesthetic language reflecting, we admit, the great influence that *Arquitetura Popular em Portugal* (AAVV 1961) had on the corresponding generation of architects and on the following one.

A formal simplicity ensured only essential functions, counting on what nature made available; also, the buildings were so wisely implanted in the territory, adapting them to rural work, that they imposed on and conditioned the lives of its inhabitants, who had to adapt to their stern simplicity and beauty, which could in fact only be appreciated by those never having lived in that reality.

Nowadays, neither the agricultural life is the same nor the inhabitants of the new rammed earth constructions. Quite the opposite. However, these aesthetics became independent from their original purpose and are currently sought after by a majority of rammed earth house clients, who value their rustic qualities, disconnected from the rural world that was at its genesis (Silva 2009).

Coming up initially as a project intention, the fact is that this language installed itself, associated with the new concept of *country home* according to the model of the *monte alentejano*. This is almost as exotic as the frequent ethnic allusions in its adornments, a mix of oriental and meso-american references that have become the expectations of a great number of clients and a prison for some architects. This rhetoric of an ethnographic fantasy has really limited the freedom of the rammed earth project. Unlike the experience of other countries, devoting themselves for longer and in more innovative ways to the research and development of rammed earth construction, the Portuguese examples are few and isolated, usually in non-residential buildings, which stand out for their unique technical, aesthetic and formal experimental value (fig. 7).

3.2. The small sector of new rammed earth construction, defined by a technique and by the materials implemented, has always been threatened by its limitations and by the constant need to try to be on a par with so-called modern construction principles.

By limitations we mean namely the low seismic resistance, the intolerance to water, the slowness of the building process, the higher costs and the necessary, but scarce, supply of specialized labor. Many of these characteristics, currently considered as weaknesses, were not thought of as such in vernacular constructions. The buildings underwent constant maintenance carried out by those who inhabited them (and knew how to), but today the ready-to-live-in concept prevails.

In contrast with the current trend involving baring façades, generating the additional cost of applying a finishing coat (chemical and organic) almost always inefficient, in traditional buildings, the outer walls always were, whenever financially possible, protected by plaster and lime.

The seismic characteristics of rammed earth remain unchanged, but rammed earth construction, which was always considered a load-bearing wall construction system, is nowadays in the majority of the cases, used in the way masonry is used for filling conventional concrete structures, diminishing the thickness of walls and ramparts (Correia and Carlos 2015).

The cost and duration of building process were lower because the workdays were longer, “from sun up to sun down” and wages were inferior.

Some of these weaknesses have been minimized and will continue to be as innovative solutions come up, also from the engineering sector, linked to the compatibility of materials and industrial techniques, as well as to the maintenance and protection of built structures.

3.3. “For the first time in history, earth construction can be used without the stigma of necessity. (...) However, the attempt to legitimize it (...) continues to be a recurring theme” (Carvalho, Gama and Freire 2005).

Simultaneously with the ambivalent consideration of the weaknesses and advantages of the rammed earth work, the stronger arguments for its affirmation have been linked to today’s ecological and sustainability values. There are obviously pertinent themes for which rammed earth has valid answers, considering that it is a material provided by nature, often available in the construction site, not needing transformation, and reversible.

However, the potential of this material now free from the times when it was the only available resource for poor and rural populations, is not confined to the environmental sector. This potential could be explored more broadly, especially in formal and aesthetic terms, were it not for the traditionalism to which it has been confined on one hand, and the strict rules of legislation in effect, on the other.

CONCLUSIONS

In the Odemira region in southwest Portugal, the relatively high number of new construction in rammed earth is linked to the activity of a small but very dynamic group of architects who got together in 1988 in Odemira, founding the Traço Atelier.

These architects, namely Alexandre Bastos, Teresa Beirão and Henrique Schrek were influenced by the previous generation, who had carried out the surveys of Popular Architecture, and by the renewed architectural, geographical, anthropological, archaeological and cultural focus on the region of Alentejo following the coup of April 25.



Fig. 6 Turismo Verde Mar. T. Beirão project



Fig. 7 Monte do Zambujeiro. T. Beirão project

From the examination and the organization of Teresa Beirão's archive, and also from a series of visits and interviews we were able to identify some characteristics of this recent expansion process and some of the misunderstandings and limitations linked to it.

The Survey on Portuguese Regional Architecture (1955-1960) made it possible in the 1950s and 1960s to define «a freer affirmation of modernity» (Rodeia 2013), that often ends up trapped in a stereotyped language today, one that relates to the romanticized image of an unknown and even vanished rural environment in the mind of city dwellers.

However, we also see that new architects and new clients are getting interested in rammed earth construction. It was also by this same process that rural values were converted into environmental values. So, rammed earth is appreciated today for its sustainability and environmental worth, in contrast with the bad memories associated with in the past. Also, new building cultures and legal regulations have changed the ways in which the weaknesses in rammed earth structures were traditionally evaluated.

With these observations dealing with some of the misunderstandings around contemporary rammed earth in the Portuguese southwest, we do not intend to diminish the validity of new rammed earth constructions, for they have an important role to play as well as their own legitimacy. Rather, through an appropriate response to current issues, and the exploration of rammed earth's potential, we wish for new rammed earth architecture to reach a central position in the field of experimentation of contemporary architecture.

The development of this study will include the continuity of the survey on rammed earth constructions by other pioneer architects in order to find in their work different approaches and common points

and to evaluate their contribution to the contemporary architectural heritage of rammed earth in Portugal.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- AAV (1961). *Arquitetura Popular em Portugal*, Sindicato Nacional dos Arquitectos, Lisboa.
- AAV (org. Dethier, J.) (1993). *Arquitecturas de terra ou o futuro de uma tradição milenar*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- AAV (org. Fernandes, M. and Correia, M.). (2005). *Arquitetura de Terra em Portugal*, Argumentum, Lisboa.
- Carvalho, E., Gama, L. and Freire, F. (2005). *Arquitetura em terra – a idade do mercado*. In *Arquitetura de Terra em Portugal*, Argumentum, Lisboa, p. 150-153.
- Correia, M. and Carlos, G. (eds.). (2015). *Cultura Sísmica local em Portugal*. Argumentum, Lisboa.
- Fathy, H. (2009). *Arquitetura para os Pobres: Uma experiência no Egito rural*, Argumentum, Dinalivro, Lisboa.
- Mestre, V. (1985). *Arquitetura de Terra: A Taipa*. in *Jornal dos Arquitectos*, p. 4.
- Rodeia, J. (2013). *Reencontrar Território Comum*. In *Inquérito à Arquitectura Regional Portuguesa, Portugal 1955-57*, Fundação EDP, Ordem dos Arquitectos, Lisboa, p.3.
- Sequeira, S.T. (2013). *PATRIMÓNIO EDIFICADO EM ODEMIRA – CONSTRUÇÕES EM TERRA CRUA*, in *Actas do Colóquio Ignorância e Esquecimento* coord. Pedro Prista CMO, Odemira.
- Silva, L. (2009). *Casas no Campo. Etnografia do turismo rural em Portugal*, Imprensa de Ciências Sociais, Lisboa.

LA CONSERVACIÓN PREVENTIVA EN TIERRA EN EL SUR DEL ECUADOR

AUTORES

Fausto CARDOSO MARTÍNEZ

Maria Cecilia ACHIG-BALAREZO

Lorena VÁZQUEZ TORRES

María Gabriela BARSALLO CHÁVEZ

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo,
Proyecto vIirCPM Ciudad Patrimonio Mundial, Ecuador

RESUMEN

La construcción en tierra ha sido el recurso para resolver la arquitectura en los contextos rurales y periféricos de las ciudades andinas del Ecuador. La Minga (trabajo no remunerado para fines comunitarios) ha posibilitado estas acciones, especialmente en estos sectores de limitada economía y de fuerte cohesión social. De esta manera se promueve el reconocimiento y conservación de la arquitectura patrimonial en el contexto urbano y rural.

El proyecto Ciudad Patrimonio Mundial (vIirCPM¹), ha aplicado varias campañas para promover el mantenimiento del patrimonio en Susudel y en Cuenca, con la participación de profesores, estudiantes, vecinos, militares, gobiernos locales y ONGs.

Este esfuerzo ha permitido probar las potencialidades y las limitaciones de estas iniciativas, con miras a ejecutar un modelo de actuación basado en la comunidad que incluya su organización y métodos de trabajo en los diversos contextos y su posterior evaluación.

INTRODUCCIÓN

Los Planes Piloto de Conservación Preventiva aplicados a las viviendas de Susudel (2011), al cementerio de Susudel (2013) y al barrio urbano de San Roque en Cuenca (2014), promovidos por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca - Ecuador (FAUC)² y el proyecto vIirCPM, han reafirmado la posibilidad de actuar sobre los bienes de interés patrimonial (colectivo y privado, rural y urbano), en contextos con algunos elementos en común y a su vez con diferencias muy fuertes y marcadas. El desafío de encontrar un camino de actuación, basado en las propias capacidades de la población, puso en marcha esta iniciativa, que tuvo que apoyarse en las fortalezas y destrezas identificadas en cada realidad (urbana y rural), teniendo presente también los potenciales problemas y debilidades que les son características como se muestra en la fig. 1.

La oportunidad de entender la fluidez y aplicabilidad de los procesos de conservación preventiva en medios diversos, ha sido generada en el marco de un proyecto de investigación que se puso en marcha en el año 2007, denominado Proyecto Ciudad Patrimonio Mundial (vIirCPM).

1. LA CONSERVACIÓN PREVENTIVA

Prevenir es mejor que curar. Es una aserción de la medicina, con una creciente admisión en el mundo de la arquitectura y del patrimonio edificado. Los edificios antiguos, los bienes culturales y todos aquellos productos de la creatividad humana sustentados en la materia, están sometidos a procesos de degradación y deterioro constantes. *“Es comúnmente conocido -con excepción de las consecuencias producidas por calamidades violentas como incendios, terremotos y otros desastres- que el decaimiento de los monumentos es un gradual proceso de acumulación de daños menores que no han sido resueltos a tiempo”* (Veerle, et al., 2013).

La falta de mantenimiento y el problema de degradación de los bienes inmuebles, conlleva por lo menos dos importantes repercusiones: de un lado, la edificación cae en niveles de vulnerabilidad y destrucción con pérdidas importantes en sus cualidades y en su integridad; de otro, la reacción requiere por lo general de fuertes intervenciones económicas, cuyos montos no pueden ser asumidos por sus propietarios, y menos aun cuando las poblaciones o comunidades que usan dicho patrimonio pertenecen a clases socio económicas medias y bajas. Estas circunstancias ponen en alto riesgo un segmento importantísimo del patrimonio mundial, patrimonio que sin ser de carácter monumental, y a veces sin poseer un especial valor individual, constituye un legado para el entendimiento de las culturas que lo habitan, contribuye con el fortalecimiento -y reconocimiento- de

¹ Proyecto vIirCPM (Ciudad Patrimonio Mundial) de la Universidad de Cuenca en convenio con el consorcio de Universidades Flamencas (KU Leuven - Bélgica), pretende desarrollar bases científicas y proporcionar educación de alto nivel para mejorar el manejo de los sitios de patrimonio mundial en el sur del Ecuador, mediante la generación de herramientas y la diseminación del conocimiento.

² (FAUC) Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca - Ecuador

	Cuenca	Susudel
1. Habitantes y movilidad humana	450.000 habitantes – Migración en doble dirección.	800 habitantes – Emigración.
2. Origen	Cañari – Inca – español.	Cañari – Inca – Español.
3. Fundación española:	1557.	No tiene fundación-Origen en la "Hacienda" Colonial.
4. Altura sobre el nivel del mar	2550 msnm.	2450 msnm.
5. Cultura	Urbana, relaciones internacionales desde hace un siglo...	Rural, relaciones con el mundo desde hace pocos años.
6. Sabiduría en construcción	Arquitectos, obreros.	Población, sin arquitectos.
7. Organización social	Urbana (medianamente fuerte), constitucional, poder político.	Rural (fuerte), Estructuras antiguas, poder comunitario.
8. Problemas principales	Stress, movilidad, contaminación, seguridad.	Falta de trabajo, alcoholismo, envejecimiento.
9. Patrimonio	Protección nacional desde 1982, mundial desde 1999.	Protegida desde 2013.
10.-Prácticas comunitarias en Arquitectura	Détalles	Fuertes, por medio de la Minga.
11.Patrimonio Intangible.	Fuertes tradiciones en la cultura popular.	Ritos muy antiguos vinculados con la "hacienda".

Fig. 1 Cuadro comparativo de las características de los sitios Cuenca y Susudel

formas de vida que les son propias, y genera apropiación, identidad y autoestima en la sociedad. El desafío de encontrar un camino de actuación, basado en las propias capacidades de la población, puso en marcha esta iniciativa, que tuvo que apoyarse en las fortalezas y destrezas identificadas en cada realidad (urbana y rural), teniendo presente también sus potenciales problemas y debilidades.

2. LA ESTRATEGIA DE TRABAJO: PLANIFICACIÓN

El objetivo general que se planteó el proyecto *vIirCPM*, fue desarrollar herramientas para la aplicación del concepto de la conservación preventiva en el sur del Ecuador. El enfoque territorial del proyecto se centró en la comunidad del sector rural de la Parroquia de Susudel (80 Km. al sur de Cuenca) y en las áreas patrimoniales de Cuenca. La iniciativa propuso identificar las estrategias que promuevan la integración de los ciudadanos (propietarios, vecinos, habitantes), y la búsqueda de su implicación profunda y real en el trabajo. Fue importante generar reuniones con la comunidad definiendo los requerimientos y conformación de los grupos de trabajo, estimular su identidad, y establecer compromisos serios de intervención, entre otros.

A nivel universitario, el trabajo compartido entre la FAUC -a través del Taller de Conservación de Patrimonio (estudiantes y profesores del V año de la carrera de Arquitectura) en Cuenca (fig. 2) y Susudel (fig. 3) y el proyecto *vIirCPM*, generó resultados tangibles.

Para el proceso de preselección de las edificaciones a intervenir en las campañas, se consideraron 3 variables: *condición socioeconómica, valoración patrimonial y demostración de interés*. En los talleres de coordinación, se generaron equipos de trabajo responsables de un

específico número de casas; cada equipo debía construir (por nombre, color) rasgos de identidad propios, no solo en relación con la propia vivienda sino con las de su grupo de trabajo. También se fortaleció la identidad con el proyecto mediante el uso de un símbolo común a todos los equipos. Y si se tiene en cuenta que los recursos para intervenir son siempre limitados, se justificó plenamente la activación de un fuerte proceso de gestión desde la Universidad de Cuenca con buena respuesta en el sector público y privado.

3. LA ESTRATEGIA DE TRABAJO: SUSUDEL 3=5

3=5, significa: tres meses de preparación (talleres-laboratorio) sustentan la ejecución en cinco días consecutivos de trabajos en obra. Durante los tres meses previos a la ejecución de las obras in situ, se trabajó de forma simultánea en tres grandes ámbitos: Académico - Técnico - Administrativo. En este período, gracias a los expedientes técnicos levantados por los estudiantes de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca (FAUC), se identificaron los problemas en las viviendas y se discutieron con los propietarios las posibles soluciones. Se realizaron talleres quincenales con los propietarios que concluyeron con decisiones adoptadas por consenso.

La difusión de la Campaña de Susudel se inició (vía redes sociales) diez días antes del inicio de las obras, las cuales se desarrollaron en diciembre del 2011. La organización comunitaria y el trabajo a través de la minga fue uno de los factores fundamentales en el medio rural. Desde el proyecto se fortalecieron elementos básicos en la socialización como son la confianza y la credibilidad entre involucrados. El día 1, se inició tempranamente con una pequeña ceremonia de reafir-

Fig. 2 Cuenca



Fig. 3 Susudel



mación de metas y confianza en el trabajo, y luego cada grupo (10 en total) se desplazó a sus grupos de viviendas, ya con las actividades definidas. No faltaron iniciativas sin programar de los vecinos y propietarios que en su momento tuvieron que ser suspendidas o redefinidas para no poner en riesgo la organización y las relaciones humanas. Durante 5 días, cada equipo desarrolló sus actividades de una manera simultánea en dos o tres edificaciones; una oficina estuvo siempre abierta para atender requerimientos de materiales, herramientas y personal en el edificio parroquial; un equipo de profesores recorría durante todo el día las obras, asumiendo consultas y ofreciendo soluciones en base de lo planificado. Cada coordinador de grupo tenía la responsabilidad de elaborar diariamente un reporte del avance de las obras (presentado a todos por la noche) y de anticipar las necesidades del día siguiente, las actividades marcharon en forma eficiente y entusiasta. Es así pues, que como fruto de ese esfuerzo compartido, se generaron fuertes lazos, no solo de identidad sino de amistad entre los miembros de los grupos, de la comunidad, de la universidad y del ejército ecuatoriano. La minga, una institución social, un patrimonio intangible propio del mundo andino, se activó en diversos niveles: en el trabajo físico sobre los bienes arquitectónicos, en la preparación y gestión de los alimentos, en la actitud colaboradora de los gobiernos locales, las instituciones nacionales, la empresa privada, la universidad, el ejército, etc.

3.1. RESULTADOS DE LA I CAMPAÑA DE SUSUDEL - CASAS - 2011

Esta campaña se encuentra aún en proceso de evaluación, sin embargo el resultado más evidente e inmediato es: de las 54 casas que estuvieron planificadas, se alcanzaron a concluir las acciones de mantenimiento en alrededor de 45 edificaciones. Las edificaciones que no pudieron concluirse en los días previstos, fueron culminadas en días sucesivos por los miembros de la comunidad. El proyecto no propuso realizar acciones completas de restauración, pero las obras de mantenimiento planificadas en varios casos incursionaron en acciones mayores, especialmente en cubiertas, varias de las cuales fueron completamente reestructuradas.

PROBLEMAS PARA EL MANTENIMIENTO DE SU VIVIENDA	
Falta de recursos económicos	86,66%
Falta de asesoramiento técnico	6,67%
Falta de conocimiento sobre el tema	6,67%
Falta de mano de obra	0,00%
Inaccesibilidad a los materiales	0,00%
Otros	0,00%
Total	100%

CREE QUE SU VIVIENDA NECESITA MANTENIMIENTO	
Si	83,33%
No	16,67%
Total	100%

LE INTERESARIA RECIBIR INFORMACION PARA EL MANTENIMIENTO DE SU VIVIENDA	
Si	83,33%
No	16,67%
Total	100%

Fig. 4 Susudel. Percepción de los habitantes sobre el mantenimiento de edificaciones

En Susudel, dos años y medio después de la campaña, la percepción del enfoque del mantenimiento fue medida a partir de otros indicadores. La fig. 4 muestra que la falta de recursos económicos continúa siendo el factor más importante que impide desarrollar las actividades de mantenimiento en las edificaciones de Susudel (86,66%), la actividad de mantenimiento de las viviendas es una necesidad (83,33%) y que los propietarios están interesados en recibir información (83,33%) (Espinoza, 2015).

4. LA II CAMPAÑA SUSUDEL – CEMENTERIO

Con el fin de probar la eficiencia de la metodología aplicada en la Campaña Susudel 2011- casas, la Universidad de Cuenca impulsó en septiembre de 2012 una nueva campaña de mantenimiento, esta vez aplicada al cementerio de Susudel, ubicado a 200 metros de la capilla colonial.

Frente a la propuesta municipal de cambiar las *tumbas a túmulo* de centenaria tradición, por *tumbas con nichos* construidos en altura, que asumían modelos urbanos -a lo que se sumaba la demolición de la sencilla capilla del cementerio-, los vecinos plantearon una nueva actuación con el acompañamiento de la Universidad de Cuenca. La fluidez del trabajo fue óptima. Las decisiones más ágiles, pues la confianza mutua estuvo instalada con la primera campaña, pese a que nuevos estudiantes asumieron la conducción de esta experiencia.

Por iniciativa de la comunidad, se convocó a mingas a los habitantes de las comunas regionales, con el compromiso de que cada una mantenga por lo menos 20 personas diarias en actividad. El esquema de trabajo y organización de la primera campaña, se repitió ajustándolos a la nueva iniciativa: Los estudiantes asumieron 6 frentes diversos de trabajo (zona Sur, capilla, arco, muro de separación, cementerio y memorial, muros periféricos) y realizaron las investigaciones que permitieron la clara descripción y el entendimiento de sus valores patrimoniales; posteriormente, mediante talleres participativos, se acordaron soluciones y propuestas. Se pasó luego a la elaboración de presupuestos y cronogramas que permitió programar la obra para ejecutarla en 5 días entre el 14 y el 18 de enero de 2013.

También la denominada *minga institucional* fue exitosa. La comunidad fue estimulada desde el gobierno parroquial a elaborar adobes para la restauración del muro y la capilla del cementerio, el gobierno municipal aportó la teja y otros materiales esenciales, vehículos de transporte, etc., las mujeres se encargaron de la alimentación y los refrigerios y 40 militares se mantuvieron activos durante 5 días. La ejecución del proyecto sirvió no solo para recuperar el centenario cementerio patrimonial, sino para ratificar la eficiencia del modelo de trabajo el cual, en el contexto internacional comenzó a ser identificado como el Modelo Susudel (Moioli, 2015).

5. LA III CAMPAÑA: SAN ROQUE – CUENCA

El barrio de San Roque se encuentra en el sureste del área declarada por la UNESCO como Patrimonio de la Humanidad, en 1999. Es un barrio caracterizado por poseer fuertes tradiciones populares y un nivel de organización aún visible en el contexto urbano. Sobre la base de las experiencias anteriores y el desarrollo conceptual alcanzado en

el área de la Conservación Preventiva, el proyecto *vVirCPM* resolvió incursionar en esta nueva experiencia de mantenimiento, aplicándola en un contexto arquitectónico, territorial y social diferente al de Susudel. Algunos elementos comunes se mantuvieron, como por ejemplo el concepto colaborativo humano e interinstitucional de la minga y los materiales dominantes usados en las construcciones (tierra-madera-cubiertas de teja, cimiento de piedra, etc.).

Si bien San Roque es un barrio de carácter urbano-popular con una cierta organización social, ésta no es comparable con aquella de la sociedad rural de Susudel. De hecho, a partir de septiembre de 2012 y durante la primera mitad del 2013, el proyecto *vVirCPM* comenzó a realizar varias actividades dirigidas a trasladar la experiencia rural de Susudel a Cuenca. Con el apoyo de los profesores, estudiantes de la FAUC y miembros del Proyecto *vVirCPM*; se realizaron reuniones con la comunidad con el fin de involucrarlos e invitarlos a construir en forma conjunta la experiencia. Vale señalar que la asistencia en los primeros 2-3 meses fue muy limitada, debido fundamentalmente a la falta de confianza (muchas ofertas políticas incumplidas) y a la poca capacidad de convocatoria que tenía el barrio. Pero esta situación cambiaría notablemente con el paso del tiempo y la persistencia del equipo.

El concepto de la minga con el trabajo físico de sus propietarios, se substituyó por aportes económicos acordados para la contratación de obreros. El GAD Municipal de Cuenca comprometió fondos (70.000 dólares) para la adquisición de materiales; en el proyecto también participaron varias entidades públicas, privadas y ONGs. La Universidad de Cuenca además de su apoyo académico, facilitó la incorporación de un equipo de albañiles y técnicos, el alojamiento y la alimentación para un equipo de obreros de Susudel que participaron en las experiencias anteriores, y ofreció un espacio en sus predios para bodegaje de los materiales. En esta ocasión se organizaron 5 grupos de trabajo, con nombre escogidos por la comunidad: *Melcochas, Faroles, Humitas, Bandidos de San Roque, Palomas*. Estos grupos asumieron la responsabilidad de intervenir en 4 o 5 casas cada uno. La estructura de trabajo probada en las dos campañas de Susudel se replicó en San Roque y la experiencia ganada permitió asumir las actividades con mayor seguridad y aplomo.

Dada la complejidad del desafío (casas más grandes y complejas, mayores exigencias logísticas, menor involucramiento directo de los propietarios, nuevos problemas, trámites, seguridad...) las actividades se planificaron en 5 semanas, pese a lo cual fue necesario sumar días adicionales al trabajo.

El Proyecto *vVirCPM* suscribió convenios individuales con cada propietario y con todas las instituciones involucradas, a las cuales se les entregó un bien documentado informe técnico y económico, con lo que la parte ejecutiva del proyecto quedó concluida. La Universidad de Cuenca ha realizado talleres post-campaña, que permitieron a los propietarios conocer los resultados globales de la iniciativa y construir una mejor gestión de sus bienes en forma colectiva. A la Universidad de Cuenca, estas acciones le han permitido dar continuidad a sus procesos de investigación.

5.1. RESULTADOS DE LA III CAMPAÑA SAN ROQUE – 2014

La Campaña de San Roque -tres años después de su ejecución- es positivamente evaluada pues aportó la mejorar de la calidad de vida de los propietarios, despertó el interés de los estudiantes de la FAUC

y de otras facultades y disciplinas, fortaleció la conciencia colectiva en la comunidad acerca del cuidado de su patrimonio, estimulando la acción, la responsabilidad y el rol del propietario.

Opiniòn sobre la Campaña en general	
Muy Positivo	73,00%
Positivo	20,00%
No tengo Opiniòn	7,00%
Opiniòn sobre el trabajo colectivo	
Muy Positivo	47,00%
Positivo	47,00%
No tengo Opiniòn	7,00%
Opiniòn sobre el trabajo de los	
Muy Positivo	80,00%
Positivo	7,00%
Muy Negativo	7,00%
No tengo Opiniòn	7,00%

Fig. 5 Percepción de los vecinos durante la Campaña de Mantenimiento

Los resultados de investigaciones post-campaña, señalan que esta iniciativa (fig. 5) es beneficiosa no solo para el patrimonio cultural edificado sino para la consolidación de la cohesión social de sus propietarios (Proyecto *vVirCPM*, 2014). En San Roque, el trabajo colectivo y la actuación de los estudiantes y profesores, alcanzan porcentajes altos lo que significa que el grado de percepción general de la experiencia es positivo.

CONCLUSIONES

De las tres experiencias se concluye que este modelo de trabajo colectivo conocido como la Minga en el mundo andino, conserva gran vitalidad en el mundo rural y está latente aunque con sensible debilidad en el contexto urbano. La actividad colectiva requiere de una entidad movilizadora (en estos tres casos, ese rol lo tuvo la Universidad). Queda el interrogante planteado en torno a si es posible poner en marcha procesos más autónomos, que se originen en la comunidad o desde los gobiernos locales.

En relación con las capacidades y las tecnologías (saberes ancestrales) en las dos experiencias rurales se pudo constatar la subsistencia de sabiduría, sentido común e iniciativa frente a los problemas de conservación encontrados. En el caso de San Roque, la comunidad ya no posee destrezas para el trabajo en tierra, por lo que la mano de obra debe ser contratada, convocada desde los sectores rurales o mediante servicios especializados.

La suma de recursos y capacidades, en el caso de los tres proyectos, fue planteada como una minga institucional. El modelo de la minga campesina dio un salto hacia las instituciones, cuyos administradores y gestores no necesitaron más explicaciones para comprender su rol en este proceso, sin embargo la participación de la comunidad es compleja y requiere de procesos insistentes y convincentes para ponerla en marcha. (fig. 6)

Entre las principales dificultades encontradas se anota la descon-

fianza inicial de la gente en la primera campaña Susudel 2011, lo que exigió más tiempo de trabajo en campo. Este problema fue más agudo en San Roque, pero disminuyó al presentar (mediante videos y talleres de trabajo) la experiencia de Susudel. Este problema no subsistió en la segunda campaña Susudel–Cementerio, pues la comunidad fue más participativa, propositiva y comprometida desde el inicio. La primera experiencia fue fundamental para generar esta actitud.

Es importante que estas experiencias tengan continuidad. La Universidad ha sido la institución que impulsó estas campañas de mantenimiento, con el objetivo de ser un referente para los gobiernos locales. En el mundo rural andino, si bien la arquitectura construida con tierra sigue siendo considerada como arquitectura que “expresa pobreza”, esta percepción puede cambiar con experiencias y ejemplos que muestren toda la fuerza estética, la accesibilidad, el fortalecimiento de las culturas locales, las potencialidades de confort y bienestar que pueden ser alcanzados con el uso de la tierra en la arquitectura, el fortalecimiento social, el crecimiento de autoestima y el sentido de apropiación social y pertenencia que resulta del trabajo compartido.

La experiencia es aplicable también en los sitios urbanos como el de San Roque, con ajustes y adaptaciones que deben responder a las características propias del sitio: el tipo de arquitectura, las dificultades/facilidades para la ejecución del trabajo, las capacidades/limitaciones de los sectores interesados, la disponibilidad y apertura de las instituciones públicas y privadas, y las condiciones de seguridad que

deben ser asumidas con claridad.

Este modelo de actuación en sitios de valor patrimonial despierta el interés y el compromiso de la vecindad. Las personas se reúnen, conversan, proponen iniciativas, colaboran, se respaldan, lo que genera un valioso proceso de reconexión social, tanto en el área rural en donde de por sí ya es fuerte, pero sobre todo en el área urbana en donde el sentido de pertenencia e identidad es una realidad tangible. El patrimonio desde esta perspectiva es un capital social instalado que puede ayudar muy fuertemente a elevar la calidad de vida de la sociedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Espinoza, P. (2016). *Propuesta de conservación al patrimonio edificado en el área de primer orden de la parroquia Susudel en base a proyectos de participación comunitaria*, tesis previa a la obtención del título de Arquitecto. FAUC, Universidad de Cuenca.

Moioli, R. (2015). Preventive and Planned Conservation and Economies of Scale. Conservation Process for 12 Churches, en *Community involvement in heritage*, Editorial Garant. Amberes, Bélgica, pg.103 - 116.

Proyecto vlii **CPM** (2014). *Informe final para la I. Municipalidad de Cuenca. Campaña de Mantenimiento de San Roque*. Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura.

Veerte, M., et al. (2013). Maksin: A recording system for preventive conservation assessment by Monumentenwacht Vlaanderen, in *Reflections on Preventive Conservation, Maintenance and Monitoring of Monuments and Sites* by the PRECOMPOS UNESCO Chair, Editorial Acco, Lovaina, Bélgica, p.23

UNESCO (1999). Expediente de Cuenca Patrimonio Mundial de la Humanidad. Descargado de <http://whc.unesco.org/es/list/863#top> en octubre de 2015.

Campañas de Susudel y San Roque	Casas 2011	Cementerio 2013	San Roque 2014
Equipos de trabajo	10	6	5
Docentes y equipo coordinador	5	4	10
Estudiantes involucrados directamente	14	6	37
Estudiantes involucrados en registro de información	30	6	11
Tesistas involucrados en el trabajo de campo	8	x	7
Militares involucrados	43	40	30
Miembros de la comunidad a tiempo completo	30	8	22
Miembros de la comunidad a tiempo parcial	40	100	66
Estudiantes del Colegio de Susudel	36	10	x
Técnicos del INPC	5	x	x
Movilizaciones entre Cuenca y Susudel durante los 5 días	20	12	x
Personas de la Comunidad	80	120	88
Inversión de Gobiernos Locales en US dólares	13000	6000	70000
Viviendas con intervenciones previstas	54	x	21
Viviendas con intervenciones ejecutadas	49	capilla	22
Cubiertas íntegramente intervenidas	7	capilla	21
Canales de zinc colocados en ml	800	x	409,06
Muros restaurados y/o pintados en m2	1034	250	664,07
Producción de adobe en minga	x	3000	x
Semanas de estudios previos y levantamiento de información	13	14	32
Días de ejecución de la campaña	5	5	40
Días de obras complementarias luego de finalizada la campaña	8	5	5
Convenios firmados entre propietarios y la Universidad de Cuenca	1	1	21
Miembros de la Fundación Salesiana PACES	x	x	6
Técnicos del Departamento de Mantenimiento de la Universidad de Cuenca	x	x	3

Fig. 6 Tabla comparativa: Susudel (2011–2013) y San Roque (2014)

THE CONTEMPORARY VERNACULAR HOUSE, AN EXERCISE IN AWARENESS

AUTHOR

Àngels CASTELLARNAU VISÚS

Edra arquitectura km 0, Spain

SUMMARY

Nowadays, building systems entail a high environmental impact, and are disconnected from humans and nature. By contrast, vernacular architecture uses low-tech, low-energy and low-impact strategies. The revision of traditional architectures can bring us closer to the key points of the sustainable architecture of the future.

Our goal is to analyze the traditional strategies of vernacular buildings in the area of Ayerbe, Huesca (Spain) and to put them to use in the building of a contemporary vernacular house.

Data collected through fieldwork, interviews, typological investigation, and construction, and rehabilitation professional work in the study area were synthesized and applied to the design and construction of a new residential building.

The detected and applied key points were: the use of a typology adapted to climate and access to local material; the informed choice of low tech, low energy and low impact materials and building systems; and the consecution of comfort.

A deep knowledge of local traditional architecture is essential in defining the main key points (typology, materials and comfort) that allow the design of a modern single-family town-house in Ayerbe following efficient vernacular architecture principles. This 21st century vernacular house is a live example of how traditional knowledge makes future sustainable architectures possible.

INTRODUCTION

When considering a particular housing project, one must understand the specific natural and cultural environment, and the local building tradition.

“Organic societies” (pre industrial ones) used materials with low environmental impact (Wrigley, 1987). Those materials are directly extracted from the biosphere (Cuchi, 2005) and need little or no transformation. Their installation only requires low technological specialization. Vernacular construction systems (which understand vernacular as being domestic, native, and from our home or country), are considered low-tech because of all these qualities.

Usage requirements of buildings have changed slightly over time. We still seek comfort and safe conditions, but have now developed building regulations that contain methods for quantifying minimum parameters in order to achieve this quality. They may be strategies extracted from “native” architecture that cover today’s comfort and safety condition demands when applied to a specific project. Traditional architecture served “organic societies” in which habitability and subsistence came from natural resource management. The “comfort degree”, as it is known today, was achieved through the combination of a user’s habits based on natural resource management (such as firewood or coal), and human power. Nowadays, the concept of comfort requires that any place in the house must have a specific temperature and humidity conditions. With modern con-

struction and building norms, these conditions must be achieved by heating equipment, air tightness and insulation. This has increased complexity in building processes and its equipment. Buildings must satisfy higher expectations. Users have disconnected from the management of their own resources in achieving comfort.

During the 19th century, human force was displaced by other types of energies in the material production systems. The architecture of the 20th century and today’s architecture (high tech) have been using industrialized materials, delinking material extraction and production from building sites, increasing energy dependence, increasing the displacement of raw materials and, consequently, increasing the environmental impact (Ibid).

This energy dependence and environmental impact increase have become a systemic problem. Currently European Building norms and LCA (Live Cycle Analysis) development focus on their regulation.

1. OBJECTIVES

The first objective was to extract the key points of the strategies (typology, materials and comfort specifications) used in the vernacular architecture in the selected area (Ayerbe, Huesca).

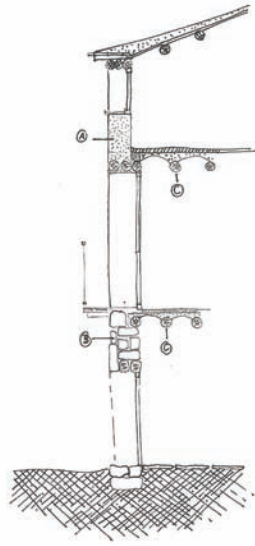


Fig. 1 Traditional house in Agüero (Huesca)

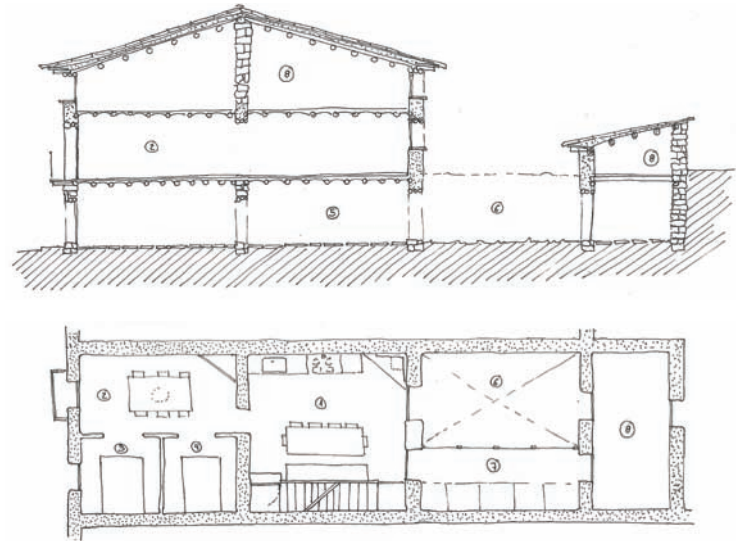


Fig. 2 Traditional house in Ayerbe (Huesca)

The second objective was to evaluate the feasibility of reintroducing local and low-processed materials (low-impact materials) in modern building systems, and applying the vernacular strategies learned. All of this was to test if those vernacular strategies can be adapted to current economic, environmental and comfort demands, improving conventional architecture results and bringing the human being closer to his environment.

2. METHODS

An in-depth analysis of the typological, material and comfort characteristics of the local vernacular architecture of residential buildings in the village of Ayerbe and its surroundings was carried out. Data was collected based on the author's fieldwork, through interviews, typological investigation, and construction and rehabilitation professional work in Ayerbe and its surroundings from 2003 to 2012. The comfort of vernacular housing was characterized by, in first stage, measuring interior temperatures in the different spaces depending on their orientation, use and position. At the second stage, data was collected concerning the usage regime by interviewing the original users.

To take this acquired vernacular know-how to its limits, a contemporary vernacular house was designed by following the learned criteria and key concepts of vernacular architecture of the area. The challenge was to build a contemporary house adapted to the local climate and environment, using local materials with a low environmental impact. All of this was to prove that those vernacular strategies can be adapted to current economic, environmental and comfort demands, improving conventional architecture's results and bringing the human being closer to his environment.

3. RESULTS

Ayerbe is an agricultural village at the foot of the Sierra Caballera, in the pre-Pyrenees of Huesca, in the north of Spain. It is located at an altitude of 550 meters above sea level. Local climate is continental Mediterranean with dry, hot summers and cold, dry winters. The average annual precipitation is 550mm, and the average annual

temperature is 13°C (Köppen classification, Csa). Built structures face hot summers with marked day/night temperature contrasts, and cold winters with frosts.

3.1. LOCAL VERNACULAR ARCHITECTURE

3.1.1. Typology and building systems

In this area, traditional buildings face on to the street and are also opened to interior patios, usually with south sides, in order to achieve natural solar light access and natural cross-ventilation.

Traditional buildings would use walls locked together to form boxes. When the distance required is longer, stone pillars and wooden beams are used.

Local traditional architecture is composed of load-bearing sandstone masonry walls on the ground floor, while on the upper stories the load-bearing walls are made of adobe, laid in a stretcher bond (of 40 cm thickness) or rammed earth (of 40-50 cm thickness (fig. 1). In some cases, the main façades are built using ashlar masonry or solid brick walls, whilst in other cases only lintels are used, with columns and corners made of stone or brick. In every case, walls are built in massive systems.

The structurally weak parts in local traditional architecture were reinforced with local stone and solid bricks in edges, jambs and lintels, and with wooden reinforcements in lintels and, inside the walls, in edges.

Due to the presence of water in the ground, ground floors tend to be

Fig. 3 Upper storeys adobe walls in Biscarrués (Huesca)





Fig. 4 Traditional building in Angués (Huesca)

uninhabitable. Capillarity in the stone walls makes them unsafe and often leads to decomposition of sandstone walls if they have low densities or soluble salts. These spaces were used as stables, woodsheds or cellars. Usually there are windows to the street and to the interior “patio”, which ensures natural cross-ventilation (fig. 2).

The floor under the roof is used as grain, straw or almond storage (even if it is uncomfortable to lift loads). Harvests are preserved here from moisture and animal attacks. On this floor, walls were made of thinner adobe walls between stone or brick pillars, against massive walls (fig. 3).

This stage has a thermal regulation role: in winter, windows are closed to contain the straw, grain and almond harvest, efficiently helping overall insulation. In summer, windows are closed during the day and opened during the night, acting as a ventilated chamber that dampens the upper stories and prevents overheating.

3.1.2. Materials

Materials used in vernacular architecture are local and recognizable in the immediate environment of the buildings (fig. 4). Before oil, the energy used to construct buildings was from humans and animals. This type of energy resulted in a low environmental impact.

Earth buildings are present in villages where it was difficult to extract, carry or manipulate stones. Earth compositions used both in adobe and in rammed earth walls are varied. It depends on the site where the building is located. Earth was always local but selected and large grain size was usually present in this area’s rammed earth walls.

It was also common to find rammed earth or stone walls with lime or chalk mortar plasters. In rammed earth walls there was often “calicostrado” (chalk plaster built at the same time as the wall) and sometimes embedded bricks which might have several functions, such as to regularize the rammed earth basis, to mark out the execution timing, to ensure the mortar’s adhesion, or an ornamental function, or all at once.

In places where the foundation ground is rock, there were rammed earth walls without stone reinforcements at the edges because there were no basement displacement risks.

Houses had several amplifications made over time. The mixture of constructive solutions was the most common situation; both material and constructive systems were selected based on the moment opportunities of each case.

Rammed earth walls were often built by specialists, work crews were placed and work was soon developed. Adobes were often made by individuals when the field work permitted it; the material was stored



Fig. 5 Rammed earth house without coin reinforcements in Aguero (Huesca)

and used or sold. There was a trading adobe market which allowed diversification. Earth used for adobe contains more clay and straw. Wood used for beams was local or carried along the river (the “Rio Gállego”) from the Pyrenees; this type of transport has nowadays disappeared.

Floors were made by woven local canes.

3.1.3. Comfort

In the studied area, the aim was not to heat the house, but to retain heat.

As cold perception comes from a decrease in the body’s temperature, the most energetically-efficient strategy was to isolate the body by using successive clothing layers (socks, breeches, skirts, shirts, necks, vests, berets, etc.). During summer, clothes had a protective function to prevent direct contact with the sun rays, and to allow perspiration by creating an air layer in contact with body with a similar temperature to the body’s own.

In vernacular houses, the building envelopes are considered the last human skin (Huntderwasser 1967), and have the role of mitigating climate extremes. In the interior of the house, earth or stone walls allowed a delay in temperature and humidity changes taking place outside.

In traditional houses, only the kitchen/living room, generally placed near the fireplace, is heated. Both the fireplace and the wood stove were permanently fired from mid-morning until night, and were used for housework and to generate heat that was collected in earthen walls with high thermal inertia.

Heat was transported by ember containers known as “braseros”, or bed heaters.

Another key element was the user’s awareness of the efficiency in managing layers (curtains, blinds and shutters), ventilation, and shadows, in order to be comfortable.

3.2. 21ST CENTURY VERNACULAR HOUSE PROJECT

3.2.1. Site and its factors

The site is within the town and has a rectangular shape, with its long side facing the north.

The surrounding buildings use one earth construction technique or another (adobe, rammed earth and mixed stone building techniques). (fig. 5)

There are south and east facing buildings. Using traditional strategies, a patio was opened in the south to ensure natural light and cross-ventilation (fig. 6)



Fig. 6a New rammed earth house in Ayerbe (Huesca)

3.2.2. Typology and building systems

A semi-underground floor appears because of the altitude variations of the streets. The ground floor was built 1.2 meters above the street level, improving access to natural light and ensuring privacy, as well as providing protection against water to the earth walls. The house echoes the traditional space distribution. The ground floor is uninhabitable. The kitchen fireplace and dining room are on

the first floor. The bedrooms are on the upper floor under the roof, as the storage floor that functioned as an air chamber was in this case replaced by an isolation layer in the roof. Structural design follows the vernacular strategies of locking walls the ones to the others and solid/ empty proportions and controlled slenderness of the walls (fig. 7).

Fig. 6b New rammed earth house in Ayerbe - floor plan



Fig. 7 New rammed earth house façades N and S

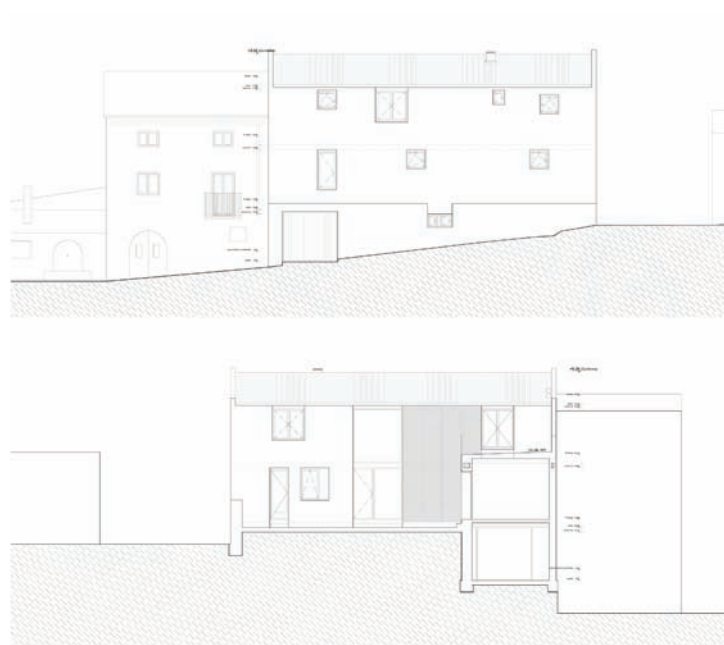




Fig. 8 Rammed earth frameworks

3.2.3. Materials

In local architecture structural elements are provided by earth, stone or wood. It was decided to use earth walls with a high straw content. Both earth and straw are local and correspond to 26% of the total building weight. Interior plasters were also made with local clays.

In vernacular earth buildings there is always a stone socket to avoid pathologies derived from capillarity. A mass concrete socket was built with mass concrete foundations, that contained a steel framework where it becomes a retaining wall. This mass concrete wall and foundations were made with local gravel and represent 38% of the total building weight.

The wood used for beams and floors came from Soria, 300km away, and represents 1.5% of the total building weight.

Proximity criterion was applied to the selection of chalk, bricks and insulation.

The ground floor contains the garage and the boiler room which had to meet fire protection requirements. This was achieved by building concrete mass walls and foundations and the concrete joists floor.

Above this, the 45cm-thick earthen walls and timber decks support the housing spaces (fig. 8).

Earth selection was made objectively and was tested in a laboratory. A discontinuous sedimentation test and a screening test were carried out in order to know the proportions of the silt, sand and gravel. A carbonates test was also carried out to quantify the carbonates proportions contained in the sample.

Straw fibers were added to the mixture to increase thermal and shrinkage qualities (Minke 2001). The interior and exterior lime plaster was built using the “calicostrado” vernacular technique, consisting of plaster built at the same time as the wall.

The form of wooden work used was standardized. It was decided to mount and fitting it simultaneously, immediately before the filling.

The construction process was mechanized to improve execution and economic performance. The mixture, the elevation and the pouring were done by a single machine. The compression was carried out by hand with an electric compressor (fig. 9).

The traditional construction process differed from the one applied in the method, and embodied energy and efficiency. Mixture was necessary in this case because of the addition of straw. Traditionally, earth was only directly used for correcting humidity.

Lifting the earth was traditionally done by hand, using sacks or buckets, and the tipping of the earth layers was also done by hand using a wooden clamp (Rivas 2012). Both are heavy tasks and making them less burdensome is one of the aims of the subsistence of the rammed



Fig. 9 Earth walls filling and compression

earth technique because of performance improvements.

A wooden band was placed around the interior of the earthen walls in order to receive the wooden timbers and to ensure the distribution of the burden along the wall. This vernacular strategy is usually used in adobe or stone walls that can absorb slight movements. Although this area has no seismicity, these mixed techniques help to reduce the vulnerability of wall's heterogeneity.

Swan timber floors were unidirectional and the beam fillings were made by pine wooden planks. This constructive system is simple, does not require any special training to carry out, and has low-embodied energy during the building process. Traditionally these beam fillings were made by woven local canes produced by a specialist; there was a local market for these “cañizos”. But nowadays this traditional job has disappeared and this construction material cannot be found locally.

The covering of interior partitions was carried out by local clay plasters. Pinewood windows had double glazing with internal air chamber. The windows opened to the north and west facades and had interior wooden shutters. The south windows had heavy interior curtains and exterior wooden roller shutters to manage shade. Both strategies are those traditionally used for each orientation, adapted to the local climate and managed by users.

3.2.4. Comfort

As an under-roof chamber was not built, it was decided to isolate the roof with 20cm of sheep's wool in order to avoid thermal loss during winter and overheating during summer.

Thermal performance of earthen exterior walls is based on inertia, and it has a high cyclic thermal resistance (Heathcote 2011). Passive design principles were applied to maximize sunlight access through the south façade, improving benefits of earthen walls thermal mass.

4. DISCUSSION

Vernacular architecture used the local resources (materials that were to hand) that are still present in today's landscape. These materials have low-embodied energy and result in a very low environmental impact when used for building and can provide comfort adapted to the local climate. Re-learning the old techniques helps us to develop new ones adapted to the current economic, technical and social situation that will help to close live cycle materials in our buildings as the old ones did.

This new approach will provide not only new building techniques and new business opportunities but also an appreciation of built heritage which is part of the culture and the identity of the societies that live in these peripheric and degraded areas.

Moreover, the building techniques based on local materials give the population back their “constructive sovereignty,” putting aside the monopolies in the construction sector that have been alarmingly taking force in Spain since the 1950s to the present day.

As an example of this committed architecture and applying the key points extracted from the analysis of the vernacular housing in Ayerbe, the new house was created using renovated strategies of local vernacular architecture with the same flooring system (three floors with only the two upper floors habitable), traditional space distribution, and a south patio to ensure natural light and cross-ventilation. Local traditional architecture was composed of earth buildings with local materials. Our building was constructed using the same local materials (earth, straw, gravel, clay, sheep’s wool). Other materials used in traditional architecture such as local wood and “cañizo” had to be replaced by others (pine wood from 300km away) due to the non-existence of some vernacular solutions.

The reintroduction of vernacular professions (chalk production, wood production, stone and earth building, etc.) could help in localizing building processes and in reducing environmental impact derived from constructing and rehabilitating buildings.

Traditional building processes were based on labour force. The prize increase of this labour force during the 19th century made vernacular architecture uncompetitive. A slight mechanization of the building processes improved execution performance and decreased building costs.

Globally, the cost of the building was about 135.000€ for 276 m². This low cost was linked to the introduction of local and free material (the earth and the straw that made up 80% of the building’s structure came from a local field owned by the promoter) and with the parties constructing the finishings themselves. This demonstrates the competitive potential of the widely used systems.

A comparative LCA was performed on this building in order to examine the differences between this house and the same house built with today conventional building systems, so as to evaluate environmental impact improvement (Castellarnau 2013). Our results were previously published, revealing that these material selections achieved a reduction of 60% of CO₂ emissions and a reduction of 50% of embodied energy of the total building (fig. 10).

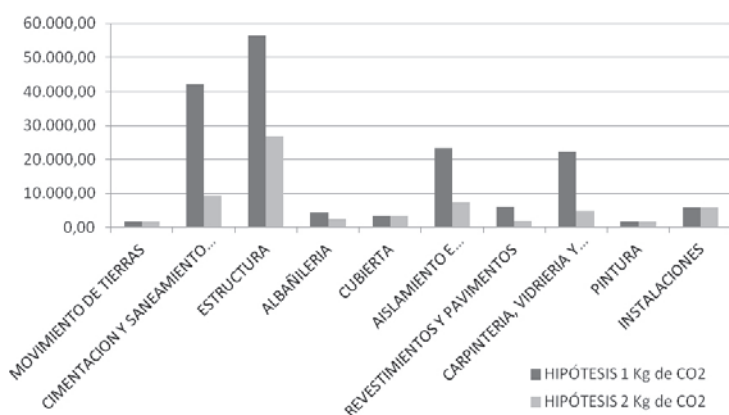


Fig. 10 Environmental impact reduction of the new rammed earth house built in Ayerbe versus the conventional one

All of these material strategies help to engage people with their immediate environment.

Despite the focus of current comfort regulations on U values, earth buildings base their thermal behavior on inertia and have a high cyclic thermal resistance. This regulatory situation leaves building with earth in a weakened position. Parameterization of the passive strategies, together with the user’s awareness of thermal management of the building, will both help in regaining confidence and once more engaging people with their immediate environment.

New lines of discussion would be to deepen knowledge of vernacular architecture in order to know to which extent organic societies had control over concrete parameters and to rediscover efficient local resource management. The result of this is the introduction of local variables in the design and building process that will lead to more sustainable and responsible architecture.

CONCLUSIONS

A deep knowledge of local traditional architecture is essential to define the main key points (typology, materials and comfort) that allow the construction of a modern single-family town-house in Ayerbe following efficient vernacular architecture principles.

Moreover, this awareness exercise goes on to prove that with today technology it is possible to rethink the building sector. In this building it was economically and technically feasible to apply these vernacular criteria to today’s architecture.

This type of exercise could help to reconnect humans to nature once again, and to build using more sustainable architecture.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Heathcote, K. (2011). *The thermal performance of earth buildings*, Informes de la construcción, Vol. 63, 523, 117-126.
- Wrigley, E.A. (1987). *People, Cities and Wealth*. B. Blackwell. Oxford.
- Rivas, F. (2012). *Introduction to traditional rammed-earth building in the Aragonian valley of Jiloca (Spain)*, en *Rammed earth conservation*. Londres, CRC Press, 6 pp.
- Cuchi, A. (2005). *Arquitectura i sostenibilitat*, Edicions UPC.
- Castellarnau, À. (2013). Estrategias para la reducción del impacto ambiental en la edificación en fase de construcción mediante la edificación con tierra. *13 Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra*.
- Minke, G. (2001). *Manual de construcción con tierra*. Ed. Fin de siglo. 5pp.
- Hunterwasser, F. (1967), “Al desnudo” discurso pronunciado en la Galería Hartmann, Munich.

REVITALISER L'IMMATÉRIEL EN AGISSANT SUR LE BÂTI

AUTEUR

Léonard AHONON

Administrateur d'Actions Culturelles

Gestionnaire du Site des Palais Royaux d'Abomey à la retraite, Bénin

RÉSUMÉ

En partenariat avec l'État béninois, propriétaire du site des palais royaux d'Abomey, un bien du patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 1985, CRAterre et des acteurs locaux, les villes d'Albi (France) et Abomey (Bénin) ont décidé de procéder à la réhabilitation d'espaces sacrés majeurs, habités par des femmes : Dossoeme et Djenan. Il s'agissait d'assurer des conditions de vie décentes aux résidentes, de valoriser et sauvegarder le patrimoine immatériel lié au culte vodun et de mettre en place une micro-économie. Pour cela, des équipes d'artisans ont mis en œuvre des savoir-faire ancestraux en intégrant des principes de durabilité. La réfection et la sécurisation du cadre bâti, l'amélioration générale par des travaux d'assainissement, d'adduction d'eau et d'éclairage combinés aux activités génératrices de revenus organisés sous forme de coopérative traditionnelle (tontine) ont permis un regain d'intérêt comme en témoignent la multiplication des cérémonies qui s'y déroulent et le nombre croissant de résidentes : moins de cinq à près d'une vingtaine sur chaque espace. D'un état de ruines assez prononcé il y a quelques années, Djenan et Dossoeme sont aujourd'hui redevenus vivants et habités révélant l'état d'un bien hors danger. Ils concentrent la somme des valeurs matérielles et immatérielles du site.

INTRODUCTION

Le site des palais royaux d'Abomey est le témoignage exceptionnel d'un ancien royaume africain, celui du puissant Danxome, où douze rois se succédèrent à partir du milieu du XVII^e siècle. Le site couvrant une superficie de 47 ha constitue un ensemble de dix palais qui présentent des caractéristiques organisationnelles : chaque entité étant entourée de murailles et articulée autour de cours (extérieure, intérieure, privée), cases parfois de grandes dimensions, portails d'entrée en terre crue et lieux dédiés au culte de divinités vodun (fig. 1). Sur ce même schéma organisationnel, deux espaces éminemment sacrés se sont développés aux heures glorieuses du royaume et au cœur même du site : Dossoeme et Djenan.

Si les palais ne sont plus habités aujourd'hui, les quartiers Dossoeme et Djenan continuent d'abriter des communautés de femmes. Leur haut degré d'initiation et les fonctions qu'elles occupent font d'elles à la fois les garantes de certains aspects du culte vodun, composante immatérielle indissociable du cadre bâti, et des cérémonies qui y sont encore aujourd'hui quotidiennement célébrées.

Néanmoins, au fil du temps, Dossoeme et Djenan manquant de moyens et d'entretien virent leur population cruellement diminuer au cours des dernières décennies. Au bord de l'abandon, l'intervention urgente que nécessitaient ces espaces relevait à la fois de l'humain en donnant les conditions décentes d'existence aux quelques femmes qui vivent sur le site, et de l'immatériel, en redynamisant ces deux espaces sacrés avec la relance des initiations et pratiques cultuelles ne pouvant se tenir que grâce et par la présence de femmes ayant elles-mêmes le don d'incarner des divinités.

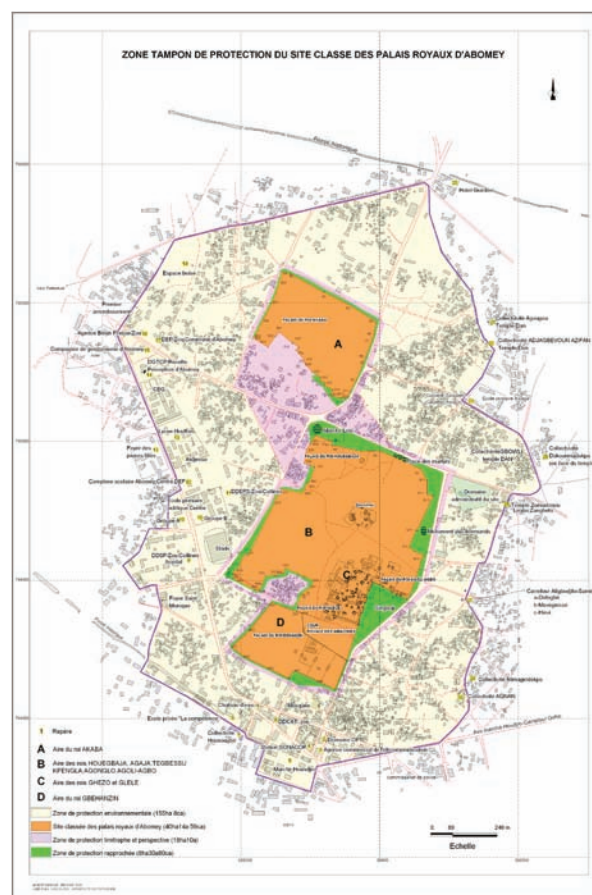


Fig. 1 Palais royaux d'Abomey avec ses 47 ha

L'opération menée à Dossoeme et Djenan basée sur la documentation rassemblée (orale, écrite, illustrations) et les us et coutumes des lieux présente la spécificité de rendre compte d'une prise en compte globale, de la somme de valeurs tangibles et intangibles qui fondent le patrimoine africain.

1. UNE COOPÉRATION INTERNATIONALE AUTOUR D'UN SITE EXCEPTIONNEL

En 2005, la ville d'Abomey (Bénin) et la ville d'Albi (France) se sont engagées dans le cadre de leur coopération décentralisée à ancrer leur programme dans les valeurs du patrimoine mondial se fondant sur la nécessité de contribuer à l'amélioration de l'état de conservation du site des palais royaux d'Abomey, bien inscrit sur la double liste du patrimoine mondial et du patrimoine mondial en péril de l'UNESCO depuis 1985 à cause de l'état précaire de conservation de certaines de ses composantes qui sont en danger de disparition. Une évaluation de l'état de conservation de ce bien par le comité du patrimoine mondial en 2005 a demandé entre autres dans ses recommandations la poursuite du renforcement des acquis, notamment la poursuite de la réhabilitation/conservation des composantes à signification culturelle menacées de disparition. Ainsi, après une première intervention menée conjointement avec succès sur l'un des principaux portails d'entrée du site (le *Honnouwa* du roi Agadja), les deux collectivités ont décidé de concentrer leurs efforts sur deux lieux fondamentaux pour le maintien des pratiques qui animent pourtant quotidiennement le reste des 47 ha : Dossoeme et Djenan.

1.1. DOSSOEME ET DJENAN, DES VALEURS IMMATÉRIELLES

DOSSOEME (littéralement en langue fon : « déplacement de système ») a été créé au temps du roi Agadja (1711-1742). Ce lieu réunit les femmes qui ont le don d'incarner les esprits des rois défunts, les « Dadassi », ce qui signifie en fon « épouses du roi ». Cet espace fermé s'organise autour d'un autel principal dédié à la divinité *Adjahounto*. Il se compose de deux zones : le quartier de Hounli à l'est et le quartier de Tota à l'ouest.

DJENAN a été installé par le roi Agadja pour sa femme après qu'elle a introduit la divinité primordiale *Segbo Lissa*¹ dans le royaume. Elle se vit confier la responsabilité du Vodun dans le royaume et reçu le nom de Hwanjele, Mènon, ou Kpojito². Ce quartier correspond à la résidence de cette reine-mère et de ses assistantes, comporte les temples de plusieurs divinités et constitue le principal couvent vodun dans lequel encore aujourd'hui viennent se faire initier les adeptes.

1.2. LES FONCTIONS DE DOSSOEME ET DJENAN

Dossoeme est lié aux fonctions des femmes incarnées par les rois défunts, les Dadassi, et à la présence de l'autel Adjahounto, considéré comme le plus puissant de la ville d'Abomey. Cette enceinte constitue le siège de la vénération des rois défunts. Encore aujourd'hui comme par le passé, dans la cosmogonie des populations fons, ces dernières considèrent toujours que les rois continuent d'exister au-delà de la mort et qu'ils peuvent intercéder pour les vivants. Leurs esprits pren-



Fig. 2 Autel Adjahounto

nent corps via les Dadassi à l'occasion de grandes cérémonies. L'accès à ce quartier est rarement autorisé et entouré de divers interdits. L'autel Adjahounto (fig. 2) situé au centre est un élément essentiel : c'est là que se font les prières et les promesses, avant que les offrandes de remerciements n'y soient faites.

Djenan abrite pour sa part la résidence de la reine-mère et de nombreuses divinités tout en ayant une vocation de formation et d'initiation pour les nouveaux adeptes. Ceci explique que Djenan soit le cœur des grandes cérémonies faites aux divinités. Plusieurs membres de la communauté y viennent comme à Dossoeme pour y prononcer des demandes et apporter des offrandes en remerciement (fig. 3).

1.3. LES HABITANTES, PRÊTRESSES À STATUT PARTICULIER DANS LA SOCIÉTÉ D'ABOMEY

Les Dadassi qui vivent à Dossoeme sont aisément reconnaissables : elles sont coiffées d'une pièce de tissu pliée sur la tête, portent un pagne noué à la poitrine et marchent pied nus en toute circonstance (fig. 4). Elles dirigent elles-mêmes les prières sur l'autel dédié à Adjahounto. A Djenan, la reine-mère et ses assistantes se distinguent par un habillement similaire à celui des Dadassi avec une pièce de tissu sur la tête (fig. 5). Elles aussi conduisent les prières au niveau des temples, forment les nouveaux adeptes et jouent le premier rôle dans l'initiative et l'organisation des différentes cérémonies annuelles destinées aux différentes divinités qu'abritent ce couvent.

2. UNE MISE EN ŒUVRE EXEMPLAIRE ET PARTICIPATIVE

La méthodologie de recherche suivie dans le cas de DOSSOEME et de DJENAN est similaire à celle utilisée pour la réhabilitation du portail d'entrée (*Honnouwa*) d'Agadja qui a consisté à identifier toutes les composantes des deux quartiers, à recenser toutes les dégradations affectant chaque composante ainsi que les causes de détériorations afférentes puis à établir des variantes de propositions de réhabilitation accompagnées d'une évaluation de leur réalisation suivant les différentes techniques à mettre en œuvre ce qui permet de dégager les différents budgets de l'opération et de choisir le nombre de composantes dont les coûts permettent de rester dans l'enveloppe financière octroyée à chaque phase de réalisation du projet avec la prise en compte prioritaire du choix fait par chaque communauté de femmes. Ainsi, chaque quartier connut des phases 1, 2 et 3 de réalisation. Les résultats obtenus dans l'archéologie de surface effectuée lors de la

¹ Segbo Lissa : la divinité de la fécondité et de la procréation en général

² Hwanjele : la femme qui convient au roi ; Mènon : la reine-mère ; Kpojito : le géniteur de l'ancêtre mythique



Fig. 3 Cérémonie d'offrandes à la reine mère à Djenan

réhabilitation du Honnuwa d'Agadja ont été utilisés pour déterminer la profondeur des fouilles en rigoles pour les fondations sous murs.

2.1. DIAGNOSTIC ET ÉTUDES PRÉALABLES

Préalablement à la réhabilitation de chacun des sites, une étude minutieuse, basée sur un diagnostic de l'état général appuyé par la documentation rassemblée (orale, écrite, illustrations) et les us et coutumes des lieux a été réalisée en étroite collaboration avec les résidentes. Celles-ci ont ainsi pu exprimer leur point de vue sur la situation existante, les différentes évolutions des sites et faire part de leurs aspirations. Le projet a donc tenu compte d'une part de leur connaissance et de leur usage du site et d'autre part de considérations d'ordre à la fois technique et budgétaire.

Le diagnostic réalisé à Dossoeme a montré que ce quartier de 2 ha environ présentait des murs de clôtures extérieures en ruine à 86% alors qu'ils constituaient la première barrière de sécurité des habitants. Les échanges avec les Dadassi ont d'ailleurs montré que les problèmes de sécurité étaient la première des causes d'abandon du lieu. Les deux portes d'entrées au site ne fermaient d'ailleurs quasiment plus, les murs intérieurs étaient eux aussi en ruine à 80% et étaient facilement franchissables. L'absence totale d'éclairage rajoutait à l'insécurité grandissante de jour en jour accentuée par l'envahissement des lieux par de hautes herbes. Les habitations elles-mêmes offraient le même constat désolant, avec des charpentes-toitures branlantes qui laissaient passer les eaux de pluies.

L'assainissement général du site et les sanitaires (douches-toilettes) étaient quasiment inexistantes. Le réseau d'adduction d'eau était lui aussi inexistant, créant des difficultés d'approvisionnement pour les besoins vitaux des femmes dont l'âge moyen dépassait la soixantaine.

En termes d'effectif, l'abandon était quasi total puisque seules deux

Fig. 4 Les Dadassi de Dossoeme



Fig. 5 La Reine-mère à Djenan

Dadassi acceptaient encore de rester sur le site, prévu à l'origine pour fonctionner avec 102 résidentes.

En dépit de ce constat alarmant et du cadre précaire, la fréquentation du site restait importante et de nombreux fidèles continuaient à y faire des vœux et des offrandes, preuve s'il en est de l'importance du site.

La situation était similaire à Djenan. Les murs de clôture extérieure étaient en ruine à 95%, la porte d'entrée ne fermait plus, les murs intérieurs étaient eux-aussi détruits à 90%, les habitations en ruine à 85%. L'assainissement y étant inexistant, des flaques d'eau de pluie stagnaient en plusieurs endroits et les sanitaires étaient indignes de conditions décentes. L'électrification inexistant plongea le site dans une obscurité totale, contribuant comme à Dossoeme à consolider ce couvent dans une insécurité grandissante.

La population résidente au nombre de cinq continuait néanmoins de s'occuper des temples, d'organiser des cérémonies tout en formant de nouveaux adeptes.

Fortes de ces états des lieux, les villes d'Albi et Abomey, après avoir reçu l'accord du ministère de la Culture du Bénin, décidèrent d'engager la réhabilitation des sites selon un programme pluri annuel. Une prestation fut confiée pour cela à CRAterre, mondialement connu pour son expertise en architecture de terre afin de coordonner les opérations de terrains et réaliser les travaux de réhabilitation par une maîtrise d'œuvre locale.

2.2. TRAVAUX RÉALISÉS

L'opération de réhabilitation portait sur :

- la sécurisation des lieux par la reconstruction des murs de clôture et des murs d'enceinte accompagnés d'un talus protégeant leur base ainsi que la coiffe de protection du sommet des différents murs, le renouvellement de toutes les charpentes toitures, la reconstruction des auvents d'entrée ainsi que la réfection de toutes les portes équipées de serrures fonctionnelles ;
- l'installation d'une allée d'au moins 05 mètres permettant de circuler librement autour du quartier en vue d'éloigner les reptiles susceptibles d'accéder à l'intérieur des quartiers ou de détecter facilement tout suspect mal intentionné de commettre le vol ou des actes de vandalisme ;
- l'assainissement des différents cours et des abords extérieurs immédiats des quartiers afin de ralentir ou prévenir le phénomène d'érosion souvent cause des phénomènes d'affouillement à



Fig. 6 et 7 Vue de l'intérieur de Djenan avant et après les travaux

- la base des murs en terre ;
- la création de commodités pour l'amélioration du cadre de vie avec la construction de plusieurs batteries de sanitaires (douches-toilettes) pourvues de portes et d'électrification ;
- la création de réseaux d'électrification encastrés alimentés soit par le courant public soit par des panneaux solaires ;
- l'installation de deux réseaux d'adduction en eau pour faciliter l'approvisionnement en eau des deux quartiers.

A l'issue de ces travaux qui eurent un écho retentissant dans la ville d'Abomey et dans ses environs, le nombre de résidentes est passé de 2 à 20 à Dossoeme et de 4 à 8 à Djenan (fig. 6, 7, 8 et 9).

3. LA DIMENSION ÉCONOMIQUE ET DURABLE DU PROJET

3.1. DES PUBLICATIONS VENDUES AU PROFIT DE LA GESTION DU SITE

La réhabilitation de Dossoeme s'est accompagnée de la réalisation d'une publication intitulée *Palais royaux d'Abomey, Les Dadassi du quartier DOSSOEME*. Rédigée par des acteurs locaux, il s'agit à la fois d'une étude ethnographique et d'une approche patrimoniale fondées essentiellement sur la documentation (orale, écrite, illustrations) et les us et coutumes du quartier notamment obtenus dans les divers témoignages des dignitaires et autres responsables des familles et de lignées royales. Elle porte sur :

- la création et la structuration de Dossoeme,
- le rôle des Dadassi au regard de la valeur immatérielle du site,
- le culte des ancêtres auxquelles elles sont rattachées,
- leur rôle au sein de la société actuelle,
- leur mode de sélection et d'initiation,
- leurs conditions de vie,

Fig. 8 et 9 Vue de l'intérieur de Dossoeme avant et après les travaux



- les cérémonies qu'elles officient dans le quartier,
- la renaissance progressive de Dossoeme aujourd'hui,
- l'entretien et la restauration : le projet de coopération pour la conservation,
- les événements organisés grâce à cette réhabilitation comme le Gandahi de 2012 et 2013.

Ce livret de 25 pages, édité en 5.000 exemplaires est vendu à la boutique du musée historique d'Abomey et à l'office du tourisme d'Abomey. Les produits de sa vente, reversés au profit de la gestion du site, contribuent à faire connaître ce quartier, le plus important du site des palais royaux d'Abomey, qui reste à l'écart des circuits touristiques.

Une publication similaire devrait voir le jour à Djenan, afin d'exposer le lien entre ce lieu sacré et le panthéon vodun, tout en y présentant l'histoire de cette religion au royaume du Danxome.

3.2. LA MISE EN PLACE D'ACTIVITÉS GÉNÉRATRICES DE REVENUS POUR LES FEMMES

Le projet de réhabilitation né par et pour les communautés féminines s'est aussi basé sur un projet de micro-économie à Djenan et Dossoeme, selon le principe africain de la « mise en tontine » ou association collective d'épargne. Pour ce faire, chaque femme a été invitée à exprimer ses vœux sur les activités qu'elle pourrait mener et dont elle maîtrise le contour afin de générer des revenus et ainsi subvenir aux besoins de la communauté.

Pour les Dadassi, ces activités concernent :

- la fabrication de savon koki,

- l'élevage de volaille³ et de caprin,
- une mini culture maraîchère autour du quartier dont la terre est fertile pour l'agriculture,
- l'achat et la vente de produits divers (tomate en boîte, sardine, sucre, pétrole etc.),
- l'achat et la vente d'huile de palme et d'arachide,
- l'achat et la vente de sacs de maïs, d'arachide, haricot, mil, sorgho, cossette d'igname et de manioc.

A Djenan, les activités choisies par la Reine-mère et ses quatre assistantes concernent :

- l'achat et la revente de produits vivriers : maïs, haricots, tomates, huile rouge, huile d'arachide,
- l'achat et l'élevage de caprin, volaille (poulet, canard),
- la culture de tomate.

Se basant sur ces différentes propositions, une dotation financière de 100.000 FCFA (un peu plus de 150 euros) a été octroyée à chacune des femmes pour amorcer leurs activités. La mise en place de cette microéconomie a largement contribué au maintien et à l'attractivité de ces sites qui devraient encore voir prochainement leur population augmenter.

3.3. EMPLOI, FORMATIONS ET RELANCE DES SAVOIR-FAIRE ANCESTRAUX

L'emploi, les formations et la relance des savoir-faire ancestraux sont des principes adoptés depuis la réhabilitation du Honnuwa d'Agadja et qui ont milité en faveur du retrait du site des palais royaux d'Abomey de la Liste du patrimoine mondial en péril le 25 juin 2007 à Christchurch en Nouvelle Zélande par le comité du patrimoine mondial qui a surtout demandé que les acquis du site soient consolidés. Dans cette vision, s'agissant de constructions traditionnelles, les chantiers ont été conduits par des artisans aguerris aux savoir-faire ancestraux qu'ils ont parfois adaptés pour assurer la durabilité des constructions : murs en terre de barre stabilisée au ciment, confection de charpente-toiture en bois traditionnel traité contre les termites, les perce-bois et autres insectes prédateurs du bois et de la paille.

Chaque phase de travaux, estimée à 15 mois chacune, a ainsi employé plus de cinquante ouvriers : maçons modernes, maçons traditionnels (gôliers), charpentiers, forgerons, peintres, électriciens. Chacun de ces corps de métier s'est attaché à former cinq nouveaux artisans, afin que la transmission des techniques mais aussi des us et coutumes inhérents à la construction dans ces espaces sacrés puisse être assurée sans tomber dans une situation de profanation des lieux, élément sur lequel veillent strictement en permanence les familles royales.

CONCLUSION

A l'issue de ces quelques années, la réussite de ces opérations dépasse largement l'approche strictement matérielle. Le retour des communautés sur le site et l'importance de leur fonction au sein du culte vodun ont généré la reprise de grandes cérémonies qui sont intrinsèquement et matériellement liées à ces espaces sacrés. Elles ont la



Fig. 10 Dadassi incarnées par les rois

particularité de rassembler tous les adeptes du plateau d'Abomey, l'ensemble des dignitaires (chefs de lignée) de l'ancien royaume, les chefs de culte vodun et l'actuel roi Agoli Agbo.

Dans cet élan, l'une des plus grandes cérémonies du royaume, qui n'avait pas été organisée durant près de 40 ans, a enfin pu être organisée. Trois mois durant, les fils et filles de Danxome ont suivi ces réjouissances conduites en partie par la reine-mère de Djenan et par les Dadassi sous l'autorité du roi au trône (fig. 10). De quoi reprendre confiance en son histoire et son patrimoine pour y ancrer son avenir. Cette démarche méthodologique, adoptée et mise en œuvre dans ces différentes réhabilitations, reste et demeure un atout rassurant pour la consolidation des acquis du site des palais royaux d'Abomey dans la perspective de perpétuer la consolidation pérenne de l'état de conservation de ce site dans ses dimensions matérielles et immatérielles.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ahonon L. (2012) Rapport d'exécution de la 2^e phase des travaux d'amélioration des conditions de vie des femmes dadassi du quartier dossoémé, Palais royaux d'Abomey, UNESCO, Mairies d'Albi et d'Abomey, 56p., Juillet 2012.
- Ahonon, L. (2013). Rapport final de la 1^{ère} phase des travaux du projet de revitalisation du couvent Djenan Palais royaux d'Abomey, UNESCO, Mairie d'Albi et d'Abomey, 36 p., Décembre 2013.
- Ahonon L., Djimassé G., Joffroy T. (2009). *Une introduction à Abomey*, 48 p., Mairie d'Albi et d'Abomey, Éditions CRAterre.
- Ahonon L., Djimassé G., Joffroy T. (2013) *Les Dadassi de Dossoémé*, 24 p., Mairie d'Albi et d'Abomey, Éditions CRAterre.
- Ahonon L., Joffroy T. (2011). Un plan de gestion pour retirer un bien de la Liste du patrimoine mondial en péril: le cas des Palais royaux d'Abomey. In: *Terra 2008: The 10th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage* [en ligne]. Los Angeles : Getty Conservation Institute/ Getty Publication. p. 42-49.
- CRAterre-ENSAG, Joffroy T. (2009). Restitution du Honnuwa de Agadja et Préparation d'un ouvrage sur Abomey, Rapport final, UNESCO, Mairie d'Albi et d'Abomey, 52 p., Novembre 2009.
- CRAterre-ENSAG, Joffroy, T., SPRA, Ahonon, L. (2011). Etude et amélioration des conditions de vie des femmes Dadassi du quartier Dossémé, Rapport final, Palais royaux d'Abomey, UNESCO, Mairie d'Albi et d'Abomey, 64 p., Juillet 2011.
- Joffroy, T., Ahonon, L. (2014). Conservation et amélioration des conditions de vie au Couvent vaudou Djenan, Phase 2 Palais royaux d'Abomey, UNESCO, Mairie d'Albi et d'Abomey, 48 p., Novembre 2014. 58.
- Joffroy, T., Eloundou, L., Rainer, L., Piqué, F., CRAterre-ENSAG, INSTITUTE, Getty Conservation, MONDIAL, Centre du patrimoine. Bénin (2008). Les Palais Royaux d'Abomey, Mission de suivi de la décision 28 COM 15 A 14 du Comité du Patrimoine Mondial (28^e session). Grenoble : CRAterre-ENSAG.

³ Sauf pintade, en raison d'un interdit religieux.

TRANSFERT DES CONNAISSANCES ET RENFORCEMENT DES CAPACITÉS

KNOWLEDGE TRANSFER AND CAPACITY BUILDING

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS Y CAPACITACIÓN REFORZADA

Ce thème a principalement porté sur les sujets suivants : les outils et les contenus pour la formation, l'évaluation des compétences existantes, la mise en réseau, la réponse aux situations d'urgence et les stratégies de diffusion.

Il apparaît particulièrement nécessaire d'adapter et de développer des outils pédagogiques et pour la formation innovants, en partenariat avec les acteurs locaux, en tenant compte des spécificités des différents contextes culturels et économiques. L'accessibilité de tels outils par les publics ciblés (populations locales, professionnels, étudiants, autorités) et leur capacité à répondre à des besoins réels doivent également être soigneusement prises en compte. Des expériences pratiques à différents niveaux devraient également être encouragées.

La nécessité de développer une méthode d'évaluation accessible et axée sur les compétences a également été reconnue. La pertinence des normes pour la formation doit être validée par les autorités. Il semble également important de favoriser les échanges entre les secteurs formel et informel afin de mieux valoriser les compétences partagées. Les réseaux locaux et nationaux doivent être renforcés pour répondre aux demandes croissantes en matière d'éducation et de formation.

Concernant la réponse aux situations d'urgence liées aux catastrophes naturelles et aux conflits, il semble nécessaire de réduire l'écart entre la théorie et la pratique afin d'accélérer les processus de transfert de compétences. Il est également nécessaire de combler le fossé entre les cultures locales en terre et les systèmes industriels contemporains. Les cultures locales, diversifiées et accessibles, doivent être mieux valorisées et intégrées dans des programmes de formation, qui doivent également aborder les considérations environnementales liées à la construction en terre à l'échelle locale et globale. Il est nécessaire de simplifier les stratégies de diffusion afin d'accroître leur impact. Enfin, n'oublions pas que ces évolutions demandent du temps et que les changements d'attitude s'établiront avec l'émergence de nouvelles générations.

This theme mainly discussed the following subjects: training tools and contents, assessment of existing skills, networking, response to emergency situations and dissemination strategies.

It appears particularly necessary to adapt and develop innovative educational and training tools in partnership with local actors, taking into account the specificities of cultural and economic contexts. Accessibility to such tools by targeted audiences (local populations, professionals, students, authorities) and their ability to respond to actual needs must also be carefully considered. Hands-on experiences at various levels should also be encouraged.

The necessity to develop an accessible method of assessment focused on skills has also been recognised. The relevance of training standards must be accredited by authorities. It also seems important to encourage exchanges between formal and informal sectors so as to better valorise shared skills. Local and national networks need to be strengthened to meet growing demands for education and training.

Responses to emergency situations linked to natural disasters and conflicts call for reducing the gap between theory and practice in order to accelerate the transfer of expertise in such critical situations. It is also necessary to bridge the gap between local earthen building cultures and industrial contemporary systems. Local cultures, diverse and accessible, must be better valorised and integrated into training programmes that should also cover environmental considerations dealing with earth construction at both local and global levels. There is a need to simplify dissemination strategies so as to increase their impact. Last, let us not forget that developments take time, and that attitudes will shift as new generations emerge.

Este tema se centró fundamentalmente en los siguientes puntos: herramientas y contenidos para la formación, evaluación de las habilidades existentes, creación de redes, respuesta a situaciones de emergencia y estrategias de difusión.

Es particularmente necesario adaptar y desarrollar herramientas pedagógicas y de formación innovadoras, junto con los actores locales, teniendo en cuenta las especificidades de los diferentes contextos culturales y económicos. También se debe considerar con cuidado la accesibilidad de tales herramientas para el público destinatario (poblaciones locales, profesionales, estudiantes, autoridades) y su capacidad para responder a las necesidades reales. Igualmente, se deben promover las experiencias prácticas a diferentes niveles.

Del mismo modo, se reconoció la necesidad de desarrollar un método de evaluación de competencias accesible, basado en las habilidades. La pertinencia de los estándares de las formaciones debe ser validada por las autoridades. Parece igualmente importante promover intercambios entre los sectores formal e informal a fin de valorar mejor las habilidades compartidas. Las redes locales y nacionales deben fortalecerse para satisfacer las crecientes demandas de educación y capacitación.

Con respecto a la respuesta a emergencias relacionadas con desastres naturales y conflictos, parece necesario reducir la brecha entre la teoría y la práctica para acelerar el proceso de transferencia de capacidades. También es necesario cerrar la brecha entre las culturas constructivas de tierra locales y los sistemas industriales contemporáneos. Las culturas locales, diversificadas y accesibles, deben ser puestas en valor e integradas en los programas de formación, que también deben abordar los aspectos medioambientales relacionados con la construcción con tierra a escala local y global. Es necesario simplificar las estrategias de difusión para aumentar su impacto. Finalmente, no se debe olvidar que estas evoluciones requieren tiempo y que los cambios de actitud se establecerán con la llegada de nuevas generaciones.

RECHERCHE ET CULTURE SCIENTIFIQUE : LA TERRE, SOURCE D'INSPIRATION

AUTEURS

Basile CLOQUET

Hugo HOUBEN

Romain ANGER

Laetitia FONTAINE

amàco, les Grands Ateliers et laboratoire CRAterre,
 Unité de recherche AE&CC, ENSA Grenoble, France

Philippe DE PACHTÈRE

La Turbine Sciences, Annecy, France

Hubert JEANNIN

Galerie Eurêka – Chambéry, France

RÉSUMÉ

Alors que le thème « habiter » nourrit les pratiques de culture scientifique parce que participant à la réflexion sur les liens étroits entre science et société, la rencontre entre un laboratoire d'une école d'architecture, CRAterre, et des CCSTI fait naître deux expositions complémentaires permettant de sensibiliser à un mode de construction intégré au territoire.

Dans une collaboration gagnant/gagnant, l'exposition interactive « *Grains de Bâisseurs* » voit rapidement le jour. En parallèle, Universcience réalise une exposition aux thèmes similaires : « Ma terre première, pour construire demain ». Les deux expositions s'enrichissent à chaque étape de nouvelles expériences liées au territoire d'accueil mais également aux pratiques de médiation portées par les équipes en place dans les structures. Ces deux objets culturels, de par leur conception et leur réalisation, traduisent à la fois le dynamisme qui peut s'impulser en région et la manière de le relayer au niveau national voire international.

L'article propose une description des logiques de partenariats mis en jeu, détaille les implications des différents acteurs et rend compte des protocoles de médiation, avec leurs points forts et leurs fragilités. Enfin, il donne à voir et à comprendre le rendu muséographique des deux approches.

INTRODUCTION

Dans un monde où nous utilisons et consommons des produits sans vraiment connaître leur nature, la compréhension de la matière apparaît comme un enjeu de premier plan. Cette prise de conscience a donné naissance à un programme pédagogique innovant intitulé *Grains de Bâisseurs*. Avec l'aide de l'ESPCI Paris Tech et de l'INSA de Lyon, cet atelier pédagogique a été développé et diffusé par le laboratoire CRAterre-ENSAG (Centre international de la construction en terre) dans le cadre de son enseignement post-master menant au Diplôme de Spécialisation et d'Approfondissement – Architecture de Terre. Ce cheminement, qui va de la géologie à l'architecture, permet d'acquérir une culture scientifique et technique sur cette matière en grains et facilite la compréhension de la construction et de l'architecture. Il introduit aussi la notion de territoire, et met en exergue

le lien entre la géologie et la géographie d'une région et la présence des matériaux disponibles qui sont utilisés par ses habitants pour se loger. L'atelier *Grains de Bâisseurs* a dépassé le cadre de l'université. En 2009, les centres de culture scientifique, technique et industrielle des agglomérations d'Annecy et de Chambéry, La Turbine et la Galerie Eurêka, en collaboration avec CRAterre, ont transformé le contenu pédagogique de l'atelier en une exposition éponyme. En parallèle, Universcience réalise une exposition aux thèmes similaires : « Ma terre première, pour construire demain » (600m² - 500.000 visiteurs). Les logiques de partenariat et les protocoles de médiation mis en place sont analysés afin d'en extraire les points forts et les points faibles. L'expérience a permis à de nouveaux projets de naître, élargissant ainsi le champ des matières couvertes.



Fig. 1 Vue de l'exposition présentée à la galerie Euréka, à Chambéry

1. LA PHYSIQUE DU COIN DE TABLE AU CŒUR D'UNE EXPOSITION

Le projet est né de la rencontre entre des chercheurs du laboratoire CRAterre-ENSAG (École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble) : Hugo Houben, Romain Anger, Laetitia Fontaine et Patrice Doat, qui forment le comité scientifique de l'exposition, et les chefs de projets des CCSTI (Centres de Culture scientifique, technique et industrielle) de la Turbine, Philippe De Pachtère, et de la Galerie Euréka, Hubert Jeannin, accompagnés de Jean-Yves Maugendre, chargé de projet à la Galerie Euréka, et Carolyn Mercier, scénographe du CCSTI La Turbine. Le projet d'exposition a reçu à plusieurs reprises un soutien financier de la région Rhône-Alpes dans le cadre d'un appel à projet récurrent de CSTI.

En amont de cette exposition, les membres du comité scientifique ont réalisé, quelques années plus tôt, un atelier « matière en grains » à destination des étudiants des écoles d'architecture et d'ingénieurs. Cet atelier permettait d'explorer la matière terre et de l'examiner non plus comme un élément massif, mais comme un assemblage de grains, et s'initier ainsi à la physique des grains par la manipulation. Les cent expériences produites, appelées manipes, provoquent de l'étonnement qui stimule une dynamique cognitive et déclenchent une culture de la découverte. L'intérêt des scolaires, étudiants, enseignants et du grand public pour cet atelier « matière en grains » n'est allé que croissant. Son nom évolua en « Grains de Bâisseurs », titre qui a été retenu pour l'exposition qui en est issue.

L'exposition *Grains de Bâisseurs – Construire en terre, de la matière à l'architecture* propose de nombreuses expériences à destination des adultes comme des enfants, à partir de 7 ans, ainsi que des scolaires (écoles, collèges, lycées). Cette exposition est destinée à une itinérance régionale : CCSTI, maisons de l'architecture, CAUE (conseils d'architecture, d'urbanisme et de l'environnement), établissements scolaires, mairies, etc. Elle est composée de huit îlots rassemblant en tout une vingtaine d'expériences (fig. 1) sur 200 m².

Le design de l'exposition joue un rôle primordial. Il est volontairement frugal, simple, compréhensible, sans « boîtes noires ». C'est un design pour l'exploration et non pour la seule information. Les textes ont été volontairement réduits au strict minimum.

La visite commence par la matière, avec en introduction un tas et un mur en terre. Puis elle chemine à travers des îlots sur la physique des grains (fig. 2). Elle s'arrête un moment autour de différentes techniques de construction et se termine par le futur de la construction

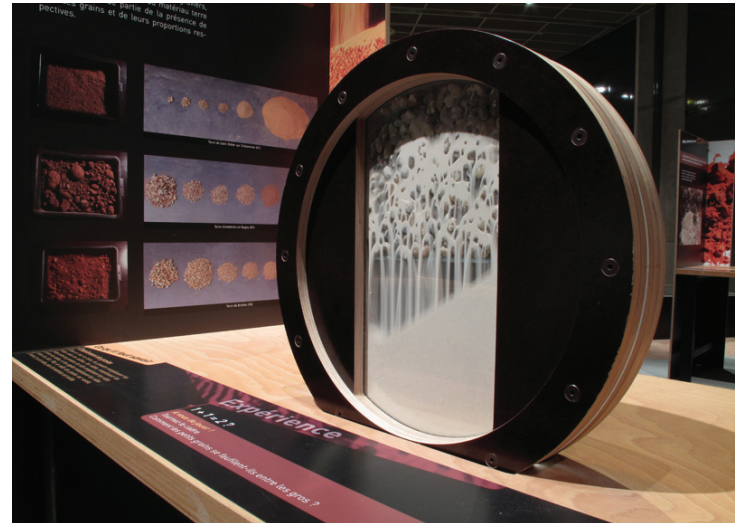


Fig. 2 Manipulation interactive sur la physique des grains

en terre. Le parcours est jalonné de nombreuses photographies d'architectures en terre du monde entier, vernaculaires et contemporaines, ainsi que d'œuvres d'art en terre.

Dans un espace appelé « expérimentarium », le visiteur est invité à suivre des conférences expérimentales et participer à des ateliers, sur la matière en grains, au cours desquels il pourra manipuler la matière et comprendre les comportements étranges du sable, des argiles et de l'eau (fig. 3).

Le fil rouge qui est proposé, ou plutôt « l'histoire » qui est racontée (« la matière en grains, de la géologie à l'architecture ») déborde le cadre de la simple description phénoménologique de la matière. C'est une métaphore de la question du développement durable : « des matières non transformées aux productions humaines ».

2. UNE PRODUCTION ISSUE DU ET POUR LE TERRITOIRE

2.1. LE SUJET DE LA TERRE : UNE EXPERTISE À FAIRE DÉCOUVRIR

La terre n'était pas, a priori, un sujet d'exposition repéré par le CCSTI de Chambéry. C'est l'expérience et l'expertise des personnes proposant cette exposition sur le sujet de la terre crue qui ont poussé la Galerie Euréka à se lancer dans la coproduction de l'exposition. Dans le but de faire découvrir le territoire et ses ressources et d'impliquer le public dans de nouveaux ateliers, le CCSTI la Turbine a mis en

Fig. 3 Conférence/manipe l'« expérimentarium »



place une programmation sur cinq ans (2010-2015) et a choisi, à travers *Grains de Bâisseurs*, de s'appuyer sur la terre pour parler d'un des thèmes : l'habitat et son inscription dans le territoire.

2.2. UNE ÉLABORATION FACILITÉE PAR DES STRUCTURES VOISINES

Les CCSTI de Chambéry et d'Annecy sont deux structures à statuts identiques, subventionnées par des collectivités territoriales en Rhône-Alpes. Les relations entre les deux équipes ont été facilitées car elles doivent quotidiennement répondre aux mêmes problématiques et ont la même culture du territoire rhônalpin. Elles sont habituées à travailler avec une grande complicité, ce qui a permis de faire avancer rapidement la production d'une exposition qui, sur certains aspects, sortait des normes.

3. BILAN ET PERSPECTIVES

3.1. UN SUCCÈS DÙ À UNE MISE EN SCÈNE DE LA MATIÈRE QUI ÉVEILLE LA CURIOSITÉ

L'exposition a été présentée de septembre 2009 à janvier 2010 à la Galerie Eurêka et de mars 2010 à janvier 2011 à La Turbine. Puis elle a été présentée à la Galerie Européenne de la Forêt et du Bois à Dompierre-les-Ormes, au CCSTI de Franche-Comté, au Pavillon des sciences, à la maison de l'architecture et de la ville PACA à Marseille, à la Briqueterie à Ciry-Le-Noble, à l'espace des sciences Pierre Gilles de Gennes situé au sein de l'École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles ESPCI ParisTech et au Centre commercial EVRY 2. En 6 ans, plus de 60 000 personnes ont visité l'exposition. L'originalité et le succès sont attestés par les nombreuses visites de personnes de tout âge, origine et compétence.

Des partenariats avec des radios ont été noués pour des interviews, émissions et messages d'annonces.

3.2. UN FORMAT INTERMÉDIAIRE ENTRE L'EXPOSITION ET L'ATELIER

Il s'agit d'un produit intermédiaire entre une exposition et un atelier. La terre est un sujet qui n'était jusqu'alors réservé qu'à de la découverte sur le terrain ou des manipulations montrées devant un public attentif mais passif. Le défi relevé a été de réaliser une exposition interactive dans laquelle chaque manipulation puisse être mise en œuvre par le visiteur lui-même.

3.3. UNE EXPOSITION BASÉE SUR DES EXPÉRIMENTATIONS ÉPROUVÉES EN AMONT

Lors de l'une des éditions du festival *Grains d'Isère*, les coproducteurs de l'exposition ont découvert l'atelier « Grains de bâtisseurs » et en ont conclu que le passage à l'état d'exposition allait être facilité par tout le travail déjà réalisé. Dans le scénario habituel de montage d'exposition, un thème est choisi puis le produit est fabriqué après une phase d'étude du commissaire. Dans le cas de *Grains de Bâisseurs*, la mise au point technique des expériences et les retours du public ont permis de gagner du temps lors du passage en mode exposition. Un temps important d'ingénierie a été consacré à assurer le bon fonctionnement de chaque expérience.

Mais il a été impossible de mettre en place des systèmes automatisés pour toutes les manipulations. Certaines ont été tentées spécialement pour l'exposition « Ma terre première pour construire demain », notamment sur le sable, mais, faute de temps de mise au point en amont, elles ne fonctionnent pas toujours très bien. Aussi, il n'a pas été pos-

sible de mettre en œuvre des manipulations demandant des consommables (sable sec) à la Cité des sciences, une institution de type musée qui a peu de personnel pour l'entretien régulier de manipulations pendant la présentation des expositions.

3.4. UNE EXPOSITION QUI PERMET DE VOIR, SENTIR ET TOUCHER LA MATIÈRE

Dans les musées, il est rare de pouvoir toucher la matière. L'équipe de concepteurs a été influencée par l'Exploratorium de San Francisco. Il y est proposé de nombreuses manipulations interactives époustouflantes qui permettent de comprendre des phénomènes physiques liés, entre autres, à l'électricité, la lumière ou au baseball. En revanche, le contact avec la matière y est absent.

La présence de la matière implique un temps de montage de l'exposition *Grains de Bâisseurs* long : une grande minutie est nécessaire pour installer certains éléments, notamment les petits tas de terres du monde entier, mais la perception de la matière n'en est que plus forte. On peut regarder, toucher, sentir le sable, l'argile et la terre. En immersion dans la matière, la fascination pour les phénomènes physiques exposés est alors renforcée.

3.5. UNE MISE EN SCÈNE QUI RENFORCE L'ESTHÉTIQUE DE LA MATIÈRE

Les retours des visiteurs appuient particulièrement sur un point : l'exposition est belle et instructive. De la matière première à l'architecture, la matière et ses transformations successives sont toujours présentées sous un angle esthétique. En entrant dans l'espace d'exposition, le regard est immédiatement attiré par la matière en grains, de toutes les formes, de toutes les couleurs, dans tous les états. En terme d'ambiance, il s'agit avant tout de tirer profit des qualités esthétiques des grains minéraux (fig. 4).

3.6. UNE SCÉNOGRAPHIE PROCHE D'UN ATELIER EXPÉRIMENTAL

Pour mettre en valeur la matière, la scénographie de « *Grains de Bâisseurs* » a été pensée avec des matériaux propices à l'expérimentation, « fragiles », mais tous issus du monde des bâtisseurs : de l'atelier de charpente (établis) au chantier de maçonnerie (contreplaqué de coffrage). Dans ce cadre, le contact avec la matière est fondamental et le matériel utilisé pour mettre en œuvre les expériences brille par son absence. Ce choix implique une rénovation de l'exposition tous les dix ans. Dans l'avenir, se pose la question du passage ou non à un stade d'artificialisation et d'éléments plus conceptuels dans la logique adoptée par Universcience. Les éléments d'exposition de « Ma terre première, pour construire demain » ont été majoritairement réalisés en matériaux synthétiques et sont donc moins altérés par le temps et le nombre de visiteurs.

Fig. 4 Murs et techniques de construction



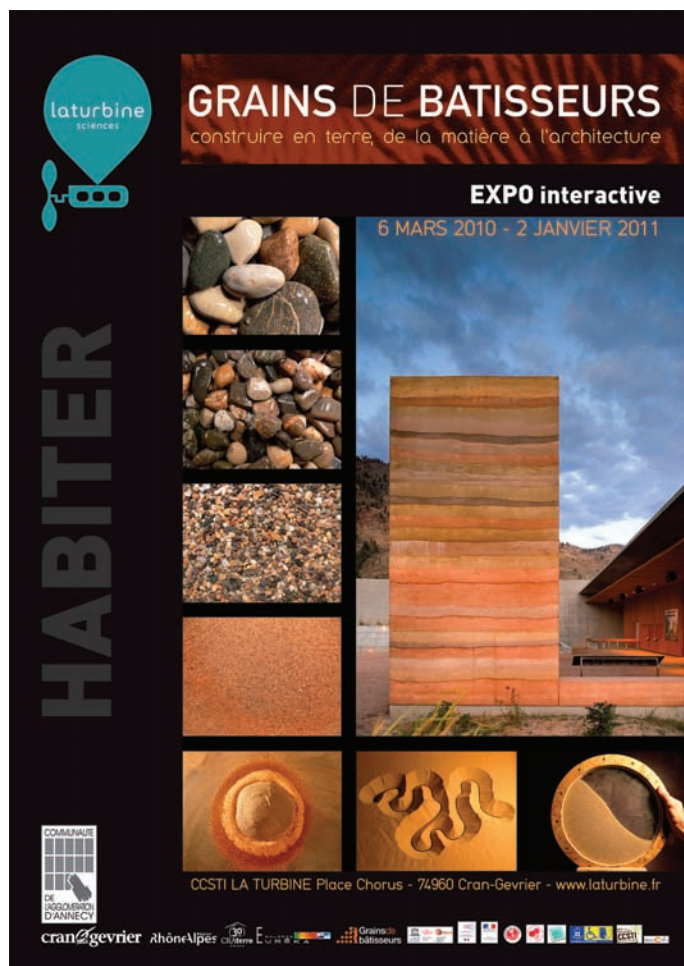


Fig. 5 Affiche de l'exposition à la Turbine

3.7. L'ITINÉRANCE D'ÉLÉMENTS LOURDS : UNE PARTICULARITÉ À INTÉGRER

Malgré un conditionnement complexe sur palettes, hors gabarit, et des éléments plutôt lourds pour une exposition itinérante, l'exposition *Grains de Bâisseurs* a pu être présentée dans des lieux variés et pas seulement dans des lieux dédiés aux expositions (ancienne usine, centre commercial, etc.). Mais elle n'a pas été pensée pour une itinérance à l'étranger et sur une longue période.

Un des points faibles de cette exposition lourde et complexe sont les coûts de transport, montage et démontage, décourageant certaines petites structures. Les murs de pisé, de bauge, de torchis et d'adobe sont imposants et font partie des éléments qui marquent le visiteur. Difficiles à manipuler et à exposer partout, une déclinaison plus petite pourrait être proposée afin de garder la possibilité de toucher la terre. De plus, le lieu de stockage entre les périodes d'exposition n'a pas été suffisamment anticipé.

3.8. UNE EXPOSITION FACILE À DÉCLINER EN ACTIVITÉS COMPLÉMENTAIRES

Le concept de l'exposition, des manipulations de la matière terre montrée sous toutes ses formes et à plusieurs échelles, a permis aux équipes des CCSTI de faire évoluer leurs habitudes en matière d'élaboration, de présentation et de gestion d'exposition. Il a stimulé leur créativité et les a poussées à sortir des routines pour élaborer les supports des expériences.

Pour l'équipe du CCSTI de Chambéry, c'est la première exposition pour laquelle elle a pu s'investir dans la conception. Montrer en direct des expériences de physique et manipuler la matière sont des pratiques qui existaient en amont de la création de l'exposition *Grains de Bâisseurs* dans les activités de la Turbine. Depuis la diffusion de cette exposition (fig. 5), elles sont devenues incontournables.



Fig. 6 Atelier « Apprentis maçons piseurs »

L'équipe des animateurs a bénéficié des activités proposées sous le format conférence/manipes pour acquérir une solide expérience de présentation en public. Les compétences acquises par les animateurs sur la matière en grains les ont amenés à créer des activités complémentaires à l'exposition : des ateliers pour les enfants, notamment pour les 6 à 12 ans, pour les initier aux techniques de la construction en terre et tout particulièrement à celle du pisé, une technique ancestrale bien représentée en Savoie, lors d'ateliers : « Apprentis maçons piseurs » (fig. 6).

Inspiré par l'exposition sur la matière en grains, le CCSTI de Chambéry s'est approprié le concept « construire avec ce que l'on a sous les pieds » pour proposer à son public des sorties dans les rues chambériennes à la recherche des différents matériaux et techniques de construction mis en œuvre et ainsi leur faire prendre conscience de l'importance du patrimoine en pisé de la région, des liens qui existent entre un territoire, sa géologie, ses paysages, et la matière mise en œuvre dans son architecture. Tout en faisant découvrir le fonctionnement de base de la matière en grains, ce cheminement fait partie des objectifs généraux de l'exposition *Grains de Bâisseurs*. En construisant avec la terre, on reproduit un mécanisme géologique qui se produit sur des millions d'années. La vision d'une histoire humaine qui s'inscrit dans une histoire géologique invite à reconsidérer notre place dans l'univers. Ceci participe sans doute à la vision d'un monde en perpétuel mouvement et à l'émergence d'une pensée écologiste.

Un cycle de conférences sur les mêmes thématiques a été mis en place à la Galerie Euréka, élargissant ainsi le panel de publics.

Au delà des notions abordées lors de l'exposition, les CCSTI ont pris l'initiative de transmettre des documents illustrés permettant aux structures telles que les établissements scolaires de reproduire

les logiques pédagogiques soutenant cette exposition. Il s'agit d'une description illustrée de quelques expériences contre-intuitives facilement reproductibles qui permettent aux enseignants ou animateurs extérieurs de susciter l'émerveillement et l'étonnement des enfants et adolescents autour d'une matière présumée connue de tous : le sable. Ils peuvent acquérir alors le sens de l'observation et le goût des sciences. Dans le même but pédagogique, CRAterre diffuse aujourd'hui les expériences *Grains de Bâisseurs* (Anger & Fontaine, 2005) relatives à la physique des milieux granulaires secs et humides et la physico-chimie des argiles sous forme de mallettes pédagogiques, pour les écoles notamment.

4. L'ATELIER MATIÈRES À CONSTRUIRE (AMÀCO)

Suite au succès de l'exposition *Grains de Bâisseurs* sur la terre, le laboratoire CRAterre s'est vu décerner trois prix nationaux pour le livre *Bâtir en terre, du grain de sable à l'architecture* (Fontaine & Anger, 2009), livre accompagnant l'exposition, et pour l'ensemble de ses activités pédagogiques innovantes¹.

La diffusion de l'exposition se poursuit. Lorsqu'elle est présentée, elle joue le rôle d'ambassadrice pour l'ensemble des activités et des recherches effectuées par laboratoire CRAterre-ENSAG sur la terre et plus largement sur l'habitat durable.

L'atelier et la conférence expérimentale sont aujourd'hui régulièrement présentés dans des établissements d'enseignement supérieur (universités, écoles d'architecture, écoles d'ingénieur, instituts universitaires de technologie) en France et à l'international. Cet atelier *Grains de Bâisseurs* (Fontaine & Anger, 2010) suscite également l'intérêt des réseaux professionnels.

L'IUT Génie Civil de l'Université de Lyon s'est procuré une version matérielle de l'atelier pédagogique pour le présenter chaque année à l'ensemble de ses étudiants.

Différents acteurs internationaux du réseau de la construction en terre ont aussi spontanément acquis l'atelier pédagogique, essentiellement dans le cadre de formations professionnelles.

Ce programme a préfiguré la naissance en 2012 d'amàco, l'atelier matières à construire², soutenu par le programme national IDEFI (Initiatives d'Excellence en Formations Innovantes). amàco est un centre de ressources pédagogiques qui vise à rendre visible, de manière sensible et poétique, les comportements physico-chimiques des matières naturelles les plus communes, telles que le sable, l'eau, la terre, le bois, la pierre, la paille, etc. Le projet a comme objectif de faire connaître leurs applications dans la construction afin de favoriser l'émergence de pratiques éco-responsables. amàco rassemble dans un même lieu des physiciens, des ingénieurs, des artistes et des architectes qui font appel à la magie, l'émotion et la créativité, dans la lignée de *Grains de Bâisseurs*.

La Galerie Euréka, la Turbine et le laboratoire CRAterre ont produit l'exposition *Grains de Bâisseurs*. Au cœur des processus géologiques depuis des millions d'années, au cœur de l'activité humaine depuis des milliers d'années, au cœur de nombreux processus industriels depuis des centaines d'années, les grains permettent bien plus qu'une

initiation riche, ludique et esthétique à l'univers du physicien. La découverte du comportement « contre-intuitif » de matières aussi communes que le sable, les poudres ou les boues, illustré par des expériences à la simplicité désarmante, offre au visiteur un nouvel éclairage de la réalité pour « comprendre » le monde. Une expérience au premier abord si anodine, mettant en évidence un phénomène scientifique particulier, permet une relecture des paysages, d'une architecture de terre, de problèmes industriels, etc., et finalement amène à « voir un monde dans un grain de sable³ ». Telle a été l'ambition de ce projet.

Grâce aux multiples expérimentations interactives, les CCSTI ont renforcé leurs compétences en médiation scientifique. Ils ont répondu à l'ensemble de leurs objectifs : favoriser les échanges entre la communauté scientifique et le public, susciter l'émergence d'une prise de conscience individuelle au profit d'un avenir collectif, en améliorant la connaissance de la science et de ses enjeux par les citoyens.

La terre crue leur a servi d'élément concret pour toucher tous les publics, notamment en zone rurale, dans un territoire rhonalpin qui dispose d'un patrimoine bâti en pisé exemplaire et d'artisans capables aujourd'hui de mettre en œuvre cette matière première de manière contemporaine.

Les résultats et les succès de cette diffusion à grande échelle de *Grains de Bâisseurs* ont permis aux chercheurs du laboratoire CRAterre-ENSAG, membres de l'unité de recherche Architecture Environnement et Cultures Constructives AE&CC, associés aux ingénieurs de l'INSA Lyon et aux physiciens de l'ESPCI ParisTech, de développer une méthode et un équipement pédagogique spécifiques et innovants : l'atelier matières à construire (amàco). Celui-ci, basé aux Grands Ateliers à Villefontaine, est destiné à couvrir une gamme complète des matières utilisées pour la construction.

Face à l'originalité et aux potentialités d'une telle démarche, on peut imaginer un lieu exclusivement consacré à l'exploration de la matière s'inspirant et approfondissant le modèle de *Grains de Bâisseurs*. *Grains de Bâisseurs* et le programme de recherche amàco constituent donc l'embryon d'un grand projet : la Cité de la matière.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alvarez Coll, N., et al. (2013). *amàco, atelier matière à construire*, amàco, Les Grands Ateliers, Villefontaine.

Anger, R., et Fontaine, L. (2005). *Grains de Bâisseurs. La matière en grains, de la géologie à l'architecture*, CRAterre-ENSAG, Villefontaine.

Fontaine, L., et Anger, R. (2009). *Bâtir en terre. Du grain de sable à l'architecture*. Éditions Belin Cité des sciences et de l'industrie, Paris.

Fontaine, L., et Anger, R. (2010). *Grains de Bâisseurs 2004/2010*. Grenoble: CRAterre-ENSAG, Villefontaine.

¹ Prix Adolphe Pacault, prix « le goût des sciences » du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, prix Roberval

² Description dans la plaquette de présentation de *amàco* (Alvarez Coll et al., 2013)

³ Extrait d'un poème *Auguries of Innocence* de William Blake « To see a world in a grain of sand, And a Heaven in a wild flower, Hold Infinity in the palm of your hand and Eternity in an hour. »

ALREDEDOR DE LA TIERRA, RECONSTRUIR LAS CONSCIENCIAS

AUTOR

Mauricio GANDUGLIA

Programa "Melhorar Habitação Rural"
CARITAS DE ANGOLA

RESUMEN

En Angola se inició el camino de la paz y la reconstrucción después de un largo periodo bélico, desde el comienzo de la lucha armada por la independencia en 1961, la independencia en 1975 y la guerra civil hasta el 2002.

Después de 12 años de paz, y una expansión constante de las actividades de formación y de construcción con tierra y materiales locales, CÁRITAS DE ANGOLA comienza el programa de "Arquitectura Sustentable: Mejorar la Vivienda Rural". Con el fin de "promover procesos de desarrollo comunitario de integración social mediante la promoción de la construcción tradicional de la vivienda", este programa integra los actores del ciclo de la construcción: las familias, los constructores, los jefes de obra y los arquitectos. Para entender este programa es necesario analizar el contexto histórico, social y cultural de Angola, las consecuencias de la guerra, el proceso de emergencia de la posguerra y la reconstrucción y el contexto particular de los programas y proyectos de desarrollo social en las organizaciones no gubernamentales y / o religiosas.

Esta comunicación tiene como objetivo presentar los métodos, las actividades y los resultados de esta experiencia formativa realizada transversalmente en todos los niveles educativos.

INTRODUCCIÓN

En Angola, durante 15 años (1997-2012), diferentes organizaciones civiles y religiosas llevaron a cabo proyectos de construcción con tierra y materiales locales. La ejecución de las primeras obras incluía la componente formativa. Más de 140 proyectos fueron construidos en las zonas urbanas, peri-urbanas y rurales, predominando el equipamiento educativo, con algunos ejemplos de equipamiento de salud y vivienda para profesores, estudiantes, voluntarios o comunidades religiosas. La mayor parte de las construcciones se realizaron con los Bloques de Tierra Comprimidos (BTC) y con la especialización de la mano de obra se consiguieron resultados interesantes con pre-

domino de la calidad constructiva sobre la forma resultante. (fig. 1 y 2). En el año 2010, el Obispo de Luena (Capital de la Provincia de Moxico) propone la integración de la arquitectura y la construcción en el programa de Educación Sustentable que se desarrollaba en su diócesis en las áreas de agricultura, medicina natural y alfabetización. Durante 3 años se realizaron actividades de formación, y se terminó con la construcción de la primera vivienda con adobes a partir de la reinterpretación de una tipología existente (fig. 3 y 4) y la producción de material de difusión, paneles de exposición y una publicación (Ganduglia, 2012).

Fig. 1 Escuela 1º Ciclo, Kibala-Associação IBIS, 2001



Fig. 2 Escuela 2º Ciclo, Luena, Moxico, Salesianos de Dom Bosco, 2006





Fig. 3 Tipología Habitacional, Moxico, 2012



Fig. 4 Proposta Habitacional com Adobes, Sacasanje, Moxico, 2012

La evaluación de estos logros constructivos y formativos permitió trazar un programa que por primera vez se dedica específicamente a la cuestión de la vivienda y es coordinado por Cáritas de Angola, el servicio social de la Iglesia Católica.

Este programa incluye los diferentes actores del ciclo de la construcción: las familias, los constructores, los jefes de obra y los arquitectos. De la experiencia resulta un proceso participativo en el que la formación considera, además del componente técnico, los temas que complementan y dignifican la vida humana, constituyendo una formación integral.

Las dinámicas y metodologías utilizadas en las experiencias de formación y de construcción con materiales locales producen resultados tanto cuantitativos (equipamientos construidos, personas capacitadas), como cualitativos, ya que, con las habilidades y conocimientos aprendidos no solo se integran rápidamente en el mercado de trabajo como también, y más importante, son hombres y mujeres íntegros para reconstruir la sociedad.

1. EL CONTEXTO ANGOLEÑO

1.1. LA NOCIÓN DE LUGAR

Se estima que los pueblos bantúes emigraron durante 2000 años desde la región de los Grandes Lagos, y ahora ocupan un tercio del continente. Un 95% de la población de Angola tiene origen bantú, y se estima que los grupos etno-lingüísticos están en el orden de los 90 con un predominio de cuatro grupos (85%): ovimbundo, kimbundo, kikongo y lunda-tchokwe. La migración continúa hasta el final del siglo XIX. Hay pueblos nómadas y seminómadas al sur de Angola, Nhanheka-Humbe y Ambos, cuya práctica económica es la ganadería y que migran en busca de alimentos (Estermann, 1983). En el año 1.884, la Conferencia de Berlín establece límites a los países, pero estos no impiden el movimiento de personas y mercancías. Será ya en el siglo XX, en 1938, cuando Portugal define el control de la población con el “Censo de la regulación y los impuestos”, dirigido específicamente a los hombres, y obligando a la fijación de residencia.

Finalizando la guerra en 2002, se estima que 1 millón de personas murieron y 4 millones de personas han sido desplazadas de sus lugares de origen. El movimiento de personas no cesó de aumentar. La ciudad capital, Luanda, que en los años ‘70 tenía menos de 700.000 habitantes, y para el año 2002 aumentó a 4 millones, en la actualidad supera los 7 millones de habitantes.

Las migraciones de población tienen consecuencias en otros aspectos, entre ellos el constructivo. La mayor parte de las personas dominaban las técnicas de construcción con tierra y en la tradición africana, es el hombre quien construye y las mujeres quienes hacen las terminaciones; pero la mayor parte de los fallecidos durante la guerra son hombres, y en consecuencia desapareció el eslabón para la comunicación y la transferencia de conocimientos de generación en generación. De esta manera, las familias, además de socialmente desestructuradas, se trasladaron a contextos con otras características y condiciones, pero sin alguien que pudiera explicarles cómo resolver el tema constructivo.

En ese momento, “Hemos de volver” (Neto, 1960), la poesía del primer presidente de Angola, Antonio Agostinho Neto, era más una utopía que una realidad: “a las casas, a nuestras cosechas, / A las playas, a nuestros campos, / Hemos de volver”. Es muy significativo que la poesía comience con la idea de recuperar la casa y la tierra que produce alimentos. El hecho de ser conocida por todos, es un recurso potencial para reflexionar sobre el tema.

1.2. LA NOCIÓN DE TIEMPO

“Elegí estudiar historia porque mi padre vivió mucho tiempo, que era un hombre de historias, le encantaba contarlas” (Ki-Zerbo, 2006). Con estas palabras, el autor describe varios conceptos: la transferencia de valores, las pasiones y los sentimientos de un familiar a otro. Durante una guerra que se prolonga en el tiempo, la sensación más deteriorada es la condición de tiempo. Las consecuencias son evidentes: la familia, con su secuencia generacional más lógica: abuelo-padre-hijo, quedó desestructurada, y la inestable situación no permite pensar el futuro como proyecto o sueño personal, sino simplemente en el día después.

1.3. LA NOCIÓN DE HÁBITAT

La técnica de construcción vernácula se basa sobre todo en el uso del adobe y en algunos lugares, la técnica del bahareque. La piedra es utilizada en las construcciones portuguesas y el uso de fibras vegetales predomina en la tradición local. (Redinha, 1973)

La construcción con tierra y materiales locales de los últimos 50 años, en su mayoría no se resuelve con calidad ya que la vivienda es pensada como provisoria o temporal. La guerra y las condiciones de supervivencia que ella creó, cambiaron la vida de las personas y entre otros valores, la cultura constructiva. Pocas veces el material es asociado a padrones de calidad. Algunas zonas mas aisladas, consiguie-



Fig. 5 Vivienda Tradicional, Cazombo-Moxico, 2010

ron preservar la calidad constructiva (fig. 5). Tanto el “saber-hacer”, como la transferencia de conocimientos de generación en generación, pierden su continuidad.

Es recurrente la pregunta sobre la durabilidad de las casas construidas con tierra. Paradójicamente recuerdan lo seguro de una casa de tierra durante el conflicto, pero predomina la memoria mas próxima que refiere a las condiciones de las viviendas que cada año son derribadas en épocas de lluvia. En consecuencia, se subestiman los materiales naturales, y las construcciones actuales que se transforman en verdaderos “bunkers” de hormigón.

1.4. LA EDUCACIÓN

En la cultura tradicional, la educación se basa en la literatura oral. La educación tradicional tenía como objetivo formar al hombre de manera integral ya que no sólo se incluyen los valores sociales y morales, normas y actitudes, sino también el conocimiento práctico para resolver las diferentes tareas de la vida cotidiana (Da Silva Neto, 2010).

El período de la posguerra, la paz, se caracterizó por la reconstrucción de equipamientos educativos (el 90% habían sido destruidos durante el conflicto) y la inclusión de alumnos en el sistema escolar (De 2.000.000 en los '90, a más de 7.000.000 en el 2014). El 65% de la población es menor de 24 años, siendo aproximadamente el 55% de la población menor de 18 años de edad y sólo el 2% de la población tiene más de 65 años (Ine-Angola, 2016).

La educación básica se caracteriza por la falta de métodos de enseñanza que estimulen a los estudiantes. Mientras en las zonas urbanas existe el uso de las nuevas tecnologías, estas no son aprovechadas para “entender mejor el mundo”; y en las zonas rurales se ven obstaculizados simplemente por la falta de profesores. El método educativo es predominantemente repetitivo-reproductivo caracterizado por las dificultades para dominar los conceptos básicos de la literatura y las matemáticas.

En los últimos 40 años el hombre y la sociedad han sufrido una gran transformación y el sistema educativo no acompañó ese ritmo. Puede pensarse que el problema radica en la falta de información (qué enseñar), pero el desafío consiste en encontrar métodos de trabajo (cómo enseñar) y contenidos útiles para recuperar el análisis y la reflexión.

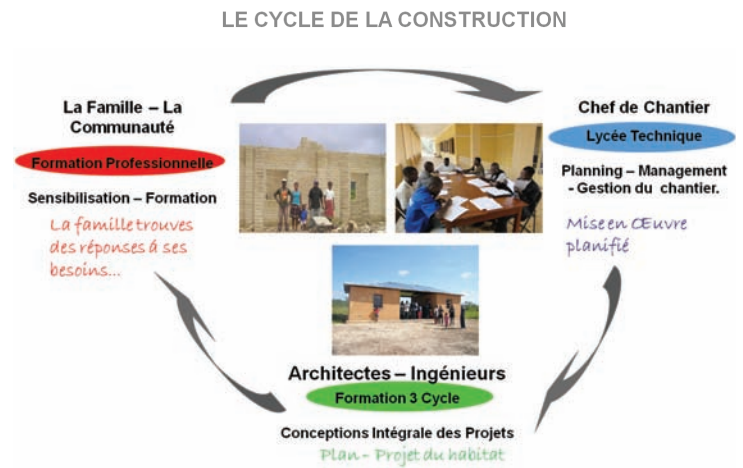


Fig. 6 Diagrama del Ciclo de la Construcción con Materiales Locales (actores), imagen: M. Ganduglia, 2007

2. EL PROGRAMA DE ARQUITECTURA SUSTENTABLE

El programa “Arquitectura Sustentable: Mejorar la Vivienda Rural”, es desarrollado por Cáritas de Angola en las comunidades rurales que ya trabajan hace bastante tiempo en el marco del Programa de Agricultura Sustentable. Entre otros resultados: conocen dinámicas de trabajo comunitario, superaron sus necesidades básicas de alimentación, y ya reflexionaron sobre la necesidad de mejorar la vivienda. Esto se convirtió en una demanda por resolver. El proyecto de viviendas se llevará a cabo en comunidades rurales de tres provincias de Angola: Malanje, Huila y Kuando Kubango.

El objetivo general del programa es promover procesos de desarrollo comunitario, la integración social y la solidaridad para mejorar las condiciones de vida de las poblaciones rurales mediante la promoción de la construcción tradicional de la vivienda. La formación, incluyendo a los estudiantes del Nivel Medio Técnico (Secundaria) y a los Universitarios, se transforma en una invitación a los estudiantes de la ciudad a compartir e integrar el mundo rural. Cada uno de ellos es un eslabón en el ciclo de la construcción: la familia, usuario y constructor / el técnico medio, jefe-de-obra / el arquitecto, proyectista-director (fig. 6).

2.1. LAS FAMILIAS

En las comunidades rurales es difícil tener una reflexión sobre el “modus vivendi”. No se recuerdan criterios que caractericen el hábitat tradicional o ambiente familiar, y prevalecen las ideas que manifiestan las condiciones de vida mínimas. Hay una tendencia a hablar de las propuestas de viviendas de las zonas urbanas (mensajes que transmiten programas de televisión), tanto en lo funcional como en lo material. Ante un dialogo generado para conocer las ideas espaciales-arquitectónicas, predominan las respuestas de carácter funcional: “La casa debe tener galería, 3 dormitorios y cada dormitorio, una ventana”, “2 dormitorios, salón, cocina y pasillo.”

El aprendizaje debe ser integral. No es suficiente introducir temas técnicos, también hay que entender la esencia del ser humano: salud, alimentación, trabajo, descanso, estudio. Es necesario analizar y reflexionar sobre la constitución física de los seres humanos para responder al trabajo en condiciones. Para conversar sobre el tema de la vivienda, el diálogo comienza por caracterizar la forma en que vivimos, y cómo eso genera problemas para la salud, desde la forma de dormir, comer y alimentarse, a la forma de construir y de utilizar los materiales. En el proceso formativo se alienta el análisis y la reflexión



Fig. 7 Actividad de Sensibilización Comunitaria, Kaluquembe, Huila, 2014

para que la comunidad comprenda las causas y consecuencias, y así poder ser autónomos en futuras decisiones (fig. 7). En el ámbito de la construcción es preciso recuperar la confianza en los materiales locales, especialmente el adobe. Es preciso comprender la tierra como material y todos los elementos constructivos que hacen parte de la construcción. Se aprovecha la reflexión sobre el material de la tierra para valorizar el elemento más importante: el Hombre.

Entre las metodologías se utilizan las formas literarias ya mencionadas, destacándose los refranes como la forma en que un pensamiento del conocimiento popular “ilumina” una situación de la vida cotidiana para explicarlo.

A modo de ejemplo, se presenta el proverbio en idioma tchoqwe: “Masoka la tcháta atakányina ha Kasonga” que se traduce como: “Los tirantes del jango (fig. 8) se juntan en el vertice” (Pe. Correia Barbosa, 1983). El dicho permite reflejar diferentes aspectos:

- Cultural: recuperar hasta valores educativos y culturales, y crear una dinámica interacción con los métodos y las situaciones actuales.
- Literatura: el proverbio es de origen quíoco (tchoqwe) y su traducción incorpora la palabra portuguesa que define ese espacio (jango) que en lengua umbundu significa Onjo=hogar + Hango=conversación.
- Social: es el símbolo de la aldea, la cohesión social y el conocimiento. Los jefes de cada familia son simbolizados por cada elemento de la estructura de la cobertura.
- Antropología del espacio: lugar de encuentro de la población para hablar.
- Arquitectónico: edificio circular, todo abierto, con techo cónico, normalmente se encuentra en el centro del pueblo.
- Constructiva: El “jango” sin paredes u otras estructuras, solo resiste por la fuerza y consistencia de los palos de madera.

2.2. TÉCNICOS DE OBRA Y DISEÑADORES PROYECTISTAS

Cáritas de Angola firmó un Memorando de Entendimiento (MoU) con el Instituto Medio Industrial de Luanda (IMIL) con el fin de formar a los estudiantes de construcción civil que participen en el programa de prácticas profesionales (pasantías).

La institución tiene 4500 estudiantes y 450 estudiantes son finalistas (12º año). De ellos, 160 son del área de construcción civil: técnico de



Fig. 8 Jango, Espacio Tradicional de Reunión en las Comunidades Rurales, Cangombe-Moxico

obra y diseñador-proyectista. En 2014 había 11 inscritos y 5 participaron en el programa, y en 2015, había 48 para inscripción. Finalmente, 18 fueron elegidos para las prácticas.

Las actividades de sensibilización y formación se llevan a cabo en una presentación preliminar donde los participantes conocen la construcción con tierra y materiales locales a nivel global y local. Posteriormente, organizados en grupos, realizan los primeros ejercicios contra-intuitivos para aproximarse a los materiales.

Las prácticas profesionales, con los estudiantes finalistas seleccionados, se realizan con tres actividades diferenciadas:

1. Una formación en la sede de Cáritas, con formato de seminarios, donde hay una presentación teórica, luego un diálogo que permite conocer los criterios generales de construcción que dominan, posteriormente una serie de ejercicios prácticos para comprender los materiales, y finalmente, la práctica donde los técnicos de obra producen adobes y los diseñadores-proyectistas resuelven módulos constructivos (fig. 9 y 10). Los estudiantes responden una guía de preguntas específicas para cada actividad, definiendo conclusiones y organizando el informe final.
2. El viaje a las comunidades rurales es una gran experiencia, porque además de la práctica constructiva, pocos viajaron fuera de la capital, y se sorprenden en todo momento desde el principio de la ruta. En cada comunidad, el programa tiene previstas sesiones de 4 días para resolver, en cada uno de ellos, la construcción de los principales elementos constructivos: fundaciones, paredes, techo, y luego otros, dependiendo de las terminaciones. Cada estudiante participa en una de las experiencias, y entre ellos se produce un intercambio para entender el proyecto en su totalidad.
3. Finalmente, los estudiantes son orientados para producir un informe final, donde describen y analizan todas las etapas de la experiencia, y aplican algunas soluciones en su proyecto arquitectónico final. El Programa de Pasantías participa activamente en la etapa final del estudiante pues la evaluación de su desempeño y resultados constituye el 50% de la presentación de su proyecto final.

2.3. ARQUITECTOS

Cada año, un grupo de 30-40 estudiantes de arquitectura (licenciatura), aprenden las técnicas y realizan ejercicios donde deben resolver proyectos de viviendas con tierra y materiales locales. El programa de estudio considera los materiales naturales y los elementos constructivos, principales y complementarios, en 120 horas de curso



Fig. 9 Estudiantes finalistas Medio Técnico, técnicos de obra, ejercicio de producción de adobes, 2014

(anual). El objetivo es comprender como un proyecto tiene ligeras modificaciones para adaptarse a cada material, resolviendo el proyecto de vivienda, primero de adobe o bahareque, y posteriormente con BTC. Se trata la materialidad del objeto arquitectónico y la reflexión en todas las escalas del proyecto: desde la implementación al detalle. De esta manera, el estudiante reflexiona y aplica criterios para definir la orientación y la ubicación, la composición arquitectónica y el detalle constructivo.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

Se debe entender que el resultado de vivienda puede ser una solución arquitectónica en sí misma, pero en términos de reestructuración social tiene que componer la célula de la sociedad, la familia, de manera que todos sus valores se manifiesten totalmente.

Esta experiencia permite desarrollar actividades en los tres niveles de formación y puede mostrar algunos resultados que son revisados periódicamente para consolidar el método:

- Las familias son conscientes de la riqueza de mejorar sus casas con material local y algunos pueden tener la construcción como un trabajo profesional.
- Los técnicos de obra y diseñadores-proyectistas pueden convertirse en líderes, entrando rápidamente en el empleo. La formación valoriza la orientación práctica del Nivel Medio Técnico
- Los estudiantes de arquitectura siguen módulos de formación específicos para la construcción con tierra y aprenden el potencial del material tanto en la composición arquitectónica como la eficiencia energética y constructiva.

Entre los objetivos del Programa de Arquitectura Sustentable se encuentra la difusión de la experiencia, y se prevé la preparación de folletos para difundir las experiencias especialmente compartiendo las reflexiones producidas en cada momento, la elaboración de paneles para cada comunidad con una guía de las actividades, y la producción de cuadernillos y folletos.

CONCLUSIONES

La guerra no es un evento circunstancial, se convirtió en una cultura que cambia todos los valores. Es necesaria una educación integral



Fig. 10 Estudiantes finalistas Medio Técnico, diseñadores-proyectistas. Ejercicio de proyecto y aparejado de adobes

para la reconstrucción de los vínculos, las estructuras y el orden social. Es un plan a largo plazo que debe construirse en varias generaciones.

Es preciso recuperar la diversidad cultural y constructiva. Los proyectos deberían incluir entre sus criterios la diversidad morfológica, de manera que en la reflexión de las vivencias del cotidiano se reencontre la diversidad y riqueza de tantos pueblos, culturas, memorias y tradiciones.

El concepto de tiempo es una variable que debe ser calificado al realizar las actividades. Se planifican los proyectos durante mucho tiempo para realizarlos tan rápido como sea posible. Se recomienda contar con un proyecto de formación integral, incluyente y sustentable, en el que el componente de construcción es sólo el comienzo del programa.

La materialidad de los elementos de construcción (cimientos, paredes, techo) es el principio de la reflexión a todos los niveles de formación, porque de esta manera se entiende que la durabilidad depende exclusivamente de los conocimientos de cada individuo (actor, eslabón) que participa del ciclo de construcción.

Hay una necesidad de dar calidad a los proyectos arquitectónicos, la práctica constructiva y las obras. Este programa pretende continuar la formación en los diferentes niveles educativos, con la intención de reformular los contenidos en los programas educativos vigentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Correia Barbosa, A. (Pe.) (1983). *500 Proverbios Quiocos*, Edições Ora & Labora, p. 166.
- Da Silva Neto, T. (2010). *Contribuição à História da Educação e Cultura em Angola*, p. 24.
- Estermann, C. (1983). *Etnografia de Angola*, coletânea de artigos dispersos.
- Ganduglia M. (2012). *Arquitetura de Terra do Moxico*.
- Instituto Nacional de Estadística (2016). *Resultados definitivos do Recenseamento Geral da População e da Habitação em Angola 2014*, p. 37.
- Ki-Zerbo, J. (2006). *Para quando Africa*, Edições Chá-de-Caxinde, p. 14.
- Neto, A. (1960). *Sagrada Esperança, obra poética completa*.
- Noré, A. e Adão; Á. (2003). *Revista Lusofona de Educação*, p. 104.
- Redinha, J. (1973). *A Habitação Tradicional Angolana, Aspecto da sua Evolução*.

CAPACITACIÓN EN CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE CON ADOBE

AUTORES

Marcial BLONDET

Malena SERRANO

Departamento de Ingeniería
Pontificia Universidad Católica del Perú

RESUMEN

En las últimas décadas, los investigadores de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) han desarrollado diversas técnicas de refuerzo sísmico para las construcciones de tierra (adobe o tapial). Sin embargo, ninguna de éstas ha sido adoptada masivamente por las personas a quienes van dirigidas, debido principalmente a su alto costo y a la falta de difusión. Por ello, la dirección académica de Responsabilidad Social (DARS-PUCP) está actualmente desarrollando un proyecto de capacitación en construcción sismorresistente con adobe que busca contribuir a mitigar el inaceptable riesgo sísmico de las poblaciones rurales. Se eligió como población piloto al distrito de Pullo de Ayacucho, ubicado en una zona sísmica de la sierra peruana, donde más del 80% de los pobladores viven en casas de adobe y más del 60% en condiciones de pobreza o pobreza extrema (INEI, 2007). Se está trabajando con los pobladores para que tomen conciencia de la vulnerabilidad de sus viviendas de adobe no reforzado y para que aprendan, de forma práctica, una técnica de refuerzo con mallas de cuerdas de nylon. Los resultados iniciales del proyecto muestran que los materiales y herramientas de comunicación y capacitación utilizados ayudan a incrementar la conciencia sísmica de la población y despiertan su interés en la construcción sismorresistente con adobe.

INTRODUCCIÓN

Las viviendas de adobe son usuales en muchas áreas sísmicas alrededor del mundo debido a su bajo costo, pese a su pobre desempeño sísmico. Cuando ocurre un sismo, las pesadas paredes de tierra no son capaces de resistir las fuerzas de inercia que se generan, la edificación se daña gravemente y puede llegar a colapsar, con las consecuentes pérdidas humanas y económicas (Blondet y Rubiños, 2014). Sin embargo, el adobe es el único material de construcción accesible para muchas familias, especialmente en áreas rurales donde los materiales de construcción industrializados son poco comunes. Por lo general, las familias construyen sus propias viviendas en colaboración con otros miembros de la comunidad, y sin ningún tipo de asistencia técnica. En consecuencia, la mayoría de comunidades rurales localizadas en áreas sísmicas, como en los Andes peruanos, viven en condiciones de riesgo sísmico inaceptables. Por ello, es urgente difundir y capacitar a la población en el empleo de técnicas de refuerzo simples y económicas para proteger a sus viviendas de adobe de los dañinos efectos de un sismo.

1. SOLUCIÓN TÉCNICA SIMPLE Y DE BAJO COSTO

Los investigadores de la PUCP y de otras instituciones vienen estudiando cómo mejorar el comportamiento estructural de las viviendas de adobe localizadas en áreas sísmicas desde hace más de 40 años (Vargas et al., 2005). Recientemente, un programa experimental de la PUCP presentó un modelo a escala de vivienda de adobe, previamente dañado, reparado con inyecciones de barro y reforzado con una malla externa de cuerdas de nylon tensadas con templadores de metal (fig. 1). El comportamiento estructural del modelo reparado y reforzado, durante una secuencia de simulaciones sísmicas unidireccionales de intensidad creciente, se consideró excelente. La malla de refuerzo externa ayudó a mantener su integridad y estabilidad estructural, además de prevenir el colapso de los muros al mantener unidas las porciones separadas durante el movimiento. (Blondet et al., 2013; Blondet et al., 2014).

Pese a los esfuerzos de los investigadores de la PUCP y otras instituciones, la construcción espontánea de viviendas de adobe sismorresistentes en áreas rurales sigue siendo nula, debido principalmente al alto costo y a la falta de difusión del sistema de refuerzo

propuesto. La malla de cuerdas tiene gran potencial para ser usada como material de refuerzo sísmico en viviendas autoconstruidas ya que es mucho más barata y accesible que los refuerzos previamente estudiados (Blondet et al., 2008a). Además, los templadores metálicos pueden ser reemplazados por un nudo pequeño y fácil de implementar (fig. 2) como una alternativa de bajo costo para tensar las cuerdas (Mattsson, 2015).

2. HERRAMIENTAS PARA LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Diversos investigadores han desarrollado técnicas de reforzamiento para mejorar la seguridad sísmica de las construcciones de tierra (Smith y Redman, 2009). Sin embargo, comunidades enteras continúan construyendo sus viviendas de la manera tradicional, sin refuerzo sísmico, y viviendo en alto riesgo sísmico (Blondet et al., 2008a). Es necesario, entonces, reducir la brecha de comunicación entre el mundo académico y las comunidades que construyen con adobe. A continuación, se presentan las herramientas de transferencia tecnológica desarrolladas por el equipo de investigación de la PUCP.

2.1. MESA VIBRATORIA PORTÁTIL

Se diseñó y construyó una mesa vibratoria portátil para demostrar la importancia de incluir el refuerzo sísmico en las viviendas de adobe (Blondet y Rubiños, 2014). Esta herramienta permite a los pobladores observar las diferencias entre el desempeño sísmico de un modelo de adobe no reforzado y otro reforzado. El primero, que representa las casas de adobe construidas de manera tradicional, colapsa durante la simulación sísmica, mientras que el segundo se mantiene en pie y únicamente presenta daño leve o reparable. Los modelos a escala tienen una base de 400 x 240 mm y una altura de 210 mm. Las unidades de adobe utilizadas son de 40 x 40 x 10 mm. El modelo que representa una vivienda de adobe tradicional tiene dinteles en la puerta y las ventanas, pero no tiene viga collar que amarre los muros. El modelo reforzado tiene dinteles en la puerta y las ventanas, viga collar, y las paredes están envueltas con hilos que representan las mallas de cuerdas. Estas demostraciones representan de manera simple la efectividad del refuerzo sísmico: los hilos pre-

Fig. 1 Modelo reforzado

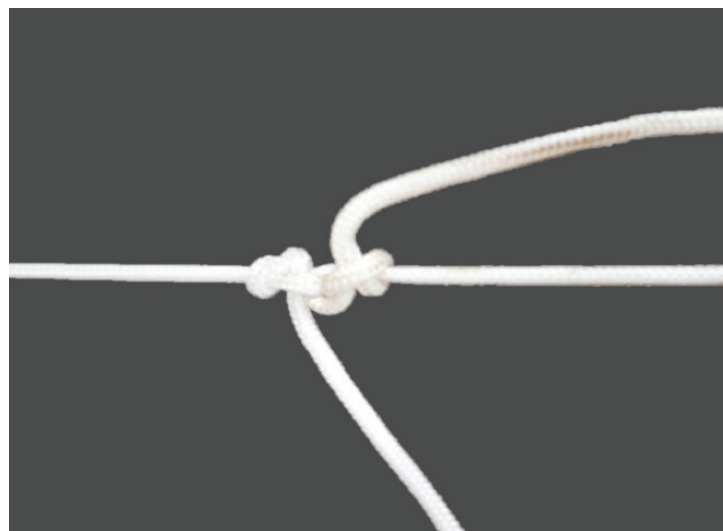


Fig. 2 Nudo de amarre propuesto

vienen el colapso del modelo a escala reducida, en forma similar a la malla de cuerdas que previene el colapso de las viviendas de adobe a escala natural.

2.2. MANUAL DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE CON ADOBE REFORZADO

El manual de construcción es un documento técnico que describe con detalle la construcción de una casa de adobe reforzada con malla de cuerdas, y está dirigido a los constructores, maestros de obra y pobladores de áreas rurales donde la construcción informal con adobe es predominante y la asistencia técnica es poco accesible. Cada parte del proceso constructivo está explicado con lenguaje simple e ilustraciones paso a paso (fig. 3). Además, se proponen tres tipos de casas con diferente número de habitaciones, y se incluyen los planos de construcción.

Este manual contiene toda la información necesaria para construir una casa de adobe reforzada con malla de cuerdas: condiciones de riesgo, ubicación de la vivienda, selección de materiales, elaboración de unidades de adobe, cimentación, reforzamiento de muros y techo.

3. CASO DE ESTUDIO: PROYECTO DARS-PUCP EN LOS ANDES PERUANOS

El proyecto de capacitación tiene como idea central que las personas que viven en casas inadecuadas e inseguras no deberían simplemente recibir ayuda externa en forma pasiva. Por el contrario, deberían ser agentes de su propio desarrollo y adquirir la capacidad para construir sus propias viviendas saludables y seguras. Se trata de un proyecto interdisciplinario planteado por etapas para incrementar las probabilidades de aceptación y apropiación de la técnica de refuerzo con malla de cuerdas.

3.1. LA COMUNIDAD ANDINA DE PULLO

En agosto 2014, un movimiento sísmico de 6.6 grados en la escala de Richter tuvo lugar en la región de Ayacucho de los Andes peruanos. El distrito de Pullo (fig. 4) fue uno de los muchos lugares afectados por este evento. Los reportes iniciales indicaron que el 25% de los daños se concentró en este distrito: 150 heridos, 30 viviendas inhabitables y otras 150 afectadas (INDECI, 2014). Pullo es una región de alto riesgo sísmico, por lo que es urgente capacitar a sus pobladores en la construcción de viviendas de adobe sismorresistente.

Alrededor del 80% de las viviendas del distrito están hechas de adobe

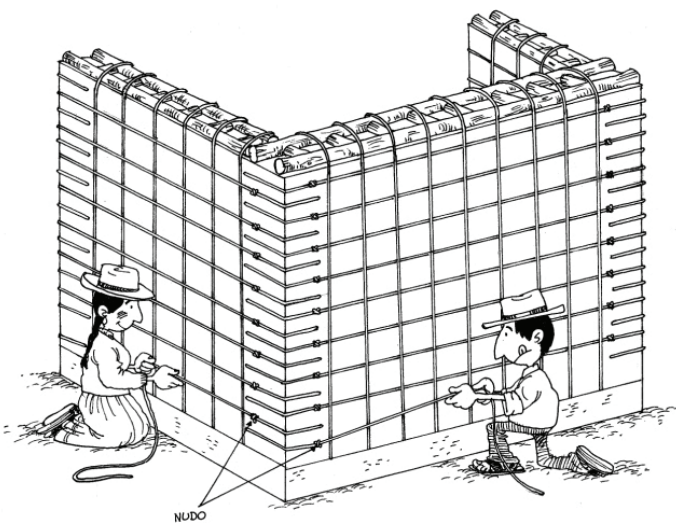
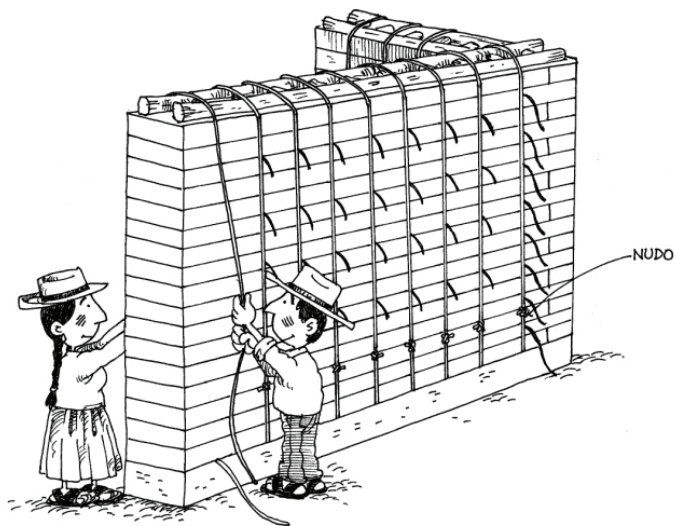


Fig. 3 Ilustraciones del manual de construcción

y han sido construidas sin ninguna asesoría técnica. Su construcción se realiza a través del proceso andino tradicional, utilizando barro de la localidad: La tierra “duerme” por un par de días y luego se mezcla con paja cortada; la mezcla se coloca en moldes de madera, se la desmolda y se la seca a la intemperie; más adelante se utiliza el mismo barro como mortero para unir los adobes y como recubrimiento de las paredes. Además de tener un efecto estético, el recubrimiento protege a las unidades de adobe de las fuertes lluvias propias de la región y de su efecto erosivo (Cribilleros et al., 2014).

Los pobladores de Pullo tienen un conocimiento empírico del pobre comportamiento sísmico de las viviendas de adobe tradicionales, no reforzadas. En promedio, las viviendas tienen más de 50 años de antigüedad y no reciben mantenimiento por parte de sus propietarios. Además, la baja conciencia sísmica de la población hace que los propietarios no inviertan en reforzar sus viviendas. En consecuencia, el daño observado responde claramente a la falta de criterios de diseño sismorresistente durante el proceso constructivo (ausencia de viga collar y juntas de mortero de gran espesor).

3.2. SENSIBILIZACIÓN DE LA POBLACIÓN

En mayo 2015 se inició en el distrito de Pullo la primera etapa del proyecto de capacitación en construcción sismorresistente con adobe reforzado con cuerdas. La sensibilización tuvo un enfoque interdisciplinario, y estuvo a cargo de ingenieros civiles, una comunicadora



(a) Ubicación geográfica



(b) Plaza de armas

Fig. 4 El distrito de Pullo

y una psicóloga. Para conseguir el interés de los pobladores se realizaron entrevistas e invitaciones individuales sin discriminación de ningún tipo y se convocó a personas de toda edad y género (hombres y mujeres adultos, ancianos y niños). Además, se realizaron entrevistas grupales con los principales actores de la comunidad, para así comprometerlos en la difusión del taller. La asistencia fue voluntaria y no hubo ningún tipo de condicionamiento o incentivo monetario.

La metodología de sensibilización consistió en la presentación de los objetivos del proyecto, acompañada de videos motivacionales intercalados con preguntas a los asistentes. Se mostró un video del sismo de Huaraz (Perú, 1970), seguido de la pregunta abierta: «¿Alguna vez se han sentido así?». Luego, se presentó un video motivacional sobre la construcción con adobe sismorresistente (Blondet et al., 2008b) y videos de los ensayos en el Laboratorio de Estructuras de la PUCP, siempre enfatizando la pregunta: «¿Creen que la construcción con adobe pueda ser sismorresistente?». Las respuestas de los pobladores evidenciaron su miedo a perder la vida durante los terremotos, su falta de confianza en el adobe y su desconocimiento previo de técnicas de reforzamiento que ellos pudieran aplicar en sus viviendas. Para finalizar, se invitó a todos los participantes a que vieran la demostración con la mesa vibratoria portátil y luego a intentar «derrumbar» el modelo reforzado y comprobar por ellos mismos su resistencia (fig. 5).



Fig. 5 Demostraciones con la mesa vibratoria portátil PUCP

3.3. CAPACITACIÓN DE LA POBLACIÓN

En septiembre 2015 se inició la segunda etapa del proyecto de capacitación. El equipo de trabajo viajó previamente a la comunidad para coordinar y difundir el taller. Se realizó una pequeña campaña de difusión mediante la colocación de afiches en lugares estratégicos de la comunidad, llamadas telefónicas a personas clave para recordar la fecha y horarios de las sesiones, y anuncios con el megáfono local.

Primero se introdujo de manera general la técnica de reforzamiento con malla de cuerdas. Se explicaron las características de una vivienda sismorresistente y los pobladores pudieron observar dichas características en un modelo a escala reducida, que fue puesto a prueba en la mesa vibratoria portátil PUCP. Se enseñó el proceso de amarre del nudo propuesto, y se entregaron porciones de driza para que los participantes practiquen. Por último, los participantes practicaron la colocación de las cuerdas horizontales y verticales en un muro de cerco de un local comunal (fig. 6 y 7).

Las siguientes sesiones de capacitación estarán orientadas al aprendizaje práctico de la construcción sismorresistente con adobe, mientras se realiza la construcción de un local público. Cada sesión girará en torno a un tema específico: la elaboración de adobes; la colocación de cimientos y sobrecimientos; el levantamiento de muros; la importancia y colocación de la viga collar; la colocación de la malla de cuerdas y su recubrimiento; y finalmente, la colocación del techo.

Los trabajos de construcción serán llevados a cabo por los participantes del taller y, al finalizar, se darán certificados de capacitación.

4. RELEVANCIA DEL ESTUDIO DE CASO

El estudio de caso ha permitido validar la metodología de sensibilización propuesta con los pobladores de una comunidad andina. La demostración con la mesa vibratoria portátil impactó positivamente a la población y ejemplificó, de manera adecuada, el comportamiento que las viviendas de adobe reforzadas y no reforzadas tienen durante un sismo. Más aún, la población identificó sus viviendas con el modelo a escala reducida no reforzado y admitió en voz alta la importancia del refuerzo sísmico (hilos de nylon) en el modelo a escala reducida reforzado. Se concluye, entonces que la metodología de sensibilización incrementó la confianza de la población en el refuerzo sísmico y además incrementó su interés en los siguientes talleres de capacitación ofrecidos.

Se sugiere, entonces, incluir una etapa previa de sensibilización para futuras investigaciones y proyectos de capacitación que tengan por objetivo la transferencia de conocimientos en comunidades rurales. Más aún, se espera que las herramientas y metodologías desarrolladas sean utilizadas y distribuidas en futuros proyectos de capacitación en otras comunidades donde predomine la construcción con adobe. De esta manera, se logrará que más familias puedan tener acceso a viviendas de adobe sismorresistentes y se mitigará el inaceptable riesgo sísmico de muchas poblaciones rurales.

5. COMENTARIOS FINALES

La construcción tradicional con adobe, sin refuerzo sísmico, debería evitarse en áreas sísmicas. Sin embargo, es una realidad problemática que debe solucionarse con urgencia. El desafío no sólo está en encontrar soluciones técnicas accesibles y de bajo costo para las poblaciones rurales, sino también en desarrollar herramientas de comunicación y capacitación efectivas que permitan difundir dichas soluciones entre las poblaciones rurales ubicadas en áreas sísmicas.

El éxito inicial de la metodología de sensibilización es alentador. Sin embargo, se requiere un esfuerzo sostenido para lograr un impacto verdadero. Entrevistas personales y conversaciones informales evidenciaron el interés de los pobladores en ser capacitados. Hubo, sin embargo, dificultades para la programación de los talleres. Se sugiere la utilización de medios de comunicación masivos, como la radio, para lograr un mayor alcance y aumentar el número de participantes en el proyecto.

El trabajo no ha sido sencillo y aún no ha finalizado. Si bien los involucrados en este proyecto son optimistas y creen que sus esfuerzos ayudarán a mejorar las condiciones de vida de decenas de familias en el poblado de Pullo, ésta sólo es una de las muchas comunidades rurales sísmicamente vulnerables alrededor del mundo. Es una necesidad urgente difundir y capacitar a la población en la construcción sismorresistente con adobe reforzado, especialmente allí donde el



Fig. 6 y 7 Sesión práctica de colocación de cuerdas horizontales y verticales en muro de cerco

riesgo sísmico sea inaceptable, ya que sólo así podrá evitarse la trágica pérdida de vidas humanas en futuros eventos sísmicos de gran magnitud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blondet, M., Vargas, J., Tarque, N. (2008). Low cost reinforcement of earthen houses in seismic areas. In: *14th World Conference on Earthquake Engineering*. 12-17 de Octubre, Beijing, China.

Blondet, M., Vargas, J., Patron, P., Stanojevich, M., Rubiños, A. (2008). A human development approach for the construction of safe and healthy adobe houses in seismic areas. In: *14th World Conference on Earthquake Engineering*. 12-17 de Octubre, Beijing, China.

Blondet, M., Vargas, J., Sosa, C., Soto, J. (2013). Seismic simulation tests to validate a dual technique for repairing adobe historical buildings damaged by earthquakes. In: *International Conference Kerpik '13 New Generation Earthen Architecture: Learning from Heritage*. 11-14 de Septiembre, Istanbul Ayden University, Turquía.

Blondet, M., Rubiños, A. (2014). *Communication tools for the construction of safe and decent earthen houses in seismic areas. Annual conference of the Human Development & Capability Association*. 2-5 de Septiembre, Atenas, Grecia.

Blondet, M., Vargas, J., Sosa, C., Soto, J. (2014). Using mud Injection and an external rope mesh to reinforce historical earthen buildings located in seismic areas. In: *9th International Conference on Structural*

Analysis of Historical Constructions. 14-17 de Octubre, Ciudad de México, México.

Cribilleros, D., Espinoza, J., Gutiérrez, G., Noa, A., Serrano, M., Rubiños, A. (2014). *Diagnóstico situacional del Distrito de Pullo (Parinacochas, Ayacucho)*. Reporte interno PUCP. Lima, Peru.

Instituto Nacional de Defensa Civil (2014). *Movimiento sísmico en el Departamento de Ayacucho. Reporte de Emergencia N° 592 – 26/08/2014/COEN-INDECI/13:00*. Lima, Perú.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007). *Censos Nacionales X de Población y V de Vivienda – Resultados definitivos*. <http://ineiinei.gob.pe/inei/RedatamCpv2007.asp?id=ResultadosCensales?orj=C>

Mattsson, E. (2015). Improved seismic-resistant design of adobe houses in vulnerable areas in Peru-Raising seismic awareness in an Andean community. Tesis para obtener el grado de Ingeniería de Construcciones. Uppsala Universitet. Uppsala, Suecia.

Smith, A., Redman, T. (2009). A Critical Review of Retrofitting Methods for Unreinforced Masonry Structures. In: *EWB-UK Research Conference 2009 Hosted by The Royal Academy of Engineering*. 20 de Febrero, Bristol, U.K.

Vargas, J., Blondet, M., Ginocchio, F., Villa-García, G. (2005). *35 años de investigación en la Pontificia Universidad Católica del Perú*. Memorias digitales del evento SismoAdobe (mayo de 2005). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

STRATÉGIE ALGÉRIENNE POUR LA PROMOTION DES ARCHITECTURES DE TERRE

AUTEUR

Yasmine TERKI

Centre Algérien du Patrimoine Culturel Bâti en Terre (CAPTERRE)
 Festival Culturel International de Promotion des Architectures
 de Terre (ArchiTerre), Algérie

RÉSUMÉ

Le ministère algérien de la Culture se trouve confronté à une difficulté majeure dans la mise en oeuvre de sa politique de protection du patrimoine architectural. Il ne parvient pas à obtenir l'adhésion des populations locales, propriétaires des biens situés dans les centres historiques protégés, aux opérations de réhabilitation de ces ensembles, et cela malgré les mesures financières incitatives prévues par l'article 84 de la loi 98-04 relative à la protection du patrimoine culturel (Réf.1).

Or il apparaît clairement que les réticences de ces populations sont intimement liées à la dévalorisation des matériaux locaux. De ce fait, et étant donné que la majeure partie du patrimoine architectural algérien est bâtie en terre, il est devenu évident qu'aucune mesure de protection légale ne pourrait être efficace à long terme si le ministère ne parvenait pas à revaloriser l'image des matériaux locaux, avec à leur tête le matériau terre, dans l'esprit des populations locales.

C'est pour cette raison qu'il a défini une stratégie en matière de promotion des architectures de terre, basée sur le principe de réhabilitation de l'image de ces architectures. Sa mise en oeuvre a permis, depuis 2008, la réalisation de diverses actions dont deux expositions, l'institutionnalisation d'un festival et la création d'un établissement public.

INTRODUCTION

Afin de garantir la sauvegarde des Ksour, ces « médinas du désert » qui constituent une part majeure du patrimoine culturel immobilier, le ministère de la Culture doit se donner les moyens de relever deux défis majeurs :

Le premier consiste à parvenir à revaloriser l'image des architectures de terre aux yeux des populations locales afin de les maintenir dans les ksour de manière à assurer à ces derniers un entretien régulier sans lequel ils seraient inexorablement voués à la ruine, comme le montre l'exemple du Ksar de Chetma, abandonné par ses anciens habitants (fig. 1-2).

En effet, la dévalorisation des matériaux locaux au profit des matériaux industriels a atteint un stade tel que les opérations de réhabilitation de Ksour, même quand elles sont entièrement financées et réalisées par l'État, sont un échec total. Les exemples des Ksour de

Beni-Abbas et d'El Mihan (Djanet) le prouvent parfaitement.

Les parties restaurées de ces Ksour (fig. 3 à gauche de l'image & fig. 4 au centre de l'image) sont restées aussi désertes que les parties non réhabilitées, ce qui signifie qu'elles sont, à moyen ou long terme, vouées à retourner à leur état de ruine antérieur à l'intervention de l'État.

Le second défi consiste à pallier le problème majeur d'absence totale, sur le marché algérien du travail, de compétences spécialisées dans le domaine des architectures de terre.

En effet, la formation des architectes, ingénieurs et techniciens du bâtiment est exclusivement orientée vers l'apprentissage de l'utilisation des techniques et matériaux de construction industriels alors que toute intervention conservatoire sur le patrimoine architectural bâti en terre requiert des compétences spécifiques à un matériau naturel : la terre.

Fig. 1 & 2 Ksar de Chetma, Wilaya de Biskra, photos : Kays DJILLALI © Ministère de la Culture, Algérie, 2009





Fig. 3 Ksar de Beni-Abbas, Wilaya de Bechar, photo : Kays DJILLALI © Ministère de la Culture, Algérie, 2009

Pour relever ces défis, l'État algérien a, depuis 2008, défini une stratégie en matière de promotion des architectures de terre. Dans ce cadre, il a financé deux expositions d'envergure internationale dédiées à la promotion des architectures de terre et créé deux institutions pour les mettre au service de la réhabilitation de l'image du matériau terre.

1. LES EXPOSITIONS

Les deux expositions ont reçu un accueil extrêmement favorable, tant de la part des étudiants et professionnels du patrimoine et de la construction, que de la part des médias et du grand public. Elles ont suscité un intérêt croissant pour la préservation du patrimoine bâti en terre et pour le retour à l'utilisation des matériaux locaux dans le domaine de la construction.

1.1. L'EXPOSITION « TERRES, D'AFRIQUE ET D'AILLEURS » (FIG. 5)

Dès 2008, le ministère algérien de la Culture a programmé une exposition d'importance dédiée à la promotion des architectures de terre. Intitulée « Terres, d'Afrique et d'ailleurs », cette exposition de 1200 m² a été organisée dans le cadre du 2^e festival culturel panafricain d'Alger et présentée à la foire des expositions de la capitale (SAFEX) durant les mois de juillet et août 2009. En deux mois d'ouverture au public, elle a reçu quelques vingt cinq mille (25.000) visiteurs.

Pour l'alimenter en photographies du patrimoine algérien bâti en terre, le ministère de la Culture a organisé, avec le soutien de l'Armée Populaire Nationale, une campagne photographique qui a couvert les centres historiques (Ksour) des dix régions (wilayas) qui constituent les territoires du Grand Sud algérien. C'est ainsi que le fonds photographique « Ksour protégés d'Algérie », constitué de photographies aériennes et terrestres de tous les ksour qui bénéficient de mesures de protection légale du ministère de la Culture est né.

1.2. L'EXPOSITION « DE TERRE ET D'ARGILE » (FIG. 6)

En 2011, le ministère de la Culture a programmé une nouvelle exposition d'envergure internationale dédiée à la promotion des archi-

Fig. 4 Ksar d' El Mihan, Djanet, Wilaya d'illizi, photo : Kays DJILLALI © Ministère de la Culture, Algérie, 2011



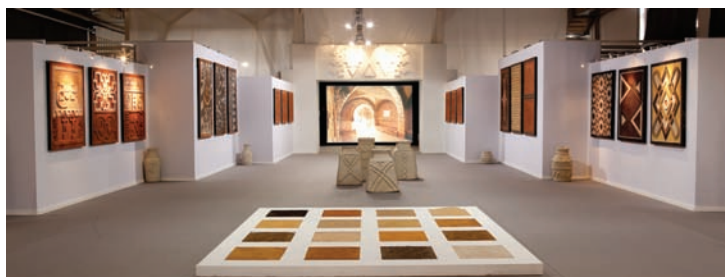


Fig. 5 Hall d'entrée de l'exposition « Terres, d'Afrique et d'ailleurs », photo : Kays DJILLALI © Ministère de la Culture, Algérie, 2009



Fig. 6 Hall d'entrée de l'exposition « De terre et d'argile », photo : Kays DJILLALI © Ministère de la Culture, Algérie, 2011

tectures de terre. Intitulée « De terre et d'argile », cette exposition de 1400 m² a été produite dans le cadre de la manifestation « Tlemcen capitale de la Culture Islamique ». Elle a été présentée au Palais des expositions de Tlemcen de novembre 2011 à janvier 2012, puis remontée à Alger sur l'esplanade de Riadh El Feth, où elle a été présentée sous chapiteau entre novembre et décembre 2012.

A Tlemcen, une vaste opération de sensibilisation des étudiants et enseignants en architecture a été programmée en collaboration avec trois départements d'architecture. C'est ainsi que tous les étudiants des départements d'architecture des universités de Tlemcen, Oran et Mostaganem, accompagnés de leurs enseignants d'atelier, ont bénéficié d'une visite guidée très approfondie, suivie d'un débat orienté sur la responsabilité des architectes dans la préservation du patrimoine et dans la relance de l'utilisation des matériaux bio-sourcés dans la construction.

En deux mois de présence à Tlemcen, cette exposition, qui était malheureusement située à la périphérie de la ville, a malgré tout reçu un peu plus de quinze mille (15.000) visiteurs.

A Alger, l'opération de sensibilisation des futurs acteurs de l'architecture et du patrimoine a été étendue à tous les étudiants et enseignants d'atelier de l'école polytechnique d'architecture et d'urbanisme d'Alger (Epau) ainsi qu'à ceux des départements d'architecture des universités de Blida et Tizi-Ouzou.

En deux mois de présence à Alger, cette exposition, qui était cette fois située sur un emplacement stratégique de la capitale, l'esplanade de Riadh El Feth, a reçu plus de cinquante cinq mille (55.000) visiteurs avec des pics d'affluence à trois mille cinq cent (3.500) visiteurs/jour durant les week-ends.

Cette nouvelle exposition a par ailleurs été l'occasion d'organiser une nouvelle campagne photographique qui a permis l'extension du fonds photographique « Ksour protégés d'Algérie ».

2. LE FESTIVAL ARCHI'TERRE

Le Festival Culturel International de Promotion des Architectures de Terre, Archi'Terre, est la première institution créée par l'État algérien dans le cadre de sa stratégie en matière de promotion des architectures de terre.

Il a été institutionnalisé par arrêté du 11 Chaabane 1432 correspondant au 13 juillet 2011 (réf. 2). Il bénéficie de ce fait d'un budget annuel qui lui est alloué par le ministère de la Culture et se tient chaque année à l'École Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme

d'Alger au courant de la première semaine du mois du patrimoine, qui débute le 18 avril.

Le festival bénéficie chaque année d'une très bonne couverture médiatique, tant de la presse écrite que de la radio et de la télévision algériennes. Par exemple, lors de sa quatrième édition (Archi'Terre 2015), la couverture médiatique a permis la participation du festival à 12 émissions de la radio algérienne, 7 plateaux télé et 2 passages au journal de 20 heures de la chaîne nationale. De plus, la presse nationale a offert une large couverture à l'événement avec 14 articles publiés dans 12 journaux papier sans compter les nombreux articles publiés sur les sites d'information en ligne.

2.1. OBJECTIFS

Institution mise au service de la réhabilitation de l'image du matériau terre, Archi'Terre est un festival dont l'objectif principal consiste en la sensibilisation des futurs acteurs de la préservation du patrimoine et de la construction à la sauvegarde du patrimoine bâti en terre. Il entend par ailleurs pallier la standardisation de la formation des architectes et ingénieurs du bâtiment, exclusivement axée sur l'utilisation des techniques et matériaux industriels.

En effet, ce festival vise :

- D'une part, la promotion du patrimoine architectural algérien bâti en terre et la sensibilisation des futurs acteurs de sa préservation à l'importance et au bien-fondé de sa sauvegarde ;
- D'autre part, la promotion des avantages économiques, écologiques et socioculturels des architectures de terre et la sensibilisation des futurs acteurs de la construction au bien-fondé et à l'importance de la relance de la production de constructions contemporaines qui utilisent le matériau terre.

2.2. PUBLIC CIBLE

Ce festival cible en priorité les étudiants et enseignants algériens en architecture et en génie civil. Il cible également les intervenants dans la protection du patrimoine architectural bâti en terre ainsi que dans la relance de la production d'un cadre contemporain bâti en terre (enseignants et professionnels).

Dans ce cadre, et dans l'objectif d'atteindre un impact national, il invite chaque année depuis 2012 trois des meilleurs étudiants de tous les départements d'architecture du pays (qui sont actuellement au nombre de 21) ainsi que trois des meilleurs étudiants des départements de génie civil des mêmes universités auxquels s'ajoutent ceux des universités du Sud du pays qui disposent d'un département de génie civil.

Le festival invite également, depuis 2013, un enseignant de chaque département d'architecture et de génie civil du pays, ainsi que les



Fig. 7 Atelier enfants, photo : Sonia MERABET © Archi'Terre, Algérie, 2015

architectes et ingénieurs des services déconcentrés de l'État en charge du patrimoine et de la construction dans les wilayas du sud.

Par ailleurs, et afin de créer une dynamique internationale d'échange autour des architectures de terre, le festival reçoit chaque année une quinzaine d'étudiants étrangers des établissements universitaires mondiaux les plus actifs dans ce domaine (France, Italie, Portugal). Finalement, et afin d'agrandir le champ de sensibilisation aux architectures de terre en l'ouvrant au grand public, deux ateliers (fig. 7) ont été créés en 2014 pour accueillir quotidiennement durant le festival des élèves d'écoles, collèges et lycées d'Alger.

C'est ainsi qu'en quatre éditions (2012-2015), cette vaste opération de sensibilisation a touché quelques mille six cents (1600) étudiants, dont quatre cent quatre vingt (480) issus de tous les départements d'architecture et de génie civil du pays.

Elle a également touché, en trois éditions (2013-2015) environ deux cent cinquante (250) enseignants, dont cent vingt (120) issus de tous les départements d'architecture et de génie civil du pays.

Pour finir, en deux éditions (2014-2015), quelques huit cents (800) enfants et adolescents ont participé à ces ateliers de sensibilisation à la préservation du patrimoine architectural et aux avantages du matériau terre.

2.3. ACTIVITÉS

Durant une semaine, les acteurs présents et futurs de la préservation du patrimoine et de la construction participent à des activités qui leur permettent de découvrir la capacité des architectures de terre à répondre aux normes les plus modernes de confort, de sécurité et de durabilité.

Il suivent des ateliers pratiques d'initiation aux techniques majeures de construction en terre (adobe, pisé, bloc de terre comprimé, arcs, voûtes, dômes et enduits à base de terre) (fig. 8) et assistent à deux journées d'information et de sensibilisation (fig. 9) durant lesquelles des conférences leur sont données par un certain nombre des plus grands spécialistes mondiaux du domaine.

Ils visitent également la version itinérante de l'exposition « De terre et d'argile » dédiée à la promotion des architectures de terre, visionnement des films documentaires en lien avec l'éco-construction et ont accès à un espace lecture dans lequel le festival met à leur disposition



Fig. 8 Ateliers d'initiation aux techniques de construction, photo : Nassim HADJENALI © Archi'Terre, Algérie, 2014

les ouvrages majeurs relatifs à la préservation du patrimoine ainsi qu'aux architectures de terre et à la construction écologique.

Finalement, ils sont invités à participer à deux concours organisés alternativement à chaque édition du festival et sanctionnés par des prix. Le concours "Intervenir sur le patrimoine bâti en terre", qui est organisé durant les années paires et a pour objectif d'inciter les étudiants en architecture à travailler sur la question de la préservation du patrimoine algérien bâti en terre ; et le concours "Terres d'avenir", qui est organisé durant les années impaires et a pour objectif d'inciter les étudiants en architecture et en génie civil à associer leurs efforts pour concevoir des projets contemporains de construction en terre.

3. LE CAPTERRE

Le Centre Algérien du Patrimoine Culturel Bâti en Terre, par abréviation CAPTERRE, est la seconde institution créée par l'État algérien dans le cadre de sa stratégie en matière de promotion des architectures de terre.

C'est un établissement public à caractère administratif, sous tutelle du ministère de la Culture, créé par décret n°12-79 du 19 Rabie El Aouel 1433 correspondant au 12 février 2012 (réf. 3). Son siège (fig. 10) est établi à Timimoun, Wilaya d'Adrar.

La création de cet établissement a été dictée par la volonté de l'État de parvenir à sauvegarder les centres historiques algériens bâtis en terre, car en ces temps d'uniformisation de la production architecturale, ces produits de nos Cultures constructives locales sont seuls capables de conserver à nos villes leur identité architecturale.

3.1. OBJECTIF

Ce nouvel opérateur du ministère de la Culture est chargé, à travers la réhabilitation de l'image des architectures de terre, d'assurer la promotion et la valorisation du patrimoine culturel bâti en terre et des savoir-faire s'y rapportant, avec pour objectif de parvenir à assurer une sauvegarde durable de cette part majeure du patrimoine national.

Les actions entreprises par son équipe sont essentiellement tournées vers réhabilitation de l'image des matériaux locaux, avec à leur tête les habitants des Ksour, c'est à dire les propriétaires des maisons situées dans les centres historiques,



Fig. 9 Journées d'information et de sensibilisation, photo : Nassim HADJENALI © Archi'Terre, Algérie, 2014

et cela à travers diverses activités de formation et de sensibilisation.

3.2. ORGANISATION ET MISSIONS

Conformément à l'arrêté interministériel du 18 Dhou El Kaada 1433 correspondant au 4 octobre 2012 fixant son organisation interne (réf. 4), le centre est organisé en trois départements : un département administratif et deux départements techniques. Encadrés par le département administratif, les deux départements techniques veillent à la réalisation des missions de l'établissement. Ils sont notamment chargés :

3.2.1. Pour le département de la valorisation :

- d'effectuer toutes études et recherches qui visent à développer et à améliorer les techniques de conservation, de restauration et/ou d'entretien des biens culturels bâtis en terre ainsi que les techniques de construction en terre ;
- d'assurer toutes missions d'assistance technique sur les projets publics ou privés de réhabilitation des biens culturels bâtis en terre ou de construction en terre ;
- de procéder à l'identification et à l'inventaire du patrimoine culturel bâti en terre et des savoir-faire liés à sa production ;
- d'initier et de préparer les dossiers de protection légale des biens culturels bâtis en terre de valeur exceptionnelle à l'échelle locale, nationale et internationale ;
- d'assurer le contrôle technique de tous travaux sur des biens culturels bâtis en terre, protégés conformément à la législation et à la réglementation en vigueur, notamment la loi n° 98-04 du 20 Safar 1419 correspondant au 15 juin 1998 relative à la protection du patrimoine culturel.

3.2.2. Pour le département de la promotion :

- d'assurer toutes missions d'information et de conseil de nature à promouvoir les architectures de terre ;
- de développer et de mettre en oeuvre des programmes d'actions pédagogiques et didactiques de nature à promouvoir les architectures de terre ;
- d'organiser et de participer à des manifestations culturelles et scientifiques, nationales ou internationales, de nature à promouvoir les architectures de terre ;
- de constituer, d'alimenter et de mettre à la disposition du public un fonds documentaire écrit et graphique en rapport avec l'architecture et le patrimoine architectural en général et les architectures de terre en particulier (bibliothèque, photothèque, cartotheque) ;



Fig. 10 Intérieur de l'Oasis Rouge, siège du CAPTERRE, photo : Kays DJILLALI © Ministère de la Culture, Algérie, 2011

- de créer et d'alimenter un système d'information géographique et une base de données dédiés aux architectures de terre ;
- de produire et de diffuser l'information de nature à promouvoir les architectures de terre sur tous supports.

CONCLUSION

L'État algérien a depuis 2008, à travers son ministère de la Culture, défini une stratégie en matière de promotion des architectures de terre et considérablement investi dans sa mise en oeuvre. Il n'en reste cependant pas moins que les remarquables efforts consentis, à travers, notamment, la création des deux institutions que sont Archi'Terre et le CAPTERRE, sont loin de pouvoir garantir l'atteinte de l'objectif souhaité : la préservation du patrimoine algérien bâti en terre.

En effet, la réhabilitation de l'image des architectures de terre, au service de laquelle ces institutions ont été créées, est un travail de très longue haleine (sur une à deux générations au minimum) qui n'aura de chances de porter ses fruits que si l'État soutient l'action de ces institutions à travers, notamment, la mise en oeuvre d'une politique de relance de l'utilisation des matériaux locaux dans le secteur de la construction. En ces temps de crise économique et de préoccupation mondiale pour l'économie d'énergie et le développement durable, l'État algérien aurait tout à y gagner.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Loi n° 98-04 du 20 Safar 1419 correspondant au 15 juin 1998 relative à la protection du patrimoine culturel, Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire n°44 du mercredi 22 Safar 1419 correspondant au 17 juin 1998, p. 3.

Arrêté du 11 Chaabane 1432 correspondant au 13 juillet 2011 portant institutionnalisation du festival culturel international de la promotion des architectures de terre, Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire n°23 du dimanche 30 Joumade El Oula 1433 correspondant au 22 avril 2012, p. 24.

Décret exécutif n° 12-79 du 19 Rabie El Aouel 1433 correspondant au 12 février 2012 portant création du centre algérien du patrimoine culturel bâti en terre et fixant son organisation et son fonctionnement, Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire n°09 du dimanche 26 Rabie El Aouel 1433 correspondant au 19 février 2012, p. 11.

Arrêté interministériel du 18 Dhou El Kaada 1433 correspondant au 4 octobre 2012 fixant l'organisation interne du centre algérien du patrimoine culturel bâti en terre et de ses annexes, Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire n°38 du dimanche 19 Ramadhan 1434 correspondant au 28 juillet 2013, p. 21.

L'INNOVATION PÉDAGOGIQUE POUR CONSTRUIRE DURABLE : LE PROJET AMÀCO

AUTEURS

Marion BISIAUX

Zoé TRIC

Basile CLOQUET

Hugo HOUBEN

Romain ANGER

Laetitia FONTAINE

amàco, Les Grands Ateliers

CRAterre, Unité de recherche AE&CC, ENSA Grenoble, France

RÉSUMÉ

Face aux problématiques liées au changement climatique, le secteur du bâtiment initie aujourd'hui une transition, allant d'une architecture consommatrice d'énergies fossiles vers une architecture frugale, intégrant les ressources physiques, humaines et culturelles des territoires. Le programme pédagogique innovant « atelier matières à construire » (amàco) stimule une mutation rapide de ce secteur en formant les futurs et actuels professionnels de la construction à la conception et à la mise en œuvre de matériaux bruts ou peu transformés (terre, bois, paille, etc.) durant leurs formations initiales et continues. C'est par les sciences de la matière, l'art et l'architecture qu'amàco suscite l'intérêt et éveille la curiosité des apprenants. Les méthodes pédagogiques d'amàco, basées sur l'expérimentation, la créativité et l'émotion, facilitent une compréhension intuitive des matières permettant à l'apprenant de penser et mettre en œuvre des solutions constructives adaptées à leur territoire. Soutenu depuis 2012 par le dispositif IDEFI (Initiatives d'Excellence en Formations Innovantes) pour une période de 8 ans, amàco a formé, en trois années de fonctionnement, plus de 5500 personnes. À moyen terme, l'objectif d'amàco est de poursuivre la diffusion de ses méthodes et contenus pédagogiques à l'international et d'en favoriser la transmission et la réappropriation, notamment via la formation de formateurs.

INTRODUCTION

Dans le domaine de l'architecture, les questions de durabilité sont souvent débattues sur la base des propriétés techniques, mécaniques et thermiques des matériaux de construction. La notion de cycle de la construction, incluant l'ensemble des étapes depuis l'extraction de la matière première jusqu'à la fabrique et le renouvellement des villes dans un territoire donné, est rarement considéré dans son intégralité. Néanmoins, ce cycle peut être pensé comme le socle à partir duquel tous les concepts de durabilité s'élèvent : du choix de la matière aux gestes de mise en œuvre d'un matériau, en passant par l'insertion du bâti dans son paysage environnemental, économique social et culturel. C'est avec cette philosophie que le projet de recherche pédagogique

amàco (atelier matières à construire) a choisi de placer la matière et ses processus de transformation au centre de sa réflexion sur la construction. La notion de durabilité est alors pensée comme reposant, non pas sur la découverte d'un matériau de synthèse possédant des caractéristiques exceptionnelles, mais avant tout sur une redécouverte des qualités inhérentes aux matériaux bruts, présents à portée de main, et sur leur pertinence d'usage selon des besoins constructifs : le génie de la simplicité (Anger et Fontaine, 2009).

amàco développe ainsi des méthodes, contenus et supports pédagogiques autour de la matière. Les formations et enseignements développés s'adressent principalement aux enseignants et apprenants de



Fig. 1 Les élèves réalisent leurs propres expérimentations pour transformer la matière en matériau, photo : amàco



Fig. 2 Abri à vélo résultat de l'atelier « Jeux d'adobes » autour de l'exploration de la brique de terre crue, photo : amàco

l'enseignement supérieur, et notamment aux écoles d'ingénieurs et écoles d'architecture. Le projet est soutenu par le programme des Investissements d'Avenir via les IDEFI (Initiatives d'Excellences en Formations Innovantes) pour une période de huit ans (2012-2019). Porté et mis en œuvre par les Grands Ateliers, l'ENS d'Architecture de Grenoble et son laboratoire CRAterre, l'INSA de Lyon et l'ESPCI ParisTech, il réunit chercheurs, ingénieurs, architectes, artistes et pédagogues afin de développer une approche transdisciplinaire et innovante.

1. LE CONCEPT PEDAGOGIQUE DU PROJET AMÀCO

1.1. DE LA MATIÈRE À L'ARCHITECTURE

« Je ne prémédite jamais ce que je vais faire, les choses viennent à chaque fois, en fonction des matières dont je dispose, de celles qui sont disponibles sur le site... C'est la pierre dans le sud, le bois en Allemagne, la terre dans la région lyonnaise, la brique en région parisienne... C'est aussi la rencontre avec un site, un climat, un programme... » (Perraudin, 2001, p.193).

C'est avec une forte expression poétique que le paysage se révèle au travers d'une architecture composée des matériaux disponibles à portée de main du bâtisseur, les moins transformés et transportés possible. De ce constat est née l'idée, qui est à l'origine du projet amàco, d'explorer la relation entre une compréhension intuitive de la matière et son utilisation dans le domaine de l'architecture. En effet, le processus de construction rend possible une connexion entre microstructure et macrostructure (Anger et al., 2012) : un matériau est composé d'éléments de différentes tailles, formes et compositions, qui s'assemblent de manière variée à l'échelle de la matière (atomes, molécules, plaquettes, grains, etc.), à l'échelle du matériau de construction (sol, ciment, enduit, etc.), jusqu'à l'échelle de l'élément et de la structure architecturale.

C'est en partant de cette relation possible du micro au macro qu'amàco a développé sa pédagogie basée sur l'expérimentation de la matière (fig. 1), pour comprendre et réinterpréter les architectures du passé afin de favoriser l'émergence d'architectures qui puissent être vernaculaires, au sens d'issues du lieu, et contemporaines à la fois.

Une formation très représentative du cheminement proposé par amàco, de la découverte de la matière jusqu'à la conception d'un espace, est l'atelier « Jeux d'adobes » (fig. 2) proposant une exploration des potentiels esthétiques de la brique de terre crue. L'atelier

débuté en invitant les participants à mettre dès le départ « les mains à la pâte », en produisant des briques de terre crue moulées à la main et séchées au soleil, appelées adobes. Cette prise de contact avec la matière leur permet d'appréhender d'entrée de jeu la technique de mise en œuvre et de s'interroger d'ores et déjà sur ses potentiels. Un apport théorique propose ensuite de découvrir l'univers de la brique de terre crue, l'un des premiers matériaux façonnés par l'homme, de l'architecture vernaculaire jusqu'à l'architecture contemporaine, permettant d'appréhender la diversité de formes et de tailles, l'infinie déclinaison d'appareillages ainsi que la pluralité de techniques de mise en œuvre possibles. Un second exercice encadré permet de revenir à la manipulation de la matière : les participants mettent en œuvre la matière avec différentes quantités d'eau, de sable, de fibres, avec différents types et formes de coffrage et différents gestes de mise en œuvre. Ils sont ensuite invités à partager avec le groupe leurs observations, complétées par l'encadrant. Forts de cette expérience, ils doivent réinvestir les connaissances acquises sur les différents paramètres de la matière en relevant des défis portant sur la réalisation de briques spécifiques. Enfin, ils sont invités à concevoir un élément, comme un mur ou une installation, constitué de briques de terre crue appareillées, dont les qualités de forme, de texture et de calepinage pourraient s'étendre à la conception d'un espace. Ils se trouvent alors confrontés à la préparation de la ligne de production : conception et réalisation du coffrage, préparation de la matière, moulage, séchage... Ils terminent l'atelier en construisant leur proposition, sous forme de mur de 1m², mais parfois aussi sous forme de petite architecture, comme ce fut le cas pour la construction de l'abri à vélo des Grands Ateliers lors du festival Grains d'Isère 2015 (Noriega et al., 2014-2015).

Fig. 3 Un béton de ciment et un béton d'argile, photo : amàco

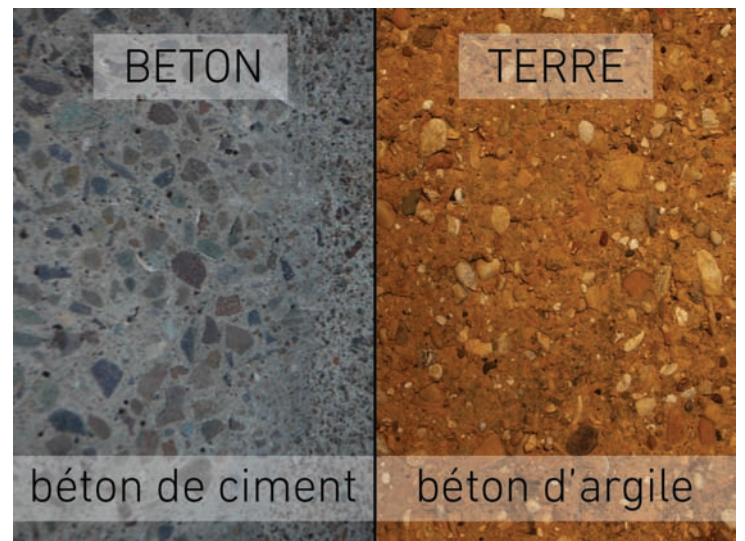




Fig. 4 Durant l'exercice des « défis », l'erreur et l'expérimentation sont vecteurs d'apprentissage, photo : amàco

1.2. ENSEIGNER LA MATIÈRE AVANT LE MATÉRIAU

Pour donner à la matière première toute son importance dans l'acte de bâtir, amàco a défini cinq catégories de matières intervenant dans la composition de la plupart des matériaux de construction : la matière en grains, la matière liante, la matière en fibres, la matière molle et la matière eau. Basé sur ces cinq matières, l'équipe conçoit des expériences pédagogiques, appelées « manips' », permettant d'explorer les propriétés physico-chimiques, structurales et esthétiques de la matière, à l'échelle d'un grain de sable, d'un brin d'herbe ou d'une goutte d'eau. Des matériaux tels que le bois, le béton, la terre ou la paille sont appréhendés selon un même regard : les sciences de la matière. À titre d'exemple, cette approche permet de décrire le béton comme un mélange de grains agglomérés par un liant (fig. 3) : il est à la fois le matériau conventionnel, composé de graviers, sables et ciment, mais aussi un matériau naturel fait de graviers, sables, silts et parfois aussi de fibres végétales, le tout aggloméré par des argiles jouant le rôle de liant à la place du ciment. Une compréhension intuitive du comportement de la matière est ainsi proposé aux apprenants et permet des transferts de technologies entre les différents matériaux et leurs filières.

1.3. L'APPRENTISSAGE PAR LE « FAIRE »

Dans la démarche d'amàco, l'exploration des propriétés de la matière et de ses comportements favorise une compréhension intuitive

et sensorielle des matériaux. Les apprenants peuvent alors expérimenter la transformation de la matière première en matériau à partir d'une connaissance avant tout empirique et intuitive. Ainsi, des ateliers créatifs sur la transformation de la matière invitent les apprenants à concevoir et réaliser des matériaux répondant à une ou plusieurs contraintes préétablies. Ces contraintes deviennent alors sources d'inspiration et de « challenge » et stimulent la créativité des apprenants. Par exemple, un exercice invite les apprenants, après avoir découvert les différentes phases de la matière et leurs interactions avec les gestes de mise en œuvre, à réinvestir et à parfaire leurs connaissances dans la conception de briques particulières. C'est alors sous forme de « défi » (fig. 4) que l'apprenant doit imaginer, concevoir et tester la mise en œuvre d'une brique « ultra-légère », d'une brique « coulée » ou encore d'une brique « gratte-ciel ». Confronté aux propriétés de la matière, le participant cherche alors à mettre en relation état hydrique de la terre, geste et type de fibre, de sorte à trouver une formulation pertinente et efficace. Différentes matières et outils sont à sa disposition, et l'encadrant apporte un soutien pratique et technique, en le réorientant lorsque cela s'avère nécessaire. C'est finalement la recherche par l'expérimentation et l'erreur qui permet à l'apprenant d'assimiler complètement l'ensemble des connaissances qui lui ont été transmises. C'est le concept du « learning by doing » ou encore de l'« experiential learning » (Vygotksy, 1978).



Fig. 5 La "tour de sable", construite avec du sable, de l'eau et des fibres, fait 3 m. de hauteur, et ses murs seulement 4 cm d'épaisseur, photo : amàco

Dans un second temps, les apprenants sont amenés à partager devant le groupe et l'enseignant leur démarche exploratoire. Ils sont ainsi invités à formaliser et justifier leurs axes de recherche et d'expérimentation, mais également à y apporter un regard critique. C'est généralement le moment, pour l'enseignant, d'apporter de nouveaux contenus théoriques sur le comportement de la matière mais aussi des ouvertures vers des techniques existantes ou des architectures vernaculaires ou contemporaines. Cette étape, accompagnée par l'enseignant, est considérée comme une étape de dé-contextualisation des apprentissages acquis durant la phase précédente d'expérimentation (Tardif, 1990). Selon Raucent et al. (2015), l'action des encadrants s'avère primordiale pour aider les apprenants à développer une démarche scientifique construite qui accompagne la première appréhension intuitive d'une connaissance.

1.4. DU MATÉRIAU DE CONSTRUCTION À L'ÉDIFICE, VERS UN ESPACE HABITÉ

Afin de faire le lien entre matériau de construction et espace habité, le formateur propose un nouvel apport théorique pouvant, par exemple, s'appuyer sur des exemples concrets d'architectures vernaculaires et contemporaines, en analysant aussi bien des détails constructifs que les édifices dans leur ensemble : leurs spatialités, la relation qu'ils entretiennent au territoire, la mise en œuvre d'une technique constructive, l'inscription dans des filières locales, la continuité historique, culturelle ou sociale...

Forts de ce bagage théorique, et au cours d'une ultime étape, amàco propose aux apprenants des exercices à grande échelle de mise en œuvre des matériaux de construction, dans la réalisation d'un espace habité. La créativité des apprenants est alors sollicitée pour adapter des techniques de construction vernaculaires à des fonctions, usages ou esthétiques contemporaines. Cette pratique permet, entre autres, d'inclure à la conception du bâtiment les paramètres culturels et sociaux présents de manière inhérente dans le patrimoine vernaculaire. Pour ces exercices en particulier, les apprenants travaillent systématiquement en groupe selon les principes de l'apprentissage par la pratique, en s'appuyant sur la diversité des bagages culturels, sociaux et techniques des apprenants : l'intelligence collective. Durant cette phase, les apprenants sont invités à réaliser eux-mêmes les apprentissages nécessaires à la résolution du problème, ce qui leur fait éprouver les limites de leurs connaissances préalables (Raucent et al., 2015). C'est, selon Tardif (1990), une étape de re-contextualisation des apprentissages, nécessaire à l'assimilation des acquis en profondeur.



Fig. 6 Contre toute attente, les forces capillaires de l'eau permettent au sable de tenir une forme ! photo : amàco

L'exercice de la « tour de sable » (fig. 5) (Anger, 2011) est un bon exemple de ce que ces exercices à grande échelle peuvent être. Au cours de cet exercice, les apprenants construisent une tour de sable de 3 m de hauteur dont les murs ne font que 4 cm d'épaisseur. Pour assurer la stabilité de la tour, il est demandé lors du processus de mise en œuvre des matériaux d'ajouter des armatures de fibres tissées entre chaque couche de sable compacté, afin d'en augmenter la résistance à la traction. Bien que le poids de la tour atteigne 400 kg, celle-ci tient debout ! Cette technique est une réinterprétation d'un ingénieux système constructif ayant permis d'élever des pans entiers de la grande muraille de Chine, là où l'argile se faisait rare et où le sable abondait. Ainsi, dans certaines zones désertiques, les bâtisseurs chinois ont imaginé une technique de construction adaptée au sable et aux plantes herbacées en superposant des nattes de roseaux et des couches de sable compacté. Cet édifice de plusieurs milliers de kilomètres de long, en pierre sur la pierre et en terre sur la terre, est un exemple édifiant de l'adaptation de la technique constructive aux matières disponibles à portée de main.

2. LES OUTILS AMÀCO

Afin de mettre en pratique ses principes pédagogiques et théoriques, amàco développe des outils qui lui permettent d'aborder de manière efficace les différentes étapes mentionnées précédemment. Par ailleurs, ces outils, mis à disposition via internet notamment, facilitent la transférabilité de la démarche pédagogique et permettent aux enseignants, formateurs et étudiants de reproduire ou de s'inspirer des contenus et méthodes pédagogiques développés.

2.1. DÉVELOPPER DES EXPÉRIENCES CONTRE-INTUITIVES

Pour mettre en lumière la nature intrinsèque de la matière et ses propriétés physico-chimiques, amàco fonde sa pédagogie sur le développement d'expériences contre-intuitives et phénoménologiques qui ont été initiées par un programme nommé « Grains de Bâtisseurs » (Anger et Fontaine 2005). L'expérience contre-intuitive est une expérience qui produit un résultat inverse à ce qui était attendu intuitivement (Eastes, 2004) (fig. 6). Le but de ces expériences est de perturber les conceptions et d'augmenter le désir d'apprendre en suscitant la curiosité de l'apprenant (Eastes, 2002). Surprise et émerveillement sont les clefs de la transmission d'une perception scientifique et technique de la matière en vue de son utilisation dans le domaine de la



Fig. 7 Nos sens perçoivent des informations que la vue et l'intellect pourraient occulter, photo : amàco

construction. Pour développer ces expériences, amàco travaille avec des chercheurs associés aux établissements partenaires du projet et échange avec de nombreux laboratoires, français et internationaux, spécialisés dans les matériaux.

2.2. APPRENDRE AVEC LES SENS

Par le simple toucher et l'observation, les artisans bâtisseurs peuvent estimer si une terre est prête à être mise en œuvre selon la technique souhaitée ou si celle-ci est adaptée à la construction. L'un des objectifs importants du projet amàco est d'intégrer ces informations « non théoriques » pour développer les intelligences multiples des apprenants, ou, autrement dit, pour favoriser les apprentissages affectifs et/ou psychomoteurs (Berthiaume et Daele, 2013).

Grâce à des exercices sensoriels impliquant l'ensemble du corps et de ses sens, les participants sont invités à découvrir à quel point leurs sens leur permettent d'obtenir des informations sur la matière et d'en développer une connaissance différente et complémentaire de la connaissance théorique. amàco propose notamment des exercices kinesthésiques (fig. 7) où les participants, les yeux bandés, sont invités à impliquer l'ensemble de leur corps dans la découverte sensorielle de la matière : rugosité, légèreté, fluidité, humidité, matière dure, friable, collante ou coulante, modelable, cohésive, odeur d'humus ou de fer, etc. Ces exercices tentent d'établir une relation d'intimité et de proximité entre l'apprenant et la matière, et d'éveiller la conscience que l'expérience vécue fournit une forme de connaissance aussi noble et respectable que celle déployée par l'intellect.

2.3. RENDRE VISIBLE L'INVISIBLE

Si nos sens nous permettent de « voir le cœur de la matière » en faisant corps avec elle, il existe une variété de formes, de structures et de phénomènes physico-chimiques internes à la matière qui vont bien au delà de nos perceptions sensibles. De plus, les échelles de temps de certains processus chimiques et physiques sont trop courtes ou trop longues pour que les sens humains puissent les appréhender. En changeant cette échelle de temps, il est possible d'observer des

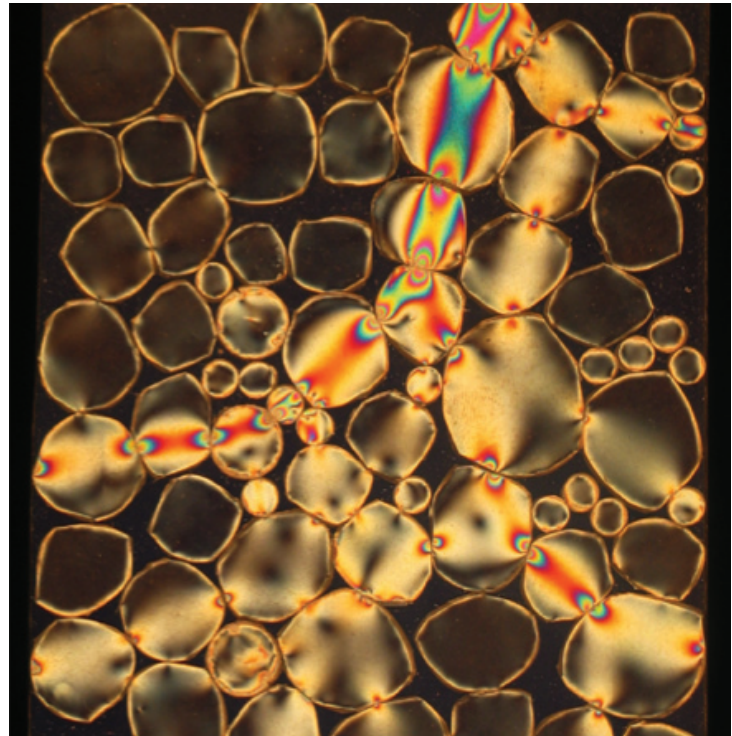


Fig. 8 En lumière polarisée, ces « grains » photoélastiques révèlent le trajet des chaînes de forces, photo : Grains de bâtisseurs

phénomènes inattendus et cachés qui régissent le comportement de la matière. amàco offre ainsi la possibilité d'aborder la matière à différentes échelles spatiales et temporelles et de rendre visible l'invisible. À cette fin, des dispositifs techniques sont mis à disposition par le projet : vidéos, time-lapses, lumières polarisées, prises de vue macro, etc., pour mettre en lumière le vieillissement d'une matière, la manière dont elle sèche ou encore ses changements d'état (fig. 8).

2.4. RÉVÉLER L'ESTHÉTIQUE DE LA MATIÈRE

Favoriser l'émergence d'une production architecturale intégrant des matériaux locaux, bruts ou peu transformés tels que la terre, les fibres végétales, le bois, la pierre, etc., passe certes par la démonstration de leurs qualités mécaniques, thermiques ou encore acoustiques, mais également par la révélation de leurs potentiels esthétiques. Trop souvent considérées comme sales, fragiles ou encore archaïques, amàco propose de changer le regard porté sur ces matières premières, de réapprendre à regarder la beauté de leurs multiples expressivités. À l'instar de l'artiste japonais Koichi Kurita qui affirme que « si les gens disent que la terre est sale, le pouvoir de l'art est de les faire changer d'avis sur la beauté de la terre » (traduction) (Arlaud, 2007), amàco s'appuie sur une approche artistique pour toucher émotionnellement les futurs acteurs de la construction, en puisant son inspiration dans le travail d'artistes de renom qui placent la matière au centre de leurs processus de création. Ainsi, lorsque le peintre catalan Antoni Tàpies dit que « considérer la paille ou le fumier peut être important de nos jours. Ils sont liés à la méditation autour de la matière première, l'essence de la nature, l'origine et la force de la vie... » (traduction) (Tàpies, 1970), il nous évoque l'importance qu'ont pu avoir un jour les matières les plus élémentaires, leurs places dans les récits cosmogoniques relatifs à la formation du monde et de l'univers. Il nous invite à prendre conscience de la nécessité d'un ré-enracinement de l'homme au monde et à ses matières, de retrouver une relation d'intimité profonde entre l'homme et son milieu naturel. Imprégné par ces regards portés sur le monde, amàco accorde une grande importance à la qualité esthétique de ses supports pédagogiques et à leur



Fig. 9 Une fine tranche de bois rétro-éclairée rend visible sa structure et aide à comprendre ses déformations, photo : amàco

capacité à émouvoir et à émerveiller. Ainsi, les vidéos de « manips' » mettent en scène des expériences scientifiques sur la matière de sorte à ce qu'elles soient pédagogiques à la fois en terme de contenus mais aussi par l'expérience esthétique qu'elles offrent, permettant tout autant de captiver dans l'instant que de marquer durablement la mémoire de l'apprenant (fig. 9). Par ailleurs, amàco collabore avec des artistes comme le « Colectivo Terrón », compagnie artistique développant des représentations théâtrales et des installations autour de la matière, et notamment le sable, l'argile ou la terre. Leurs spectacles et installations s'adressent au grand public, de tous domaines professionnels. Leurs œuvres mettant en scène la matière « pour ce qu'elle est » sont faites d'images éphémères constituant une abstraction narrative ou chacun est libre de se laisser porter par son imaginaire (fig. 10). Elles génèrent une forme d'émotion réciproque qui d'un même mouvement fait vibrer l'acteur, la matière et le spectateur.

CONCLUSION

Depuis 2012, amàco a développé sa méthodologie pédagogique et mis à l'épreuve ses formations au sein des établissements partenaires du projet (Grands Ateliers, INSA de Lyon, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, ESPCI ParisTech) mais aussi dans de nombreux autres établissements français et étrangers dans les domaines de l'ingénierie, de la science de la matière, de l'architecture et de l'art. Les formateurs amàco ont ainsi dispensés plus de 1000h de formation dans 29 établissements à l'international, auprès de 5500 apprenants.

Après quatre années de développement de contenus (apprentissage par l'expérimentation, interdisciplinarité, pratiques collaboratives, créativité) et contenus (matières, matériaux, construction, développement durable) pédagogiques, le projet amàco, aujourd'hui à mi-parcours, opère un repositionnement vers des formations moins nombreuses mais plus longues et plus approfondies et impliquant davantage les équipes enseignantes partenaires. À travers ce repositionnement, amàco souhaite augmenter la co-construction de cours avec les enseignants, afin de leur donner davantage d'autonomie, dans un objectif de formation de formateurs. La mise en place d'un dispositif d'évaluation continue, dont les résultats sont très encourageants, permet une constante amélioration de l'offre et permettra de mesurer l'impact des formations sur le devenir des apprenants. Conscient de la nécessité de favoriser la transmission et la réappropriation de sa démarche, de ses méthodes et de ses contenus, amàco



Fig. 10 Le spectacle Tierra Efimera met en scène le langage d'une terre vivante, interactive et forte, photo : Nuria Alvarez Coll, Colectivo Terrón

développe de nombreux outils, notamment numériques, mis à disposition des enseignants, des étudiants et des curieux. L'intégration du projet dans de nombreux réseaux locaux, nationaux et internationaux, ainsi que de multiples interventions auprès d'établissements publics et privés permettent de valoriser et diffuser plus largement la démarche pédagogique développée. L'équipe participe également à des projets d'application sur le terrain en apportant soutien et assistance à des maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre désireux de faire connaître et reconnaître la pertinence de l'usage des matières biosourcées pour répondre aux enjeux de la construction durable.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anger, R. et Fontaine, L. (2005). *Grains de bâtisseurs*. CRAterre éditions.
- Anger, R. et Fontaine, L. (2009). *Bâtir en terre, du grain de sable à l'architecture*, Belin.
- Anger, R. (2011). *Approche granulaire et colloïdale du matériau terre pour la construction*. Thèse de l'INSA Lyon (pp. 69 à 73).
- Arlaud, S. (2007). La bibliothèque de terres du Poitou-Charentes. *L'actualité Poitou-Charentes* n°75.
- Berthiaume, D. Daele, A. (2013). Chapitre 4. Comment clarifier les apprentissages visés par un enseignement ? Dans Berthiaume D. et Rege Colet N. (Eds.). *La pédagogie de l'enseignement supérieur : repères théoriques et applications pratiques. Tome 1 : Enseigner au supérieur*. (pp. 55 à 71).
- Eastes, R.-E. (2002). De l'utilisation de l'expérience contre-intuitive. *Lettre des sciences chimiques* n°78.
- Eastes, R.-E. et Pellaud, F. (2004). Un outil pour apprendre, l'expérience contre-intuitive. *Bulletin de l'union des physiciens*.
- Noriega, G.-F. et Vauzelle, D. (2014). *Jeux d'adobes, une pédagogie autour de la brique de terre crue*. Mémoire de DSA-Terre 2012-2014, ENSAG.
- Noriega, G.-F., Tric, Z. et Alvarez Coll, N. (2015). Jeux d'adobes, festival Grains d'Isère 2015, 26-29 Mai 2015. *Rapport d'activité*.
- Perraudin, G. (2001). Matière d'architecture. *Poiesis*, (13), 185-203.
- Raucent, B., Ritter, C., Plumet, P. et Corten-Gualtieri, P. (2015). Transformer les conceptions naïves à l'aide de clips vidéo. Analyser puis scénariser une vidéo aide les futurs ingénieurs à intégrer le système de pensée newtonien. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*.
- Tàpies, A. (1970). Rien n'est mesquin. *La pratique de l'art*.
- Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique*. Montréal : Editions Logiques.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA : Harvard University Press.

RAMMED EARTH STANDARD: FROM 15 COUNTRY REGION TO CONTINENTAL ACCEPTANCE

AUTHOR

Rowland KEABLE

Earth Building UK and Ireland (EBUKI)
 UNESCO Chair of Earthen Architecture, UK

SUMMARY

Africa has changed a lot since the colonial era, but African building controls and regulation haven't. In this context school buildings are always built from concrete and bricks, whether in urban or rural areas. To do otherwise would bring school authorities into conflict with their own building regulations. The effect is to drive up the cost of school building, which constrains and reduces the number of schools being built.

The main objective has been to write and harmonise a rammed earth standard from its country of origin, Zimbabwe, first to its regional economic community, SADC, then to the whole continent through the African Regional Standards Organisation (ARSO).

The content of the article will outline the process that has led to the current position and process with ARSO. The means to standardise and legitimise earth building is discussed in some detail, the need for champions to build stakeholder support in national areas takes the process from Africa to all countries and continents without a national earth building body, stakeholders and champions taking earth building into the mainstream of construction thinking.

INTRODUCTION

Since the colonial era many things have changed rapidly in the African context. Politics, law, trade, population, infrastructure are all massively different to 20, 30, 40 years ago. One thing that has changed little is how the construction industry is controlled in legislation and bye-laws (Yahya, 2001). One other thing that has changed is the wider standards environment, so crucial to a picture of increasing trade.

It is this change in inter-continental relations which we have sought to exploit in the furtherance of earth building as a standard building type. Under world trade rules **Regional Economic Communities**, RECs, are obliged to remove **Technical Barriers to Trade**, TBT's, and open up local and regional markets. This means harmonising standards to allow the passage of goods and services across national borders (Keable and Bakker, 2011).

Once a member country has written or imported a standard important for their own economy a process is triggered to harmonise that standard with the other community members in a bid to reduce TBTs. This process of harmonisation is the tool we have used to spread a rammed earth building standard across Africa and gives clues to how this might happen elsewhere in the 'globalised' world, more of which later.

Our initial effort was in the writing and publishing of a national standard for rammed earth in Zimbabwe, followed by regional and continental harmonisation.

1. IMPACT CHAIN

The 'impact chain' identified which lead to the writing of a code of practice for rammed earth, its re-writing as a Zimbabwe National Standard (SAZ, 2001) and eventual harmonisation within the 15 country **South-**

ern African Development Community, SADC is as follows.

Post-independence the largely Anglophone SADC area retained key areas of legislation and standards for construction. Key among these were two things which particularly held up the development of affordable schools. Firstly schools are always subject to urban bye-laws, no matter how far they are being built from urban centres. Second that there were no existing earth-building standards to be referred to in the bye-laws. A third factor which hampered school building in general and increased costs for building was the rule stating classrooms must have an 8m span, still current from South Africa to Nigeria and all the Anglophone countries in between.

As consultants trying to work in these countries in the 1980's we were constantly frustrated by rules which seemed to be out of step with the need for schools and the cost of building and materials for schools. These rules supported and relied on 'conventional' materials brick and cement. We were advised by British overseas development ministry DfID that a classroom in Malawi cost on average 4 times more than a comparable classroom in India. British government were frustrated by these costs and somewhat confused as to why this should be and so funded our report on rammed earth building (fig. 1) as one route to understand the situation. This became the publication *Rammed Earth Structures: a Code of Practice* (Keable & Keable, 1996), a collaborative document by a number of organisations and universities. This was being written at the same time as the CRATERRE African Regional Standards on Compressed Earth Blocks (ARS 670, 671, 672, 673 1996) but followed a different development path, changing from a report to a Code of Practice through our own internal discussions. How to turn the document into an actual standard was neither discussed nor known by us at the time. But the format followed the British Standard norm of Guide: Test: Deemed to Satisfy.



Fig. 1 Building classrooms with earth following a national standard reduces costs



Fig. 2 Champions attending standards meetings keeps pressure on the process

2. STANDARDS WRITING AND HISTORICAL CONTEXT

It is worth pointing out that historical processes play a part in the successful adoption of standards, each standards body having its own national characteristics. The Standards Association of Zimbabwe, SAZ, was formed in the 1950's absolutely on the UK model of the British Standards Institute, an independent trade body which draws funds from its members and a percentage from the state. But SAZ is not part of government and is not under a ministry. This level of autonomy has been maintained into the independence era and is what gives Zimbabwe its unique character as a not-for-profit NGO.

It was applying to SAZ with the newly published Code of Practice which began the process of standardisation for rammed earth, a process it is hard to imagine happening in any of the neighbouring countries due to presence of ministerial pressure on a civil service organisation. In Zimbabwe a proposed new work item has to be seconded by a national stakeholder, in this case it was the Scientific and Industrial Research and Development Council, a newly formed applied research body.

The Technical Committee, TC, process is familiar to many standards processes, from writing a text, reviewing a standard all the way to the adoption of a standard from another country. It involves stakeholders including industry professionals, contractors, consumer groups, academics, ministries and consultants sitting on a regular basis and reviewing line by line the document in question. Typically this process pays expenses but not fees and in the case of the Code of Practice this took two years, followed by two further years of formatting, professional scrutiny, gazetting in the national press before the standard could be published.

3. REGIONAL HARMONISATION

The Zimbabwe Code of Practice was published in 2001 and then there was a hiatus in the process while users began to tentatively use it, including the Minister of Education who commissioned a school in her constituency. In 2006 we as the original authors of both the book and advocates for the standard requested that SAZ take the standard to some of the neighbouring countries. This request led to SADC and their multi-country process. In many ways dealing with a REC is easier than bi-lateral discussions, a counter intuitive assessment but one borne out by this process. Earth building is both well known in the region and widely ignored, many countries were only engaged in the process through the interest in the subject of other countries and the reputation of thoroughness Zimbabwe still has in their TCs and standards development writing.

The process of regional adoption of standards is tedious and long winded with six separate stages having to be passed. Initially a secretariat country is appointed, in this case Botswana (which deals with all SADC construction harmonisation), and the secretariat is responsible for the sending and receiving of documents to and from the

national standards bodies, NSBs, of the region. The first phase is to gauge interest of members to participate or observe the process. Even for this the NSBs have to ask their stakeholders for their opinion.

The stakeholders have to be consulted at each stage of the process, with each country deferring to the stakeholder groups they have defined. In some cases this is due to the lack of a deep body of skills and professions, in others due to historical processes. Hence in Zambia and Malawi a National Construction Council brings together a sanctioned group while in South Africa only those already in a South Africa Bureau of Standards, SABS, TC, may be heard. In Zambia and Malawi other stakeholder voices may carry some weight, a large engineering firm say, in South Africa this is much harder. Politics and history have quite a role to play in the development of standards organisations and how they operate; in South Africa many of the controls enacted through the apartheid era still have echoes in these state institutions and personalities.

4. CHAMPIONS

This is a process which requires champions, to lead, to follow the process, to pay attention to it, make time for it, and communicate it to stakeholders and NSBs. In South Africa we mobilised 100 people and organisations (including architects, engineers, contractors, banks, local government and more) to write and support the process. Although finally declining to vote yes SABS did agree to a special TC meeting with stakeholders to discuss the matter, progress indeed (fig. 2).

So stakeholders are the key to standards adoption, no more nor less in Africa than anywhere else. But who are the stakeholders for earth building and how can they be mobilised? Without stakeholders to respond to the calls of the NSBs the secretariat cannot receive national votes and the system stalls. In the case of the rammed earth standard various strategies were used to ensure stakeholder support through a tiny funding stream which allowed us to attend regional standards meetings over a number of years. By travelling to countries and championing in the region we were able to target countries strategically, discussing the issues with NSBs and national stakeholders to apply pressure in support of whichever voting round was under way. Getting the NSB communication onto the desk of the relevant person in a stakeholder organisation can be quite time consuming but without that the document is lost in a bureaucracy and the possibility of a successful country vote is reduced. It is often easier to supply the document to the stakeholder with a contact to the local officer of the NSB, to be the champion for the document. This is something which worked over and over during the 5 years of the process but did not necessarily leave national champions of the process in place. That is not to say there were not difficult moments such as when the harmonisation collapsed, along with 15 others, due to lack of progress. This only came to light when attending a regional meeting where we were able to ask for an extension of time, the other standards in the

system were dropped for lack of a champion at that meeting. Finally the Standard Code of Practice for Rammed Earth Structures (SADC, 2014) was harmonised across the SADC area with 12 yes votes from the 15 countries, easily enough for a positive result. And what is the result? Well it is an ongoing situation but certain lessons can be drawn. The first thing to say about a harmonised standard is that it enjoys more standing than a single country standard, this is particularly true of standards developed by emerging economies. The existence of a standard is legitimising in itself, the knowledge a standard exists, that there is a standard that can be achieved is an end in itself. Many, many construction standards exist but are not followed, this is shown in the low quality of construction work in many places. A regional standard may not be adopted by all countries but according to the international agreements in SADC any harmonised standard may be used by anyone in any SADC country if not formally adopted within a national border within 12 months (SADC, 2008). This ability to use a harmonised text even though it has not been published within a national border is a useful tool to building classrooms, legitimising the process despite local cost, timetable or other issues.

5. CONTINENT WIDE STANDARDS HARMONISATION

The existence of a standard across a REC brings that standard to the attention of other RECs and the African Regional Standards Organisation, ARSO. ARSO has TCs on all the major standards areas including construction and have taken up the rammed earth standard as a work item starting in 2014 and completing some time before 2017. This is one of the reasons that REC harmonisation is so much more powerful than single country status. A successful ARSO TC process ends with the issuing of an African Regional Standard, ARS, a document which can be adopted across the whole continent and has a heightened sense of acceptability as in the case of the CRAterre block standards.

The ARSO process is ongoing and with a tiny piece of funding we follow this as best we can. However mobilising stakeholder groups in the 13 countries which participate in the TC is much more expensive as they are spread from Egypt in the north to South Africa in the south, Senegal in the West to Kenya in the east. Attending at the annual meetings of the TC helps but does not mobilise stakeholder groups in the TC home countries.

CONCLUSION: NEXT STEPS, CHAMPIONS AND STAKEHOLDER BODIES

But however many countries a standard may cover there are always more things to do to ensure it is successful, the next round of activities in the SADC rammed earth story (as it is for the CRAterre block standards) is to encourage national adoption and publication and re-enforcing structures in training, financing, equipment, marketing and of course building.

In this respect the role of stakeholders, the encouragement of their activities to support national processes like harmonisation and adoption of standards is crucial. There are now a number of extremely useful additions to earth building standards which exist around the world, notably the ASTM8 a generic document which outlines the basic acceptability of earth structures. For many countries this is

still not the case. Detailed standards for particular technologies can come after, establishing the basic criterion needs to come first. The ASTM is notable in a number of ways, but perhaps most significantly it comes from a highly recognised partner, the USA, and ASTM have MoUs with partner NSBs around the world. This means adoption can be relatively fast track, and each country does not face the prospect of having to write their own standard from scratch.

In the UK our national association Earth Building UK and Ireland, EBUKI, are pursuing the ASTM adoption route which would allow it to be harmonised within the European area. Both of these processes, first in the UK, then in Europe will rely on stakeholder support. In both cases national stakeholder organisations already exist which should allow relatively straight forward applications. This is not the case in Africa and many other parts of the world.

Without organised national earth building groups moving standards processes forward relies on champions. While this has been successful as a strategy in both the case of the CRAterre ARS and the SADC rammed earth standard effort must now concentrate on supporting, fostering, mentoring and encouraging national earth building bodies. The experience of EBUKI has been that a national group relies on members and support from across the whole industry, the 5% of architects, of engineers, of contractors, of academics that are interested make a formidable force when joined in an organisation. In all countries including those in Africa it is joining together the interested that can make an effective stakeholder voice.

An effective stakeholder voice should also be one which can begin to connect with the tens of thousands of earth builders which exist in Africa, South America, India, China, the USA and other areas unrepresented today. They are the people who know the materials they have and how to use them. They are the people long ignored by their own industry. African earth builders need to be encouraged to follow best practice, to build robust details, corners, roof ties, lintels. African earth builders need to train each other to follow standards which they themselves have a voice in supporting. This is the next level of challenge for anyone seeking to strengthen, deepen, legitimise the next generation of earth builders.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Yahya, S. et al. (2001). *Double standards, single purpose: Reforming housing regulations to reduce poverty*, Practical Action Publishing, Rugby.
- Keable, R. et Bakker, K. (2011). *Harnessing political and trade structures to achieve Standards acceptance of earth building in Southern Africa and beyond*, Terra 2012 Proceedings, Lima.
- SAZ (2001). *Zimbabwe Standard Code of Practice for Rammed Earth Structures*, Standards Association of Zimbabwe, Harare isbn 978-1-77935-694-9.
- Keable, J. and Keable, R. (1996). *Rammed Earth: a Code of Practice* Practical Action Publishing, Rugby, isbn 978-1-85339-727-1.
- ARS 670 (1996). *Compressed earth blocks Standard for terminology*. ARS 671 (1996). *Compressed earth blocks Standard for definition, classification and designation of compressed earth blocks*. ARS 672 (1996). *Compressed earth blocks Standard for definition, classification and designation of earth mortars*. ARS 673. (1996). *Compressed earth blocks, Standard for definition, classification and designation of compressed earth block masonry*.
- SADC (2014). SADC HS 983:2014. *Harmonized Standard For Rammed Earth Structures Code Of Practice*.
- SADC (2008). *Technical Barriers to Trade (TBT) Annex to the SADC Protocol on Trade*. Approved by the SADC Committee of Ministers of Trade on 12 July 2008, Lusaka, Zambia.
- ASTM (2010). *Standard Guide for Design of Earthen Wall Building Systems Designation: E2392/E2392M - 10*.

MAISON SUINDARA, FORMATION ET PRODUCTION SUR UN CHANTIER-ÉCOLE AU BRÉSIL

AUTEURS

Thiago LOPES FERREIRA
Anaïs GUÉGUEN PERRIN

Unités de Recherche Architecture, Environnement et
 Cultures constructives (AE&CC/ENSAG), France
 et Habitation et Soutenabilité (Habis/IAU/USP), Brésil

RÉSUMÉ

La Maison Suindara est le résultat d'un projet développé sous la forme de deux cours d'extension universitaires au sein de l'Institut d'Architecture et d'Urbanisme (IAU/USP, Brésil), organisés par le groupe de recherche HABIS en partenariat avec le laboratoire Cultures constructives (AE&CC/ENSAG). Durant ces cours, les activités se sont déroulées parallèlement entre l'Université et une communauté rurale de réforme agraire au Brésil. Sous la forme d'un chantier-école, ce projet pédagogique a proposé la constitution d'un espace de travail social, rassemblant, de manière continue et complémentaire, les processus de formation professionnelle via la réalisation d'une habitation populaire rurale. Après un an et demi de cours avec la participation de plus de 100 personnes, les activités réalisées comprennent la conception du projet architectural, la création et le développement de systèmes constructifs avec des matériaux naturels et de récupération, ainsi que le processus de construction de l'habitat. La participation des futurs habitants de la maison, en tant que protagonistes du processus, de même que les pratiques d'organisation autogérées et participatives du travail ont favorisé une synthèse entre les connaissances populaires locales et les savoirs scientifiques.

INTRODUCTION

Le recensement brésilien de 2010¹ révèle un déficit de logements² de 6,94 millions d'unités au Brésil, soit 12,1% des domiciles du pays. La région du sud-est concentre 38% de ce déficit, soit 2,67 millions d'unités, dont plus de la moitié (1,49 million) se situent dans l'État de São Paulo. Quant au milieu rural, ce déficit atteint environ 1,1 million de familles.

D'une manière générale, les politiques publiques existantes pour la construction d'habitations populaires rurales prennent la forme de programmes de crédits financiers. Bien qu'insuffisantes face à l'importance du déficit d'habitations actuel, ces politiques sont extrêmement nécessaires, au vu des conditions précaires dans lesquelles vivent un grand nombre de familles de petits producteurs.

Le travail exposé ici s'est déroulé dans la Communauté Agraire Nova São Carlos, un *assentamento*³ rural de réforme agraire localisé dans

la municipalité de São Carlos, État de São Paulo, Brésil (fig. 1). Dans cet *assentamento* rural officiellement reconnu par l'État en 2009, 83 familles paysannes font face aux conditions présentes et cherchent à accéder à des politiques publiques afin de viabiliser le développement de la communauté, en termes d'habitat, d'énergie, d'approvisionnement en eau, d'assainissement, de transport et d'appui à la production agricole familiale⁴.

1. CHANTIER-ÉCOLE : ESPACE DE FORMATION, EXPÉRIMENTATION ET PRODUCTION COLLECTIVE

Le projet Maison Suindara est né d'un partenariat entre les groupes de recherche « Habitation et Soutenabilité (HABIS/IAU/USP) » et « Cultures constructives (AE&CC/ENSAG) » en étroite collaboration avec une famille habitant l'*assentamento* Communauté Agraire Nova São Carlos. Son objectif était orienté par le défi de concevoir

¹ IBGE, Institut Brésilien de Géographie et Statistiques (2010), *Censo 2010*, Brésil. Disponible sur <http://censo2010.ibge.gov.br/>

² Le déficit de logements fait référence au nombre de noyaux familiaux sans logement au Brésil. Pour plus d'informations, se référer au document de l'organisation gouvernementale, la Fondation João Pinheiro : <http://www.fjp.org.br/index.php/docman/cei/deficit-habitacional/216-deficit-habitacional-municipal-no-brasil-2010/file>

³ De manière générale, Sônia Bergamasco et Luís Norder (1996) définissent les *assentamentos* ruraux comme des unités agricoles créées au travers de politiques gouvernementales de réforme agraire qui visent à la réorganisation de la propriété et de l'usage de la terre au bénéfice des travailleurs ruraux sans terre, comprenant également la mise à disposition de conditions

adéquates à l'usage de la terre et l'incitation à l'organisation sociale et à la vie communautaire.

⁴ Pour plus d'informations concernant les réalités des *assentamentos* ruraux au Brésil, voir le travail de Sérgio Pereira Leite et Leonilde Medeiros (2004), et la base de données DATALUTA (2013).



Fig.1 Localisation de la Communauté Nova São Carlos, de l'échelle nationale à l'échelle locale



Fig.2 Activités de projet avec la famille et d'expérimentations pratiques constructives

une habitation à partir de la production locale des technologies sociales⁵.

Ainsi, la construction de cette habitation populaire s'est transformée en un outil pour la constitution d'un espace dialectique de travail social⁶. C'est dans cet espace que les processus productifs se sont mêlés à ceux de nature pédagogique, où les participants se sont partagé et approprié le même processus au cours de ses différentes étapes constructives.

La première phase de ce projet⁷ a consisté à créer un cours universitaire optionnel, ouvert aux étudiants, avec pour objet la conception du projet architectural de la future maison, en rapport étroit avec la famille, et de vérifier la viabilité d'utiliser des matériaux disponibles localement pour sa construction, à savoir la terre, les troncs d'eucalyptus et les palettes de bois résidus des industries de la région.

Réalisé de février à juin 2013, ce cours a réuni un groupe d'environ 40 participants, autour de la conception du projet. Les activités se sont déroulées de manière alternée et complémentaire entre l'Université et l'*assentamento* rural où des techniques constructives ont été élaborées et expérimentées (fig. 2).

À la fin de cette phase, cinq projets d'habitat furent conçus à partir

de dialogues constants entre les participants et la famille, plongeant les étudiants dans une relation client/architecte concrète. Ces projets ont servi de base pour l'élaboration d'un projet final qui a regroupé les propositions constructives les plus pertinentes, tant au niveau de l'architecture que des systèmes constructifs. Les expérimentations pratiques ont mené à la mise au point de cinq systèmes constructifs employant des palettes associées à l'utilisation de la terre. Ces systèmes constructifs furent intégrés au projet final élaboré par le groupe.

Conceptuel, pratique et social, cet exercice a consisté à rapprocher, sur le chantier même, les processus d'apprentissage, de recherche technologique et de construction de l'habitat rural dans une réalité sociale bien précise. La recherche-action⁸ en est la base méthodologique, permettant ainsi le développement de modes différenciés d'approche des phénomènes sociétaux dans leurs complexités, tout comme des actions concrètes en concomitance avec la production de connaissances. Ce processus comprend dans son mécanisme opératoire le dialogue, la compréhension et le respect des cultures et contextes locaux, suscitant l'interaction constructive entre les différentes personnes, pour ainsi penser et agir consciemment et de manière critique.

La deuxième phase du projet a pris la forme d'un cours d'extension universitaire, organisé en 3 modules, en fonction des étapes de construction de la maison, et ouvert aux étudiants, aux profession-

⁵ Selon Hermán Thomás (2009, p.27), les technologies sociales sont " (...) des formes de créer, développer, mettre en œuvre et administrer la technologie, orientées vers la résolution de problèmes sociaux et environnementaux, générant des dynamiques d'inclusion sociale et de développement soutenable, en se basant sur la demande d'utilisation intensive du savoir disponible localement."

⁶ Dans ce cas, cette notion est inspirée de la perception que Sérgio Ferro (2006) a du chantier, du dessin, de l'architecture et du travail libre, de ce qu'il définirait comme un travail collectif organisé de manière autonome, où le sujet collectif acquiert conscience de soi en tant que producteur de l'espace, privilégiant la pratique en faveur du travail libre, non aliénant.

⁷ Pour plus d'informations concernant ce projet et ses étapes de réalisation, voir les travaux de Lopes Ferreira (2014) et Guéguen-Perrin, Lopes Ferreira (2015).

⁸ Selon la compréhension de Thiollent (2004, p.20), "la recherche-action est un type de recherche sociale basée sur la réalité, qui est conçue et réalisée en étroite relation avec une action ou la résolution d'un problème collectif, où les chercheurs ont un rôle coopératif et participatif."



Fig.3 Activités théoriques réalisées simultanément aux activités pratiques



Fig.4 Activités de construction de la base des murs en pisé stabilisé

nels et au grand public. Il a permis aux participants de s'immerger dans le développement des technologies projetées via la manipulation et la transformation des matériaux naturels et de récupération disponibles localement. Les principales techniques employées furent le pisé stabilisé pour la base des murs, des panneaux de couverture préfabriqués en palettes et des panneaux de murs en palettes remplis de terre en vrac et enduits de terre, côté intérieur.

Son projet pédagogique a proposé la constitution d'un espace de travail social, rassemblant, de manière continue et intégrée, les processus de formation professionnelle via la production constructive collective et autogérée.

Durant une année d'activités, distribuées entre les mois d'août 2013 et septembre 2014, plus de 100 personnes ont participé au processus de construction de la Maison Suindara en interaction avec la famille et sa parcelle de production agricole (fig. 3 à 6). Par l'expérience de la production d'une habitation populaire au sein d'une réalité sociale concrète, les participants ont acquis de nouvelles connaissances sur la conjoncture locale, ses origines et les relations entre ce milieu et la ville toute proche.

2. RÉFLEXIONS CONCLUSIVES

Une des difficultés majeures rencontrée fut celle de la confrontation des rythmes sociaux, administratifs et économiques. Au début de l'intervention de l'équipe, l'intention était de travailler à un processus collectif dans l'*assentamento*, permettant de susciter des réflexions autour de l'habitat et de l'utilisation des ressources locales parmi l'ensemble des familles. L'objet était la rénovation d'un hangar collectif

via l'utilisation de techniques constructives alternatives et respectueuses de l'environnement et des ressources de chacun.

Mais durant les réunions organisées dans l'*assentamento*, le nombre d'intéressés fluctuait et les personnes étaient presque toujours différentes. Cela venait en partie du moment que les familles étaient en train de vivre, puisque beaucoup avaient déjà eu accès au crédit habitat de l'État et construisaient leur maison. La démotivation des familles couplée à la difficulté pour le groupe de travailler avec une communauté politiquement et socialement non organisée a orienté l'équipe vers un travail plus spécifique, dans une seule parcelle familiale, celle par laquelle nous sommes entrés dans la communauté. Ses membres n'avaient pas encore accédé au crédit habitat et vivaient donc dans une situation encore précaire.

Dans ce cas, la planification a dû considérer l'ensemble des conditions favorables et défavorables venant du fait de travailler avec une seule famille. Ainsi, plusieurs aspects furent évalués : gouvernabilité, sécurité, potentiel de reproduction, temps des décisions et actions, cohésion sociale, imprévus, maintien de la fréquentation, financement externe, participation collective, motivation des personnes impliquées, représentativité des prises de décision, possibilités d'expérimentations, impacts du projet, financement des familles et appuis, etc. En formulant des réflexions sur l'ensemble des facteurs identifiés impactant sur cette réalité spécifique, une actuation à l'échelle familiale fut privilégiée.

Un paramètre qui s'est avéré avoir un impact fort est la notion de coexistence de différents « temps » dans le contexte de ce processus d'extension universitaire. Les temps du calendrier de l'administration académique, le temps des étudiants, de la famille, de sa production agricole, des ressources financières, de l'ensemble de la communauté



Fig.5 Construction des murs en palettes avec remplissage et enduits de finition en terre



Fig.6 Vues générales de la maison Suindara à la fin du Chantier-École

et de sa répercussion sur la parcelle familiale, sont autant de paramètres non contrôlables mais avec un fort potentiel de répercussion sur la viabilité et la pérennité du projet.

La possibilité de conjuguer les trois axes académiques, à savoir l'enseignement, la recherche et l'extension, dans une expérience pratique de cours d'extension universitaire, est également un paramètre à considérer. Le fait de les réaliser de manière appliquée et en établissant une étroite relation entre le monde académique et une réalité sociale spécifique, permet de créer des opportunités pour que les étudiants s'approprient les contextes et prennent part aux prises de décisions et aux résolutions des difficultés.

Cette orientation renvoie au questionnement de l'existence d'un unique «personnage-professeur» durant le processus pédagogique et productif. Surgissent ainsi des situations dialectiques où l'architecte devient apprenti et le maçon professeur, où les étudiants se perçoivent au travers de nouveaux angles et la famille de l'*assentamento* occupe une place centrale dans les choix et décisions. Ces situations contribuent de cette manière à la déconstruction de certaines structures sociales hiérarchiques, établies quotidiennement dans les processus productifs conventionnels.

Le chantier-école prend la forme d'une plateforme de travail et de formation, où différents sujets engagés dans l'action deviennent médiateurs dans le défi de penser et de réaliser d'autres modes de production de l'habitat rural. Cet exercice se développe à partir de la création de solutions constructives avec les matériaux disponibles localement, enrichissant les processus de formation individuelle et collective dans le groupe, et facilitant la compréhension de la production des technologies, non seulement en tant que procédés tech-

niques, mais également en tant que processus sociaux influencés par les dimensions économiques, politiques et culturelles.

Ainsi, le penser, projeter, pratiquer et développer cherchent dans les interfaces entre les matériaux locaux, les capitaux disponibles, les intelligences constructives et les forces/relations de travail, l'ensemble des éléments directeurs de ces processus de production. De même, les technologies se développent par des dialogues constants entre les connaissances scientifiques, techniques et populaires.

Par sa nature, le chantier-école permet d'aborder la pratique, indispensable à ceux qui souhaitent connaître les matériaux, leurs potentiels et les techniques constructives liées, permettant une conception de détails constructifs plus cohérente. Par sa dynamique, il incite à l'autonomie dans l'organisation et l'autogestion du travail.

Par son caractère participatif, il stimule la curiosité durant l'appréhension et le développement des activités. Il incite à la remise en question des solutions techniques, provoquant la créativité des participants pour trouver des solutions viables et adaptées à la réalité, alimentant des pratiques de travail en groupe, de libre expérimentation, de matérialisation des idées et de réflexion critique des processus productifs réalisés.

De cette manière, des conditions sont créées pour permettre la constitution d'un espace de travail autogéré et de production de connaissances, où les outils et les dialogues interagissent et suscitent de nouvelles créations autour des pratiques constructives de l'habitat. Les réflexions critiques des processus de travail alimentent l'appréhension et l'autonomie des participants, accentués par l'exercice de réalisation du travail collectif. Cela passe par des débats sur les types de matériaux de construction et leurs usages, de leurs impacts

34 étudiants participants 5 projets adaptés à la famille 5 systèmes constructifs spécifiques aux projets	45 inscrits	44 inscrits	65 inscrits
COURS OPTIONNEL	COURS D'EXTENSION		
Construction d'un espace de travail Expérimentation des systèmes constructifs	Module 01 Implantation Fondations Structure en bois	Module 02 Couverture	Module 03 Pisé de soubassement Panneaux de mur bois et terre
188 inscrits et 91 certificats délivrés 03 cours académiques créés autour du projet	01 Publication d'un livre 01 Thèse de doctorat	03 Articles publiés 09 Présentations en séminaires ou autres	
BILAN DES COURS			

Fig. 7 Cadre récapitulatif des principales activités et résultats du cours

culturels et environnementaux, des relations de production, de leurs mécanismes d'organisation et de gestion, ainsi que par la dimension sociotechnique des processus de développement technologique, avec ses expérimentations, systématisations, améliorations et évaluations. Dans la mesure où le travail est appréhendé dans sa dimension éducative, les relations avec le contexte se modifient et, par conséquent, il en est de même pour les processus productifs, les sens, méthodes et intentions qui en découlent. Un processus où l'aspect formateur devient la base d'autres relations de travail, avec des postures qui suscitent le faire en enseignant et l'apprendre en faisant. Le travail social en vient à être compris comme principe éducatif et l'éducation comme travail social.

Ce processus de réflexion et projection de l'espace à partir de l'appréhension de la réalité locale nous renvoie au sens contraire de la production du type de modèle d'habitat, de son projet générique et de ses logiques de production capitalistes, déterminées par des formes hétéronomes de satisfaction des nécessités et balisée par les coûts opérationnels et par les intérêts financiers.

A leur tour, ces expérimentations pédagogiques inspirent des pratiques collectives mettant en évidence des processus productifs qui, au-delà de leur produit (maison), peuvent être perçus comme des processus dynamiques de sociabilité et des rencontres riches en diversités culturelles. Ces processus mettent en relation l'environnement social avec la formation et la production technologique, par les dimensions de l'habiter.

L'expérimentation revêt ainsi une grande importance dans l'exercice de redécouvrir et de réinventer des modes d'habiter. Les perspectives méthodologiques d'action et de production critique de la connaissance accompagnent, orientent, modifient et sont modifiées par la réalisation du processus formateur en elle-même. Ne prétendant pas fournir un modèle d'habitat ou de processus productif, ce projet vise à indiquer des pistes de réflexions, ouvrant ainsi un champ de possibles pouvant être appropriés et adaptés en fonction de chaque situation.

Dans cette réalité brésilienne, la conjoncture existante a généré une situation de violence sociale qui ne permet pas, pour l'instant, la conclusion des activités de construction de la maison Suindara. Les tensions sociales récentes dans la communauté ont forcé la famille à reconsidérer ces conditions et à suspendre les activités constructives. Ce fait révèle une fois de plus la nécessité de la mise en place de cours d'extension universitaire qui proposent d'interagir et de transformer certaines réalités sociales, percevant et s'adaptant aux conditions imposées et de considérer les risques à moyen et long terme.

Les pratiques d'extension académique dans la perspective du travail social présentent un vaste champ d'action critique et concrète dans le défi d'améliorations structurelles et de qualité de vie des populations défavorisées. Dans cette perspective d'action, les activités discutées et réalisées exercent leur praxis dans la constitution de stratégies pour la construction d'autres sens et pratiques dans les relations de production de l'habitat rural contemporain.

Dans ce sens, la production de la maison Suindara a consisté en une expérimentation collective de production de l'habitat populaire rural. Une pratique formatrice qui, dans sa réalité concrète, fut en permanence transformée et adaptée. Ses conditions et formes furent construites dans l'arrangement dialectique des conjonctures et des possibilités mises en place.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bergamasco, S. M., Norder, L. A. (1996). *O que são assentamentos rurais*, editora Brasiliense, São Paulo.
- Dataluta, Banco de Dados da Luta pela Terra : *Relatório Brasil 2012*. Disponible sur http://www.lagea.ig.ufu.br/rededataluta/relatorios/brasil/dataluta_brasil_2012.pdf
- Ferro, S. (2006). *Arquitetura e trabalho livre*. ed : Cosac Naify, São Paulo, sp.
- Fundação João Pinheiro, Centro de Estatística e Informações, Brasil, et al. (2013). *Déficit habitacional no Brasil : municípios selecionados e microrregiões geográficas*. Belo Horizonte.
- Guéguen-Perrin, A. et Lopes Ferreira, T. (2015). *Maison Suindara, chantier-école dans une communauté rurale au Brésil | Casa Suindara, canteiro-escola em um assentamento rural de reforma agrária*, CRAterre éditions, Grenoble. 48 p.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). *Censo 2010*, Brasil. Disponible sur <http://censo2010.ibge.gov.br/>
- Leite, S. P., Herendia, B., Medeiros, I. et al (2004). *Impactos dos assentamentos: um estudo sobre o meio rural brasileiro*, Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura - Núcleo de estudos agrários e desenvolvimento rural, Brasília.
- Lopes Ferreira, T. (2014). *Architectures vernaculaires et processus de production contemporains : formation, expérimentation et construction dans une communauté rurale au Brésil*. Thèse de doctorat en architecture. Grenoble : Université de Grenoble en cotutelle avec l'Université de São Paulo, 356 p.
- Thiollent, M. (2011). *Metodologia da pesquisa-ação*. ed. : Cortez editora, 18ª edição, São Paulo.
- Thomas, H. E. (2009). *Tecnologias para inclusão social e políticas públicas na América Latina*. dans Otterloo, A. et al., *Tecnologias sociais: caminhos para a sustentabilidade*. Rede de tecnologias sociais. Brasília : [s.n.]. p. 25-81.
- Blog relatant les activités : <https://maisonsuindara.wordpress.com/>

LINCOLNSHIRE MUD AND STUD: THE IMPACT OF GRASS ROOT NETWORKS ON THE PERCEPTION OF ARCHITECTURAL HERITAGE

(In memory of Rodney Cousins 1944-2015)

AUTHORS

Dr Marcin Mateusz KOŁAKOWSKI

University of Lincoln, UK

Dr Magdalena BABORSKA-NAROŻNY

University of Sheffield, UK

Ian KEELING

Cundall Johnston and Partners, UK

SUMMARY

It is likely that Lincolnshire mud and stud (M&S) represents the least known and least appreciated element of English construction heritage. However, 30 years ago a grass root network called East Midlands Earth Structure Society (EMESS) rediscovered this technique and started to transform public opinion. The legacy of this campaign is based on two narratives, historical and environmental. Interestingly, these narratives are often underpinned by conflicting values. This paper presents strategies that could be developed in parallel and may simultaneously support each narrative.

INTRODUCTION: FRAMING AND NEGOTIATING TECHNOLOGY

M&S – ‘THE PERFECT MARRIAGE’: It is probable that Lincolnshire mud and stud (M&S) is one of the least known of England’s traditional construction techniques, even though the oldest cottages date from the 15th century. It is a construction method which Hugo Houben and Hubert Guillaud classify as ‘cob on post’ (Houben, Guillaud, 1994, p. 188). M&S developed in a region where good quality timber was scarce. Local builders developed an ingenious way of using poor quality wood in the form of thin laths as an underpin for earth. Weak and fragile timber structures together with a thin earth cover create very strong solid walls. Two building elements that alone are fragile together form a ‘perfect marriage’ for the construction of a stable cottage. Built economically, M&S cottages proved to be very efficient, ingenious and had a great deal of architectural charm. The installation of a central chimney, flexibility allowing for the construction of additional floors and extensions, and the sealing of walls and roofs from atmospheric conditions with a layer of plaster and thick thatched roofing contributed to a distinctive component of local culture (fig. 1).

TWO AGENDAS: Today, M&S is far more than a building technique. It is also an idea – a hope to reinforce local heritage but also to develop more affordable and sustainable architecture. These two ideas continue to underpin the aims of a local grass roots organisation which has contributed enormously to the change of perception

towards Lincolnshire cottages – EMESS (East Midlands Earth Structure Society). On the one hand, EMESS committed itself to understanding and promoting M&S as a unique element of local heritage. Some EMESS members see this as particularly important since the technique has been overlooked and undervalued for a long time. David Robert (1974) claimed that Lincolnshire’s vernacular tradition has been destroyed in almost all English counties. The second EMESS’ aim is future orientated and sees M&S as an opportunity to promote the application of a modern, healthy and affordable construction technique. These two agendas may seem contradictory. This paper attempts to demonstrate that they may also support one another.

FRAMING AND NEGOTIATION: Adrian Smyth identified two important perspectives to describe movements: framing and negotiation. *Framing* describes what the technology is associated with: “The relations between movement conceptualizations of environmental problems and the kinds of technology solution promoted.” *Negotiating* focuses on who it is directed to: “The strategies pursued by activists and the compromises they face with actors important in technology development” (Smyth, 2005, p. 106-107). This paper will adopt those categories while taking a closer look not at M&S itself as a technique but at the narratives associated with it.



Fig. 1 Coningsby, Black Swan 1894



Fig. 2 Withern Cottage in Skegness, photo: M. M. Kotakowski

1. METHODOLOGY

From 2012 until 2016, mixed methods of research were adopted in order to gain an understanding of the narratives associated with M&S. They consisted of separate elements such as: (1) a literature review of existing articles and books about Lincolnshire architecture, (2) research based on access to EMESS archives which the authors were able to review thanks to the courtesy of members, (3) visits to 7 student workshops organised by EMESS in years 2012-2016, (4) 5 semi structured recorded interviews with EMESS founders, chairmen and members, (5) visits to 17 M&S houses from which 12 were surveyed and drawn, (6) an 18-month investigation into 11 M&S houses which consisted of 5 visits to each cottage, interviews and continuous measurements of temperature and humidity by installed sensors, (7) survey among 33 members of Vernacular Architecture Group, (8) nine semi structured interviews with students after the announcement of a student project entitled “*Mud/mad Lincoln Artists’ Colony*” in 2014, (9) the organisation of a research construction project ‘Hexagonium’ described below (10) survey conducted among all 80 students from Lincoln University who took part in the Hexagonium workshop, (11) survey conducted among 50 students, 2 months after the workshop about their change in attitude towards natural materials, (12) the organisation and assessment of a student competition described below.

2. HISTORICAL NARRATIVE

M&S IN EARLY LITERATURE: In the 18th century, M&S was praised by Arthur Young as a cheap, durable solution: “Smaller sort brick cottage for one family will cost £50. But of mud and stud, one third less” (Young, 1799, pp.34-36). Together with the introduction of brick and then modern materials, M&S started to lose popularity and began to be associated with the poorer classes (Field, 2016, pp. 60-62). In the 20th century, M&S attracted the attention of Ronald Brunskill who described it as a forgotten heritage: “The Mud and Stud cottages in Lincolnshire have never been in the forefront of this picture partly because this large county seems so far away from great conurbations” (Brunskill 2000). Maurice Barley, a major figure in the promotion of UK vernacular architecture, appreciated the affordability of M&S: “Such houses required no professional builders in the erection; nothing but the skill of the village carpenter, and a knowledge possessed by the many folk in the village of digging the clay and puddling it” (Barley, 1952, p. 100). Despite these qualities, most M&S

cottages have been lost. According to Rodney Cousins, founder of EMESS, “only just over one thousand M&S structures have survived into the 20th century but neglect combined with the stigma that ‘mud is primitive’ has led to the demolition of many of them” (Cousins, 2000, p. 8). During the interview, he recalled that at least six M&S houses were lost in 1980 alone, which is when he started his campaign to save them. “Some of these even burned to the ground with the authorities’ approval,” he said.

FROM WITHERN COTTAGE TO FORMATION OF EMESS: The prospects of M&S changed in 1980 thanks to Rodney Cousins who, as the director of the Museum of Lincolnshire Life, secured funds sufficient to save one M&S building in the village of Withern, which was destined to be demolished. He organised the careful dismantling of the cottage and its re-erection in Skegness where it became part of Village Church Farm Museum (fig. 2). This project became a catalyst and an opportunity for further research (Field, 1984) and the popularising of M&S. The enterprise named ‘*Moving House*’ was completed over several months and attracted public attention through the hosting of other projects and events.

Since then, Cousins dedicated himself to promoting and cataloguing M&S cottages and raising money for a publication – *Lincolnshire Buildings in the Mud and Stud Tradition*. He gave numerous talks in local villages (sometimes as many as 12 a year), raised awareness among local residents and made it possible to identify hitherto uncatalogued M&S cottages. This initiative became the catalyst for further projects. In 1994, Rodney Cousins, together with building historian John Hurd and architect David Glew, decided to form EMESS. This grass roots network has a self-educational and self-help character and has been involved in dozens of building renovations, an example being the Pow Cottage in Tattershall which became a testing ground for practitioners and historians.

Meeting several times each year, EMESS has created an opportunity for sharing experiences and the planning of a campaign aimed at educating local communities and authorities about M&S.

FRAMING AND NEGOTIATION: During the early stages of EMESS, the framing of M&S technology was primarily concerned with a historical narrative. The central aim of promoting this technique was to revive the local tradition and heritage. Cousins managed to present M&S as an exciting phenomenon. He described it as being “almost exclusively a Lincolnshire method of construction” (Cousins, 2000, p. 7), even though historians such as Naomi Field see this statement of ‘uniqueness’ as somewhat unjustified and present



Fig. 3 Internal thermal condition in one surveys M&S building 2015, photo: M. M. Kotakowski

M&S as an historically changing typology (Field, 2016). In an interview in 2015 however, the second founder of EMESS, John Hurd, explained the uniqueness of M&S in a broader sense: “As you travel around the world and you look at vernacular architecture and the local architectural language... In this valley the houses will have one language, and in the next valley they’ll have another, these produce cultural landscapes. The *Genius loci*, or the spirit of place, is a very strong motivator for builders and inhabitants of M&S”

In order to understand the attitude of EMESS towards historical architecture, it is important to consider it in the context of the growing fascination with vernacular architecture experienced towards the end of the 20th century. This interest began with Bernard Rudofsky’s book *Architecture Without Architects*, which contested the idea of homogenous universal architecture. This work was published at the same time as Christian Norberg-Schulz’s seminal work, *Genius Loci - Towards a Phenomenology of Architecture*. In the United Kingdom, Paul Oliver also published comprehensive works on the worlds’ vernacular architecture (Oliver, 1987, 1997). Each of these was repeatedly mentioned in discussions and interviews with EMESS members. The historical framing of M&S was also attractive to practitioners searching for a new direction in their careers. One such example is Robert Ley, who transformed from furniture maker into a builder/researcher by analysing the marks on traditional walls reconstructed from materials likely used to construct historical M&S walls.

This historical framing resonates with inhabitants who – as identified in a 2015 survey – appreciate greatly the historical value of their home. Of 85 surveys issued to residents, 32 were returned. When asked of the positive aspects of living in M&S homes, 47% of respondents pointed to aesthetic values; 39% to the feeling that they are connected with history; 30% to a sense of unique character and only 21% to comfort. Interestingly, when asked of the negative aspects, 52% mentioned low thermal performance, 52% pointed to expensive maintenance and 39% noted restrictions related to historical buildings. Notably, in a questionnaire where 23 respondents were asked to score 10 reasons why they live in a M&S cottage (maximum total score 230), the statement “*I wanted to live in a historical building*” scored 149, whereas the statement “*I wanted to live in an environmentally friendly home*” scored only 61. What is more, all interviewees admitted that if they were forced to live in a modern building they would expect improved thermal performance and better quality.

Interviews conducted in 2015 demonstrate that EMESS were primarily responsible for convincing many inhabitants to embrace traditional methods. In this sense, the negotiation of M&S technology has been very successful. One inhabitant said: “We found EMESS very helpful. We had to learn, actually, everything about it, how to maintain it. For this house you need proper craftsmen, you can’t just get Mr Joe Bloggs down the road.” Naomi Field wrote in 2016 that “Increasing interest in mud and stud buildings... has at last resulted in their being restored rather than demolished” (Field, 2016, p. 61). It would seem reasonable to suggest that these circumstances have arisen as a direct result of EMESS’s campaign.

However, this framing through historical means may often result in the neglect of environmental considerations. EMESS members were often satisfied with unproven opinions that M&S is “warm in winter and cold in summer” which were reiterated by Cousins who wrote “[earth] with its high insulation qualities, low cost, low transportation needs and its individuality... is a highly sustainable and truly ‘green’ resource” (Cousin, 2000, p. 8). These assertions (that confused insulation with thermal mass) were echoed by some inhabitants, despite the 18-month monitoring of 11 M&S cottages in 2015 clearly identifying the low thermal performance of external walls. Internal temperatures within M&S homes (particularly those who maintained the original wall constructions) at times dropped below 10 degrees in winter (fig. 3).

The conflicts between historical and environmental framing were also identified through a 2015 survey of Vernacular Architecture Group (VAG) members who are both enthusiasts but also influential decision makers. When asked what they thought about improving the thermal performance for M&S houses, members predominantly opposed the idea, 80% arguing that any changes would impact the authenticity.

3. ENVIRONMENTAL NARRATIVE

COMPLIANCE WITH STANDARDS: The turn of the 20th and 21st century was marked by an increase in ecological awareness. This was reflected in the rising standards of building regulations. Members of EMESS began considering these new challenges. The need for improved insulation was clear, identified initially by attempts to design extensions to M&S cottages. Notably the White House in Ludborough – designed by third EMESS founder, David Glew – turned his experiences and research into two articles: ‘*Compliance with modern planning and building regulations*’ (Glew, 2000) and ‘*Problem of Thermal Insulation*’ (Glew, 2012). These publications mapped the challenges and proposed several practical solutions as to how M&S as a concept could be modernised.

COOPERATION WITH UNIVERSITY: In 2012, EMESS began to cooperate with the University of Lincoln. Since this time, one or two workshops each year have been organised for architecture students. (fig. 4) Throughout the one-day events, students learned about the history of M&S and participated in activities such as mixing earth, constructing walls and plastering etc.. During these workshops, a narrative shift towards sustainability was noticeable. In 2015, EMESS chairman Trevor Oliver dedicated a great part of his presentation



Fig. 4 EMESS Workshop, photo: M. M. Kotakowski

about M&S to emphasising environmental values and that using earth as a material is an effective method of managing construction waste. This cooperation with Lincoln School of Architecture effectively transformed the emphasis of discussions pertaining to M&S towards the environmental narrative. Within reading lists recommended to students, natural materials are often presented as a low/ zero carbon (LZC) option. Unfired earth is associated with sustainability in books such as *Earth Design and Technology of a Sustainable Architecture* by Gernot Minke (Minke, 2012, pp. 14-17), *Rammed Earth* by Walker et. al. (2005, pp. 12-13) and *The Whole House Book* by Herris & Borer (2005, pp. 139-143). However, presenting M&S as inspiration for an attractive future technology does not always translate effectively to students enrolled on architectural programmes that are primarily concerned with contemporary perspectives. In 2014, second year architecture students at the University of Lincoln were offered an optional project brief “*Mud/mad architecture for Lincolns’ artist colony*”. They were asked to design modern settlements based on M&S tradition. Surprisingly, no student chose this option. When asked why this was the case one student said: “Mud buildings don’t seem very exciting. Earth buildings cannot be complex, do not meet building standards and are not what students want to have in their portfolios”. In order to address these misconceptions, Lincoln School of Architecture prepared a series of 8 lectures presenting natural architecture.

M&S FOR FUTURE & HEXAGONIUM: In 2015, a change in EMESS leadership lead to a new direction. This was spearheaded by new chairman Trevor Oliver. During an annual meeting, he presented his vision for an EMESS dedicated more towards new builds. In the spring of 2015, a student workshop was organised at Skegness Village Church Farm Museum. Inspired by the event, the directors discussed with Trevor Oliver the possibility of erecting a new building in close proximity of Withern Cottage. The aim was to construct a model building, inspired by historical M&S but meeting all modern standard, that may be replicated across Lincolnshire. Museum directors suggested that it could be a holiday let operational all year long which would facilitate future research on M&S.

As preparation for the project, the construction of a smaller prototype was planned at the University of Lincoln’s Open Air Laboratory (fig. 5). A test building made of 6 walls was erected in 2016. This allowed for the investigation of the practicality of construction, quality, appearance and U-value of different variations of M&S walls. The building, called Hexagonium, was constructed as part of a workshop for 80 University students (fig. 6). Its walls were constructed by various techniques such as traditional M&S, M&S with diverse mixes of hemp, lightweight expanded clay aggregate or foam glass as well as walls with varying wall cavities and insulations such as wood fiber and straw bales. At the time of writing, the building was drying out. Further testing will be conducted in 2017.

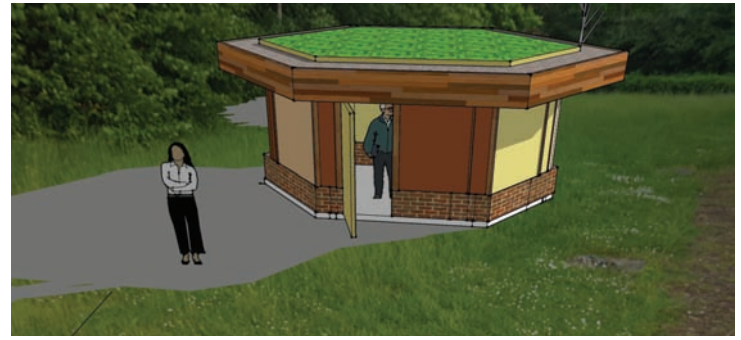


Fig. 5 Hexagonium Project, drawing: M. M. Kotakowski

The project has already attracted attention and started to change the framing and perception of M&S. A local magazine published an article - *Age-Old Skills Brings Uni’s Hexagonium Build to Life* – that emphasised that M&S “could be a way of the future” (Fletcher, 2016). A survey conducted among 50 students after the workshop asked if they agreed or disagreed with the statement “*The “Hexagonium” workshop convinced me to be more involved with natural materials.*” 12.5% answered ‘strongly agree’; 38% ‘agree’; 30% ‘unsure’; 8% ‘disagree’, whereas 12% answered ‘strongly disagree’. When asked about the statement “*Choice of materials such as earth/ straw could make my project more creative*” 10% of students answered ‘strongly agree’, 38% ‘agree’, 34% ‘unsure’, 22% ‘disagree’ and 6% ‘Strongly disagree’. Results indicated a good educational impact from the workshop and a chance that students will in future be more tempted to consider natural materials in their designs.

COMPETITION: An even stronger indication that the framing of M&S technology could change due to the cooperation with the University is illustrated by EMESS’ decision to organise an idea competition for a future M&S cottage. The brief was based on the planned cottage at Skegness Museum. Students were asked to propose a new project which is involved in a dialogue with tradition but looks towards the future. The competition entries varied greatly

Fig. 6 Construction of Hexagonium 2016, photo: M. M. Kotakowski





Fig. 7 1st Prize Andrew J Boffin

– from solutions that were practical and well considered, such as the first prize by Andrew Boffin (fig. 7), to interesting proposals that could have an educational value, to almost impossible design schemes (fig. 8-10). The competition was an interesting experiment where the two narratives and two approaches to the framing of M&S had a chance to learn about and from one another. Students who are constantly exposed to eye catching iconic architecture had an opportunity to confront their attitude with the practicality of traditional building techniques. Practitioners were also presented with a thought provoking opportunity for brainstorming on the future of M&S.

CONCLUSIONS

The history of EMESS is a history of two narratives, one of which frames M&S technology by linking it with local heritage and the other with sustainability. The approach taken to framing determines who is appealed by the ideas of M&S technology and how they can be negotiated with. This research indicates that the historic narrative resonates with inhabitants, heritage enthusiasts and official decision makers. The second narrative that frames M&S technology by associating it with a healthy and sustainable manner of building resonates primarily with enthusiasts of natural architecture, academic tutors and students. The research indicates that certain inhabitants are willing to compromise on comfort as they value the historical and heritage aspects of their homes. It is important to consider however that this may not be the case in future as fuel prices continue to rise. A pessimistic outlook would expect any increase in operational costs to discourage people from buying and living in M&S cottages. As a result of being uninhabited, they may fall into disrepair, this leading to the disappearance of the M&S tradition. It is for this reason that searching for innovative ways of insulating these houses could eventually save the heritage. As presented above, the two types of framing – historical and environmental – could present conflicting values. However, EMESS' recent history shows that cooperation and events such as workshops or competitions could be a good way to facilitate the meeting of the two groups who can thus negotiate their own values and support one another.

Fig. 8 2nd Prize George T A Warden



Fig. 9 3rd Prize Lily Elisabeth Lambert

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Barley, M. (1952). *Lincolnshire and the Fens*, B. T Batford Ltd, London.
- Borer, P. & Harris, C. (2005). *The Whole House Book. Ecological Building Design & Materials*, Centre for Alternative Technology Publications, Machynlleth (2005 139-143).
- Brunskill, R. W. (2000). Forward [In:] Rodney Cousins *Lincolnshire Buildings in the Mud and Stud tradition*, Heritage Trust of Lincolnshire, Sleaford.
- Cousins, R. (2000). *Lincolnshire Buildings in the Mud and Stud Tradition*, Heritage Trust of Lincolnshire, Sleaford.
- Field, N. (1984). Withern Cottage. In N. Field and A. White (eds) *A Prospect of Lincolnshire*. Lincoln pp. 92-5.
- Field, N. (2016). Mainly Mud and Stud [in:] *Vernacular Architecture Group*, Spring Conference 2016: Lincolnshire, (s.n.), Lincoln 2016.
- Fletcher, N. (2016). Bussines Age-Old Skills Brings Uni's Hexagonium Build to Life [in:] *Lincolnshire Echo* 12 2016.
- Glew, D. (2000). Mud-and-Stud Construction: Compliance with modern planning and building regulations. [In:] *Terra 2000 8th International conference on the study and conservation of earthen architecture*. Torquay (England): English Heritage p. 139-143.
- Glew, D. (2012). New Mud-and-Stud Construction in England and the Problem of Thermal Insulation. [In:] *Proceedings of Terra 2012 Terra 2012: XIth International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage* (22-27 April 2012), Pontifical Catholic University of Peru, Lima.
- Houben, H., Guillaud, H. (1994). *Earth Construction: A Comprehensive Guide*, Intermedia Technology Publication: London.
- Minke G. (2006). *Earth Design and Technology of a Sustainable Architecture*, Birkhäuser, Berlin.
- Norberg-Schulz, C. (1980). *Genius Loci, Towards a Phenomenology of Architecture*, Rizzoli, New York.
- Oliver, P. (1987). *Dwellings: The House Across the World*. Phaidon, Oxford.
- Oliver, P. (1997). *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*, Cambridge University Press.
- Robert, D. L. (1974). The Vernacular buildings of Lincolnshire, *Archeological Journal* 131, 1974, 298-308.
- Rudofsky, B. (1964). *Architecture Without Architects a short introduction to non-pedigreed architecture*, MOMA, London.
- Smith, A. (2005). *The Alternative Technology Movement: An Analysis of its Framing and Negotiation of Technology Development*, Human Ecology Review, Vol. 12, No. 2, 105-119.
- Walker, P. et. Al. (2005) *Rammed Earth: Design and construction guidelines*, BRE Bookshop, Blacknell.
- Young, A. (1799). *General View of the Agriculture of the County of Lincolnshire*, Bulmer and Co., London.

Fig. 10 3rd Prize (ex-aequo) Emily Pointon



STRATÉGIES DE RENFORCEMENT DE CAPACITÉS EN AFRIQUE, 1985-2016

AUTEURS

Bakonirina RAKOTOMAMONJY

Thierry JOFFROY

Laboratoire CRAterre, Unité de recherche AE&CC,
École Nationale Supérieure de Grenoble, France

Joseph KING

Directeur de l'Unité Sites à l'ICCROM, Rome, Italie

RÉSUMÉ

En 30 ans, quatre programmes de renforcement des capacités dans la conservation du patrimoine en Afrique subsaharienne ont formé plus de 900 personnes. Ils s'inscrivent dans le cadre de la Convention du patrimoine mondial qui recommande aux États de prendre les mesures juridiques, scientifiques, techniques, administratives et financières adéquates pour la conservation du patrimoine. Il s'agit d'un résultat remarquable mais insuffisant, ne serait-ce qu'en nombre, à l'échelle du continent. Cet article basé sur l'expérience des formateurs, les retours des bénéficiaires et les évaluations des programmes, présente une analyse rétrospective et met en perspective cette dynamique pour proposer des pistes pour une optimisation des efforts de renforcement de capacités.

INTRODUCTION

Au regard du développement rapide des territoires et des changements successifs de systèmes de gouvernance (autorités traditionnelles, colonialisme, état central, décentralisation), la question des capacités pour préserver les patrimoines, majoritairement en terre en Afrique, est un véritable enjeu.

Ces trente dernières années, plusieurs programmes ont été lancés pour répondre à cette question. Cet article s'intéresse essentiellement aux apports des programmes suivants : Prema¹, Africa 2009², Patrimoine culturel et développement local - PC&DL³ et AFRICAP 2016⁴.

Les résultats atteints par ces programmes et les évaluations qui en ont été faites, les présentent comme de véritables succès. Pourtant, dans le rapport périodique pour l'Afrique de 2011, le renforcement de capacité constitue encore un besoin fort (UNESCO, 2011).

Cet article basé sur l'expérience des formateurs, les retours des bénéficiaires et les évaluations des programmes, présente leurs forces et décrypte la stratégie de renforcement de capacité qu'ils sous entendent et qui a été construite dans la complémentarité entre 1985 et 2016, pour répondre à une question clé : quelles sont les compétences nécessaires et les stratégies les plus efficaces pour renforcer les capacités dans la conservation du patrimoine ?

L'article se base sur deux études de cas : les biens inscrits sur la liste du Patrimoine mondial d'Abomey au Bénin et de Grand-Bassam en Côte d'Ivoire. Ils illustrent l'évolution chronologique des contenus des formations et la construction d'un réseau d'acteurs et abordent l'opérationnalité des personnes formées.

1. DES PROGRAMMES VARIÉS POUR DES CIBLES DIVERSES

Prema (1985-2000)⁵ : « PRÉvention dans les Musées Africain » a formé près de 500 professionnels des musées et institutions du patrimoine d'Afrique.

¹ Les principaux partenaires de ce programme sont l'ICCROM, l'École du Patrimoine Africain (EPA), la Getty Conservation Institute et le CRAterre

² Les principaux partenaires de ce programme sont l'EPA, le CHDA, l'ICCROM, le CRAterre, l'UNESCO-CPM et les institutions nationales en charge du patrimoine

³ Les principaux partenaires de ce programme sont l'AIMF, le CRAterre et l'EPA

⁴ Les principaux partenaires de ce programme sont le CRAterre, l'AIMF, l'EPA et les villes de Nikki-Bénin, Grand-Bassam- Côte d'Ivoire, et Telimélé- Guinée.

⁵ <http://www.epa-prema.net/index.php/fr/home/historique.html>

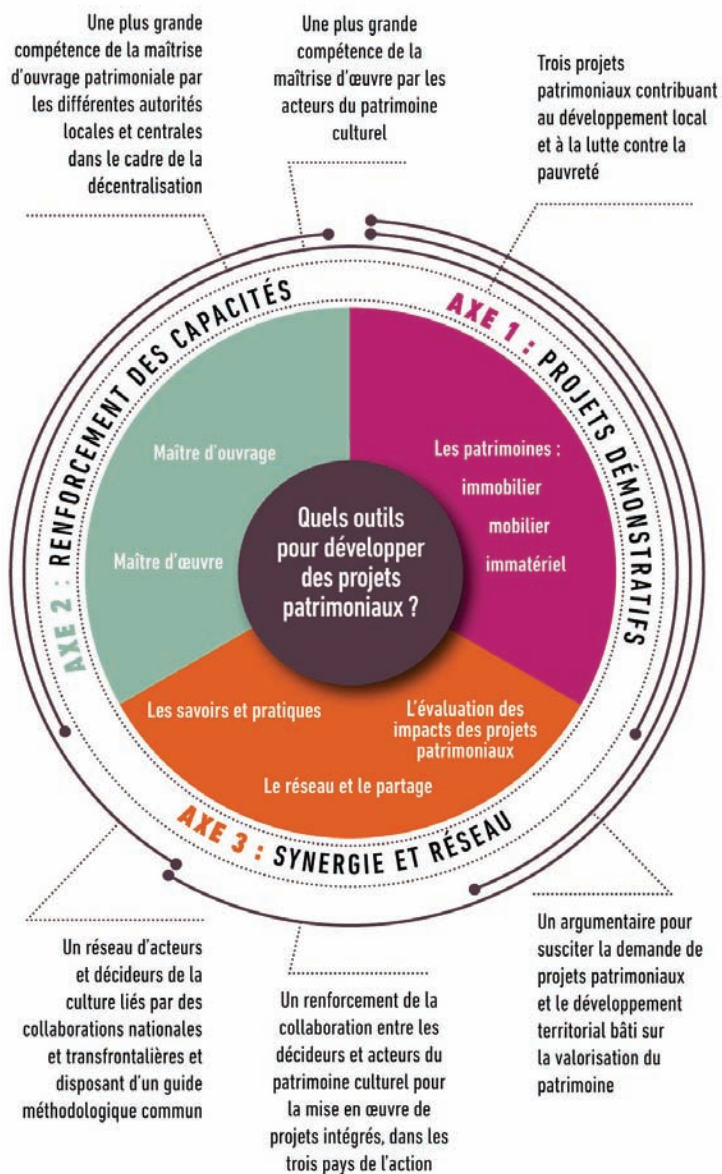


Fig. 1 Principe de formation du programme AfriCAP2016

Africa 2009 (1998-2009)⁶ : En 1995, dans le cadre de la stratégie globale pour l'Afrique, l'UNESCO-CPM lançait les bases d'Africa 2009, un programme sur la gestion et la conservation du patrimoine culturel immobilier d'Afrique Sub-saharienne (Saouma-Forero 2006). Plus de 350 agents des Directions du patrimoine culturel ont bénéficié de ces formations. De plus, de nombreuses actions ont été menées pour sensibiliser les décideurs et communautés locales à l'importance du patrimoine culturel. On peut citer notamment, la participation au Sommet panafricain des collectivités locales (Africités) en 2003, en 2006 et en 2009. A chacune de ces étapes, un pas vers l'incorporation des élus à la cause patrimoniale a été fait, en commençant par une recommandation forte pour que les « autorités locales prennent leur responsabilité par rapport à la promotion, à la défense des patrimoines culturels [...] de leur collectivité territoriale » (Ardesi, 2012), puis par l'élaboration de l'ouvrage « Patrimoine culturel et développement local en Afrique, guide à l'intention des collectivités locales africaine » édité par l'UNESCO et CRAterre (Ardesi, 2006), et enfin le programme PC&DL.

PC&DL (2010-2012)⁷ : Patrimoine culturel et développement local

était un programme triennal de formation à l'attention des autorités locales. Pour le construire, les institutions liées depuis plusieurs décennies (EPA, CRAterre et UNESCO-CPM) se sont alliées à l'Association Internationale de Maires Francophones (AIMF), le réseau des collectivités locales francophones. Ce partenariat a été stratégique pour un élargissement du réseau d'acteurs de la conservation et pour un plus grand impact sur les territoires dans le cadre de la décentralisation.

Africa World Heritage Fund –AWHF (2007 – à ce jour)⁸ : A partir de 2007, AWHF, porté par des leaders d'Africa 2009, a engagé un plaidoyer auprès des ministères de la culture du monde pour soutenir les actions de formation au bénéfice des biens africains inscrits sur la Liste du Patrimoine mondial.

AFRICAP 2016 (2014-2016)⁹ : Il visait le renforcement des synergies et capacités opérationnelles des maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre du patrimoine culturel (immatériel, mobilier et immobilier) d'Afrique francophone, afin de consolider l'apport du patrimoine au développement. Ce programme ambitionnait la formation d'une centaine d'agents des collectivités locales et des institutions nationales en charge du patrimoine. La stratégie de renforcement de capacité de ce programme s'est inspirée fortement de l'évaluation des programmes précédents.

2. L'APPROPRIATION DU PATRIMOINE AFRICAIN PAR LES DIVERS ACTEURS LOCAUX

Un des résultats majeurs d'Africa 2009 est d'avoir réussi à lancer une dynamique d'appropriation du patrimoine par les différents acteurs (Abungu, 2009). En réponse aux recommandations faites lors des diverses évaluations externes d'Africa 2009, ce programme a été sculpté au fur et à mesure, pour véritablement appartenir aux africains. Ceci a été possible d'une part grâce aux orientations que les Directeurs nationaux en charge du patrimoine pouvaient donner au programme à travers les séminaires annuels des Directeurs et leur participation au Comité de pilotage réuni deux fois par an et d'autre part grâce à la prédominance d'intervenants africains dans les formations (Abungu, 2009) (fig. 1).

2.1. UN PREMIER PAS : L'APPROPRIATION DU PATRIMOINE AFRICAIN PAR LES PROFESSIONNELS

En 1996, le Centre du patrimoine mondial de l'UNESCO montait une exposition itinérante intitulée « nouveaux regards sur l'Afrique » pour révéler la richesse du patrimoine africain. Cette exposition venait en réponse au déséquilibre constaté sur la Liste du patrimoine mondial qui faisait apparaître une surreprésentation de l'Europe, de la chrétienté et de l'architecture monumentale. Cette démonstration de la variété du patrimoine a été poursuivie dans le programme Africa 2009, afin que plus de cent cinquante participants concourent à un inventaire, lancé sur dix ans, en identifiant cinq patrimoines de leur pays. Ainsi, « la spécificité du patrimoine africain s'est peu à peu

⁶ http://www.icrom.org/ifrcdn/eng/prog_en/04africa2009_en.shtml

⁷ <http://aimf.asso.fr/Patrimoine-et-developpement-local-Afrique-de-l-Ouest.html>

⁸ <http://awhf.net/>

⁹ <http://www.africap2016.org/>



Fig. 2 Des outils adaptés mis en place dans Africa 2009



Fig. 3 La gestion participative, principe clé des formations Africa 2009

imposée à l'esprit de la chacun » et la notion de paysage culturel a été fortement précisée (Saouma-Forero, 2006). Cela a été un pas décisif pour permettre la conservation d'une variété inédite de patrimoine. Les autorités locales participantes au programme PC&DL ont elles aussi participé en identifiant un patrimoine plus ordinaire, mais tout aussi porteur de développement local.

2.2. ABOMEY, LE PATRIMOINE ORDINAIRE RÉAPPROPRIÉ PAR LES DÉTENTEURS

A travers les divers programmes de formation à Abomey, on est progressivement passé de l'objet muséal aux palais royaux (Prema, 1985-2000), pour enfin s'intéresser aux espaces urbains. Ainsi, en 2006, dans le cadre d'Africa 2009, l'exercice d'élaboration de plan de gestion a porté sur la place des Amazones et le Agobdo, le fossé de fortification d'Abomey et les palais princiers associés. Sortir de l'enceinte des palais royaux, et donc de la zone inscrite sur la Liste du patrimoine mondial a été particulièrement bénéfique à plusieurs égards. Le plan de gestion élaboré sur la place des Amazones, a démontré son intérêt patrimonial et permis son inclusion dans la zone patrimoine mondial en 2007. Aussi, ce travail a motivé les princes d'Abomey à engager des actions de réhabilitation sur leurs palais.

2.3. ABOMEY, UN ENGAGEMENT DES AUTORITÉS LOCALES

En intervenant sur l'espace public et le patrimoine de la ville d'Abomey, l'attention du Maire de la ville M. A. Glélé, Maire d'Abomey de 2003 à 2011, a été captivée. Celui-ci, enthousiasmé par ce potentiel de développement, a collaboré aux travaux de restauration des palais princiers ainsi qu'à la réhabilitation de sites et espaces publics emblématiques. En 2007, l'engagement du Maire s'est étendu au-delà de sa commune lorsque qu'il a soutenu la mutation de l'Office du tourisme d'une structure intercommunale en structure régionale – cas rare au Bénin.

3. UN MATÉRIEL PÉDAGOGIQUE ADAPTÉ AUX RÉALITÉS LOCALES

Cette appropriation par les acteurs (experts, participants, membres de la communauté et partenaires techniques) a permis d'élaborer un important matériel pédagogique « adaptés aux réalités locales, du point de vue institutionnel, social, technique et financier » (Rakotomamonjy, 2010). Ces supports étaient nécessaires pour compléter des notions théoriques de conservation euro centrées (Saouma-Forero, 2006). Cet article en relève quelques un.

3.1. LA CONSERVATION PRÉVENTIVE APPLIQUÉE AU BÂTI

En Afrique, peut-être plus qu'ailleurs, considérant les moyens alloués au patrimoine, la notion de « conservation préventive » est primor-

diale. Elle est appliquée en Afrique à Abomey, en 1994, dans le cadre du volet architecture de Prema-Abomey II (Joffroy, 1997) et sera enseignée dans les autres programmes précités.

3.2. LES CIRCONSTANCES ET PROCESSUS DE DÉGRADATION

Ce concept qui insiste sur la question de bien comprendre avant d'intervenir, a permis d'étayer les bases d'une meilleure gestion du patrimoine africain (Joffroy, 1997). En analysant finement et au-delà de la technique, les circonstances de dégradation, on a pu mieux comprendre le rôle des différents acteurs dans la destruction et préservation du patrimoine. Ces notions sont essentielles dans le contexte africain où les communautés locales et autorités traditionnelles sont aussi essentielles que les experts de la conservation (WHC-Unesco, 2011) (fig. 2).

3.3. LES PRATIQUES TRADITIONNELLES DE CONSERVATION

Les projets et recherches menés dans le cadre d'Africa 2009 ont mis en évidence l'importance des pratiques traditionnelles de conservation en Afrique. Deux catégories principales se dégagent : les valeurs spirituelles qui visent à protéger les sites et les pratiques techniques qui se réfèrent à l'entretien et aux actions de conservation. Les deux sont liées à des organisations sociales spécifiques. La reconnaissance de ces savoirs et de ces structures sociales a permis de former les professionnels afin qu'ils les intègrent dans le développement de stratégies de conservation (Joffroy, 2005) (fig. 3).

3.4. LA GESTION PARTICIPATIVE

Durant Africa 2009, « les experts n'ont eu cesse de démontrer que la conservation devait être envisagée sous un jour nouveau, [...] en résolvant les problèmes de gestion avec les personnes qui avaient assuré la conservation des biens jusqu'alors » (Saouma-Forero, 2006). Ainsi, les outils de gestion participative ont été affinés pour permettre une intégration effective de ces acteurs. Plusieurs réunions de parties prenantes étaient délibérément faites en langue locale et sous l'arbre à palabre.

3.5. LA GESTION FINANCIÈRE

Le volet architecture du programme Prema-Abomey II, comprend des activités classiques tels que le diagnostic, le plan d'urgence, la formation des artisans etc. Parmi, ces activités, on retrouve un module intitulé « dispositions diverses » qui aborde une notion clé, pourtant rarement traitée : l'élaboration d'un budget annuel pour l'entretien des bâtiments (Joffroy, 1997). Intégrer ce type d'enseignement est indispensable pour une véritable opérationnalité. Il sera systématiquement repris dans le programme Africa 2009 et PC&DL (Ardesi, 2012).

4. UN RÉSEAU D'ACTEURS

Être formé avec des connaissances adaptées aux réalités locales est indispensable. Mais il est tout aussi important d'avoir des relais dans son environnement, comme l'illustre le cas de la ville historique de Grand-Bassam en Côte d'Ivoire, site inscrit sur la Liste du patrimoine mondial.

4.1. AFRICA 2009, LA CONSTITUTION D'UN RÉSEAU DE PROFESSIONNELS DU PATRIMOINE

À travers le programme Africa 2009, il a été possible de former des acteurs majeurs de la conservation du patrimoine en Côte d'Ivoire. Trois des personnes formées à la gestion du patrimoine en 2000 sont devenues respectivement Directeur du patrimoine culturel (2008) ; agent au bureau national de l'UNESCO (2010) et Directeur de la Maison du Patrimoine et de la Culture (2012) institution chargée de la ville historique de Grand-Bassam¹⁰.

4.2. LES AUTORITÉS LOCALES AUX CÔTÉS DES PROFESSIONNELS DE LA CONSERVATION

Le programme Africa 2009, qui comportait un volet sur la sensibilisation des professionnels, décideurs et membres de la communauté a joué un rôle important pour qu'ils aient une meilleure perception du patrimoine (Abungu, 2009). Mais c'est à travers des actions concrètes qu'il a été véritablement possible de convaincre les acteurs politiques. A l'occasion du Sommet Africité de 2003, le feu Député-Maire de Grand-Bassam, J.M. Moulod fut interpellé par l'intérêt que portait L. Assomo Eloundou, alors coordinateur pédagogique du programme Africa 2009, à la ville historique de Grand-Bassam. Elle détenait selon lui un véritable potentiel pour être inscrite sur la Liste du Patrimoine mondial. Convaincu, le Maire s'est engagé dans nombreuses initiatives de 2003 à 2011 et a su convaincre des Ministères plus enclins à valoriser des architectures dites locales que le patrimoine dit colonial de sa ville. Ce portage politique a été clé en Côte d'Ivoire, mais également au-delà de ses frontières, auprès d'autres élus.

4.3. UN RÉSEAU INTERNATIONAL

Africa 2009 a créé une grande famille de professionnels africains souvent en lien avec les Ministères de la Culture. Le programme PC&DL et le programme AfriCAP2016 ont élargi cette famille aux élus locaux. AWHF a joué une part substantielle pour engager les gouvernements centraux. Ces pas ont été importants pour continuer comme le recommandait Abungu à la fin d'Africa 2009, « le dialogue au niveau local et régional afin de poursuivre la stratégie de lobbying auprès des décideurs » (Abungu, 2009).

5. METTRE EN ŒUVRE LES COMPÉTENCES ACQUISES ET POURSUIVRE LES ACTIONS DE FORMATION

Malgré l'ensemble de ces résultats, les actions de renforcement de capacités doivent être poursuivies pour approfondir les connaissances et former de nouvelles générations. Pour ce faire, une réflexion



Fig. 4 Sensibilisation des autorités traditionnelles, Kenya. Africa 2009

sur les organismes, les stratégies et la question des financements des formations doit être engagée.

5.1 LES INSTITUTIONS RÉGIONALES DE FORMATION, UN ANCRAGE LOCAL NÉCESSAIRE

Prema a été l'occasion de mettre en place l'organisation nécessaire pour que les formations se tiennent désormais en Afrique en posant les bases des institutions régionales clés telles que l'École du patrimoine africain (EPA) et le Centre for Heritage Development (CHDA) (Saouma-Forero, 2006). Ces relais locaux ont été essentiels pour accompagner la mise en œuvre des programmes de formation, assurer que les outils et les calendriers soient adaptés aux réalités locales et diffuser sur le long terme les résultats. Aussi, comme le recommandaient les évaluations externes, cela a permis de réduire les coûts de coordination générale du programme Africa 2009, géré en partie par des institutions basées en Europe, (Kamuhangire, 2001 ; Pwiti, 2005). Depuis 1985, soutenir ces institutions a été régulièrement inclus comme un des objectifs des divers programmes pré-cités.

5.2. LA STRATÉGIE DE FINANCEMENT DES FORMATIONS SUR LE PATRIMOINE

Le programme Africa 2009 était très compétitif en termes de coût. Les formations régionales revenaient à environ 105 € / jour par participant. Inclus, les frais de gestion du programme et les cours techniques revenaient à 220 € / jour, alors que les cours de gestion du patrimoine de l'Union Européenne revenaient, en 2001, à environ à 230 € / jour et les cours nationaux en Europe entre 140 et 320 € / jour (Kamuhangire, 2001 ; Pwiti, 2005). Ce résultat d'Africa 2009 est dû essentiellement au fait que les formations étaient dispensées par des professionnels locaux.

La compétitivité financière d'Africa 2009, se voit décuplée lorsqu'on considère que ces formations avaient toujours une part conséquente d'application sur le terrain et que, de ce fait, elles visaient un double objectif : le renforcement de capacités et des résultats concrets sur le terrain (fig. 4, 5 et 6).

Ce modèle a été repris par le programme AfriCAP2016, pour sa pertinence dans le contexte africain où le financement des actions patrimoniales fait très souvent défaut. C'est dans ce même esprit que les actions patrimoniales d'AfriCAP2016 ont été exécutées avec des budgets réduits pour habituer les participants à travailler avec des moyens limités et des ressources locales.

¹⁰ Bile Koffi Yapo : Directeur du patrimoine culturel, Maimouna Camara : agent au bureau national de l'UNESCO et Sylvain Tiegbe Kouadio : Directeur de la Maison du Patrimoine et de la Culture.



Fig. 5 Action sur le terrain dans le cadre de la formation. Africa 2009



Fig. 6 Action sur le terrain dans le cadre de la formation. AfriCAP2016

5.3. DE LA FORMATION À L'OPÉRATIONNALITÉ, QUEL ACCOMPAGNEMENT ?

Suite au processus d'inscription sur la Liste du Patrimoine mondial de la ville historique de Grand-Bassam, le Comité du Patrimoine mondial a émis plusieurs recommandations. Pourvoir à certaines de ces exigences est une véritable entreprise. La structure chargée de la gestion de la ville historique ne dispose pas d'architecte ni d'urbaniste et ses moyens financiers sont limités. Les programmes de renforcement de capacité peuvent constituer des pistes pour trouver des réponses adaptées. C'est ainsi qu'en 2011, dans le cadre du programme PC&DL, un séminaire régional a réuni une vingtaine d'autorités nationales et locales pour esquisser une réponse à la recommandation portant sur le manque de stratégie claire de gestion entre autorités centrales, locales et traditionnelles. Le programme AfriCAP2016, à travers des exercices, a travaillé sur la prévention des menaces, les outils d'information et de sensibilisation, la vulgarisation des textes de lois relatifs aux prescriptions architecturales pour les constructions et des réhabilitations sur le site, etc... Il s'agit d'activités du plan de gestion 2012-2017 pour le site qui, au regard des moyens alloués à la structure, peinaient à être mises en œuvre. Il s'agit également d'autant d'outils indispensables pour que les structures locales puissent agir en autonomie.

5.4. L'EFFET PAPILLON

L'expérience à Grand-Bassam, a été mise à profit à travers le programme AfriCAP2016 en le proposant comme cas d'étude et d'application. C'est ainsi qu'une trentaine d'autorités centrales, locales et agents du patrimoine provenant de sept pays ont participé à des formations sur la thématique de la gestion des constructions et réhabilitation des villes historiques. Parmi les villes représentées, on a compté six villes historiques inscrites sur la Liste du patrimoine mondial (Tombouctou, Djenné, Saint-Louis, Bandiagara, Abomey, Grand-Bassam) et deux capitales (Porto-Novo et Dakar). Ces professionnels ont à la fois appris et contribué à la mise en place d'outils, en apportant leurs expertises respectives. Au regard des évaluations post formation, l'ensemble des participants a été stupéfait par la productivité du groupe de participants / enseignants pluridisciplinaires œuvrant, le court temps d'une formation, à construire un meilleur environnement pour la gestion de cette ville historique (Gandreau, 2016).

CONCLUSIONS

Les études de cas d'Abomey et Grand-Bassam semblent confirmer que, pour avoir un véritable impact sur le patrimoine, il est fondamental

que l'ensemble des acteurs locaux s'outille, qu'une synergie entre eux s'opère et qu'enfin les plateformes de renforcement de capacités soient utilisées pour agir sur le patrimoine. Ce schéma est celui qu'a adopté le programme AfriCAP2016 pour le renforcement des capacités.

De manière générale, ces années nous enseignent qu'il est nécessaire :

- à travers la co-construction, de créer un sentiment d'appartenance, véritable moteur pour mobiliser les énergies ;
- d'adopter une approche holistique, pluridisciplinaire et multi acteurs ;
- de s'inscrire dans la durée ;
- d'assurer l'existence et la stabilité des institutions locales de formation ;
- de mener des formations in situ afin que les contenus soient contextualisés et adaptés, que les divers acteurs soient impliqués et que des actions concrètes soient faites sur le terrain, pour démontrer l'intérêt de la conservation du patrimoine.

Enfin, il faut reconnaître que le chemin est encore long, et que ces « success stories » sont pour l'instant des exceptions, qu'il faudrait multiplier.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abungu, G., Sovoessi, J. (2009). *Africa 2009, Needs assesment*. ICCROM.
- Ardesi, A. et al. (2006). *Guide à l'attention des collectivités locales africaines, patrimoine culturel et développement local*. Grenoble. CRATerre – ENSAG / Convention France UNESCO.
- Ardesi, A., Rakotomamonjy, B., (2012). *Rapport final du programme Patrimoine Culturel et développement local*. AIMF.
- Ardesi, A., Rakotomamonjy, B., Robert, E., et al. (2012). *Patrimoine culturel et enjeux territoriaux en Afrique francophone: appui aux politiques locales* [En ligne]. Paris : Union Européenne, AIMF, 2012. 118 p.
- Gandreau, D., Rakotomamonjy, B., (2016). *Rapport final du programme AfriCAP2016*. CRATerre edition.
- Joffroy, T. (1997). *Passé, présent et futur des palais et sites royaux d'Abomey. Actions des cinq dernières années : volet « architecture » du projet PREMA-Bénin II, 1995-1997*. The Getty Conservation Institute.
- Joffroy, T. (2005). *Pratiques traditionnelles de conservation*. ICCROM.
- Kamuhangire, E., Hoberg, B., Claussen J. (2001). *Review of Africa 200, final report*, 15 october 2001. Sida
- Pwiti G., Claussen, J. (2005). *Review of Africa 2009- phase II, final report*, 20 october 2005 Sida
- Rakotomamonjy, B. (2010). *Africa 2009, conservation of immovable cultural heritage in sub-saharan Africa. Final results*. CRATerre edition.
- Saouma-Forero, G. (2006). *Afrique : les succès d'un continent. Africa 2009 : l'histoire d'une prise de pouvoir*. Museum International n°229/ 230.
- Saouma-Forero, G. (2010). *10 ans d'expérience de terrain, Projet situé*. Préface, CRATerre.
- UNESCO-WHC (2011). *Report on the Second Cycle of Periodic Reporting in the Africa region*.

EDUCATION IN SUSTAINABLE EARTH BUILDING – EXPERIENCES OF THE DACHVERBAND LEHM E. V. (DVL), GERMANY IN NATIONAL AND INTERNATIONAL CO-OPERATION

AUTHORS

Horst SCHROEDER

Manfred LEMKE

Dachverband Lehm e.V. DVL, Weimar, Germany

SUMMARY

This paper analyses current activities in the field of education in earth building in Germany in particular those of the Dachverband Lehm e.V. (DVL), the German national association of earth builders. This paper begins by identifying the different target groups and the differing kinds of information they require. For each of these target groups, possible forms of courses and training are described. Finally, the paper provides an outlook of priority areas of activity in the development of education programmes for earth building in Germany and in other countries.

1. EARTH BUILDING AND EDUCATION IN GERMANY – HISTORICAL CONTEXT

During the Second World War millions of houses were destroyed and millions of people made homeless and without shelter. The demand for new residential accommodation after the war to house the millions of refugees and homeless people was therefore very large. At the same time, the manufacturing industries had been completely destroyed and the only building materials available were those that could be locally sourced. For a short while earth became a significant building material. However, knowledge about how to use earth for building purposes had been largely lost during the war. The authorities, particularly in the eastern part of Germany, recognised a need to develop activities in the field of education in earth building and a series of State Schools for Earth Building called *Landeslehm-
bauschulen* were founded in several Federal states in Germany.

The school in the state of Thuringia was founded in 1947 by Hermann Henselmann, the first post-war rector of the University of Building and Fine Arts in Weimar, which later became the Bauhaus University. The school was led by the department of rural building and settlements at the university. The practical training of the apprentices was provided by foremen skilled in masonry and brick-laying (Schulze, 1993). Theoretical teaching and practical instruction were therefore closely related and attuned to one another. An Earth Building Primer, the *Lehm-
baufibel*, was issued by the depart-

ment and served as a reference book on building with earth at the time (Miller et al., 1947). In 1951 the first DIN standard on building with earth (DIN 18951, 1951) was issued.

In the 1980s, new initiatives reviving the use of earth for building purposes began to surface in East and West Germany. At the same time a gradual shift in the criteria for selecting building materials came about with ecological requirements becoming increasingly important. Renewable, environmentally-sound and healthy building materials and construction methods were gaining in significance. This marked the beginning of a “renaissance” in earth building that continues to the present day.

In a situation similar to that after the war, the available practical skills and theoretical knowledge of building with earth were practically non-existent: most first-hand knowledge had been lost because a whole generation of craftsmen and architects had received no instruction in building with earth. The pioneers of the renaissance of earth building technology had to draw on information and documentation drawn up more than 30 years before. Step by step they applied the knowledge of the post-war generation to the contemporary technological context.

This could not have been achieved by a few individuals and in 1992 the German national association of earth builders – the Dachverband Lehm e.V. (DVL) – was founded to support all activities in the field of building with earth including education in Germany. Today the DVL comprises more than 300 members from a wide variety of professional backgrounds. The spectrum of occupations ranges from architects, planners, firms specialising in earth construction and those producing and trading earth building materials as well as ecologically orientated associations.

In 2005, the DVL started a course “Specialist in earth building” for craftsmen in building professionals in co-operation with the German Chambers of Trade. During the past decade, about 250 professionals graduated this course successfully with a certificate.

2. EDUCATION AND EARTH BUILDING IN GERMANY – PRESENT SITUATION

Today we can identify different target groups that require specific information about building with earth and their different curricula (table 1, Schroeder, 2016).

	Professional	Academic
Initial vocational and undergraduate training	Apprentices of building trades	Students of architecture and civil engineering
Advanced, continuing education	Building tradesmen	Architects, planners, civil engineers

Table 1 Target groups for activities in earth building education

2.1. INITIAL VOCATIONAL TRAINING FOR THE BUILDING TRADES

In Germany, the target group “apprentices of building trades” receive initial vocational training in professional schools and training colleges according to a specific curriculum which runs for a duration of two, sometimes three years. After completing their basic education, the apprentices receive a professional designation issued by the local Chamber of Trades and Crafts.

At the moment only very few professional schools offer specific teaching modules in earth building and they do not share a common coordinated curriculum. The most effective way to promote the culture of building with earth is to “plant the seed” and introduce the subject at the very beginning of professional development as part of initial vocational training.

The DVL has therefore initiated a pilot project in cooperation with the Knobelsdorff Training College in Berlin. The aim of this project is to develop a *basic education module “Building with earth”* that can serve as a model for all professional schools and training colleges in Germany. This module will be offered to apprentices in their final year of professional training as an optional module. The module comprises approx. 40 hours and provide apprentices with a foundation in earth building.

Currently, first steps are being taken to make vocational training within the European Union more “mobile” and transparent in order



Fig.1 DVL Certificate “Specialist for Building with Earth”

to promote the mobility of apprentices and to ensure that the learning outcomes achieved abroad are mutually recognized in the apprentices’ home countries. For this purpose, a credit point system is being developed for the initial vocational training phase - the *European Credit System for Vocational Education and Training ECVET*.

The basis of this system is the common “European Qualifications Framework for Lifelong Learning (EQR)” which is expected to link the qualification systems of different countries and serve as a “translation device” (EC, 2008). This framework consists of eight levels with defined descriptors. They are used to qualify the learning outcomes required for each level in order to attain the knowledge, skills and competences in all qualification systems. Levels 1 to 5 cover the area of vocational training. From a German perspective, levels 4 and 5 more or less correspond to the professional qualifications of “journeyman” and “master”.

2.2. ADVANCED TRAINING FOR THE BUILDING TRADES

The target group “building tradesmen” comprises a number of traditional building professions such as masons, bricklayers, carpenters, plasterers and painters. At present there is no specific professional designation for “earth builders”. In Germany these professions are registered with the local Chamber of Trades and Crafts. The designations of these professions have a long tradition reaching back hundreds of years.



Fig.2 Practical work on site

In previous decades, building with earth was only rarely or not touched upon in the basic professional training of “building tradesmen”. As awareness of using earth in restoration or new building projects grew, they began to look for ways of filling the gaps in their knowledge and sought information at a professional level.

In a pilot project undertaken from 1999 to 2001 together with the Environmental Centre for Crafts and Trade in Rudolstadt, Thuringia, and funded by the Thuringian Ministry for Economic Affairs and Infrastructure, the DVL developed a vocational training programme with a view to increasing professional know-how and acceptance in the building sector. It enables participants from related vocational backgrounds to acquire the qualification of a “*Specialist for Building with Earth*”. The certificate is recognised throughout Germany (fig. 1). It is also of interest to those who have already been working in the field of earthen architecture but without formal vocational qualifications and who wish to improve their professional standing in dealings with clients and public authorities. Successful course participants are entitled to hold the title “DVL Earthen Builder” denoted by a special seal.

The approach of the course is to provide the participants with special information about building with earth which is necessary for building professionals today. The course programme summarises information about the most commonly used earth building materials and earth building techniques for traditional as well as modern earth building in Germany. The course contents conform to the stipulations of the *Lehmbau Regeln* (Dachverband Lehm e.V., 2009), the German standards for Building with Earth, also issued by the DVL and the DIN 18945 – 47, issued by the DIN, the German national standards body. These standards and norms serve as the statutory basis for building with earth in Germany in general. Professional education or qualifications in this field would not make sense without such documents. The course is led by qualified members of the DVL and supervised and invigilated by the Chamber of Trades and Crafts. The course involves theoretical sessions as well as active teaching practice such as the hands-on use of materials and practical application (fig. 2). The course programme encompasses 140 hours which are divided into 6 modules. The course is accompanied by a handbook for the participants (Dachverband Lehm e. V., 2012). This handbook contains background information about the different modules.

The course is finished by an examination consisting of a written part and a small project on site testing the practical skills of the individual course participant. The examination procedure is defined by the

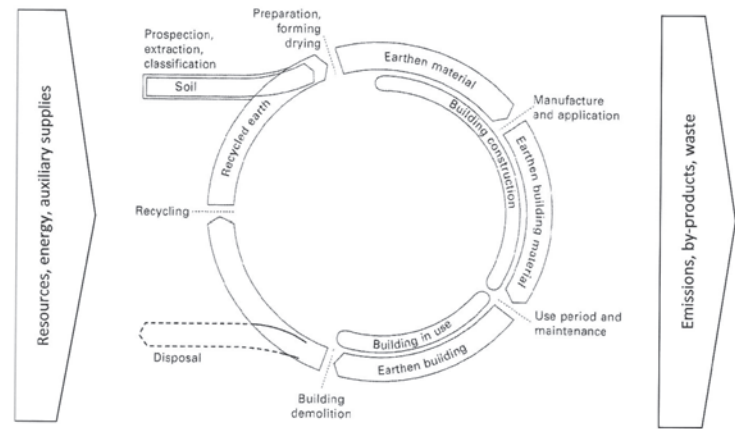


Fig.3 Model of the life cycle assessment of earthen materials LCA

Chamber of Trade hosting the course in the Examination Regulations. The Regulation defines the aim of the examination, the course programme, admittance requirements for the course and the examination grades that must be attained to be awarded the certificate “Specialist for Earth Building”. To obtain the certificate, a course participant has to pass all parts of the course with a minimum grade of “sufficient”.

Since 2005 the course has become self-financing, i.e. it is financed only through the participation fees. It takes place once, occasionally twice per year in cooperation with the Chambers of Trades and Crafts in Ulm, Koblenz and Düsseldorf. Between 2005 and 2015 approximately 250 participants have successfully completed the course. Over the years we have received numerous requests from other countries. As a result, the “Building with Earth” course was given in English for the first time in September 2010 with the same course programme and accompanied by an English version of the handbook.

2.3. UNDERGRADUATE ACADEMIC TRAINING FOR ARCHITECTS, CIVIL ENGINEERS, AND PLANNERS

A number of universities and academic institutes around the world do already offer courses on building with earth. These offers can be classified into three types:

1. “Earth building” as a part or chapter of a “main” special branch such as building materials, ecological building, restoration of monuments etc.
2. “Earth building” as an individual special elective of a general curriculum for architects, civil engineers or planners.
3. “Earth building” as an individual Master course with a corresponding degree (Master of Arts M.A, Master of Science MSc. etc.).

At the moment, German universities offer only a comparatively small number of courses on “Building with earth”. Most of them can be classified as type 1 or 2. They are typically part of a *consecutive* Bachelor or Master course: concerning the contents there is coherence between the Bachelor and the Master courses. Each university or faculty decides individually whether or how they are integrated into the respective curriculum. At the moment, there are no specific Master courses on earth building (type 3) at German universities. Type 3 curricula require approval from the appropriate Ministry of Education.

A “type 2 course” was developed at the Bauhaus University Weimar for Diploma / Master courses in architecture and civil engineering. The main idea of this course is to develop a general understanding of earth building as an individual discipline similar to other conven-

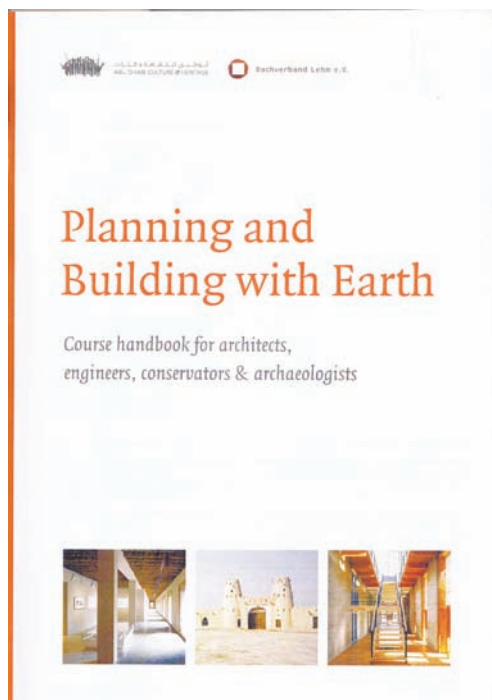


Fig.4 Course handbook "Planning and Building with Earth" ADACH, Abu Dhabi

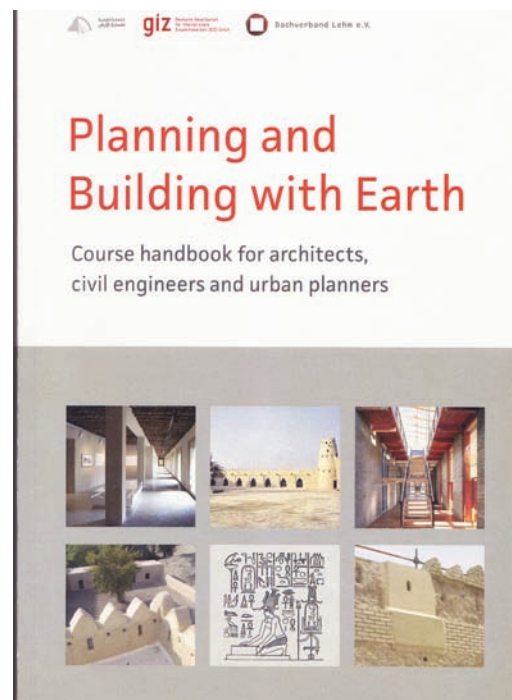


Fig.6 EECA course Cairo

tional building techniques such as building with concrete, brickwork etc. The course shows that the field of "earth building" can draw on the same theoretical basis as some of the other disciplines such as soil mechanics and building physics. But other aspects cannot be transferred from other disciplines and require specific solutions for earth building materials and constructions such as mechanical behaviour, thermal and hygroscopic parameters.

The course unifies all aspects of building with earth in one theoretical model: the *Life Cycle Assessment* of building materials (Schroeder, 2016). This model describes and evaluates all phases over the life cycle of an earth building construction by comparing the resources they require and their environmental impact: the identification and preparation of suitable soils, the production of earth building materials, their processing to building constructions, their maintenance, repair and conservation and finally their demolition and removal at the end of their useful lifetime. The cycle is closed "ideally" when the materials of the demolished constructions can be recycled as building materials and there is no disposal. Today this model is the basic principle of ecological building. Figure 3 shows the life cycle assessment of earth as a building material.

In the past few years an increasing number of universities and academic institutes have organised international conferences on building with earth. Until now, there is little focussed information on these activities. Similarly, there is little harmonisation with regard to the timing of such conferences. Here too, the DVL has taken the initiative to fill this gap in the provision of information. In order to promote knowledge and information transfer about activities in

Fig.5 Course handbook "Planning and Building with Earth" EECA, Cairo



the field of earth architecture at an academic level, the DVL set up a *networking platform* entitled "*uni-terra*" (www.uni-terra.org), open to all university-level establishments and institutes offering courses on and/or research, PhD theses etc. on building with earth.

At the first time, the Dachverband Lehm e. V. (DVL) has initiated a call of applications for the DVL Earth Building Award (Lehmbau Preis) 2016. Master thesis' of faculties of architecture and civil engineers are invited for submission (www.dachverband-lehm.de). The winners of the contest will be awarded at the LEHM 2016, the 7th International Conference on Building with Earth, in November 2016 Weimar, Germany.

2.4. CONTINUING EDUCATION FOR ARCHITECTS, CIVIL ENGINEERS, AND PLANNERS

In Germany, architects, civil engineers and planners are registered with the respective national / local chamber of architects or engineers. They are required to keep their professional skills and knowledge up to date by undertaking continuing professional development. This is assessed by the respective chamber. During their studies at universities most of architects and civil engineers received little to no information on building with earth. Postgraduate courses on earth building are, therefore, a suitable measure to fill this gap.

Postgraduate courses can be offered by the chambers or in cooperation with other organisations such as industrial sectors or universities. Many universities have established specialised departments for postgradual qualification. These offer courses only for graduates. The course types are similar to types 1 and 2 as described for the target group "Academics / undergraduate".

The DVL has elaborated curricula for a course "Planning and Building with Earth" (type 2) for the Abu Dhabi Authority for Culture and Heritage (ADACH) and the Egyptian Earth Construction Association (EECA). The courses are specifically directed towards architects, engineers, archaeologists and conservators and special course handbooks were also produced for the course participants (Dachverband Lehm e. V., 2009a and 2013). Courses were carried

out in March 2011 in Al Ain, Abu Dhabi (fig. 4) and in January 2014 in Cairo (fig. 5-6).

3. EARTH BUILDING AND EDUCATION – FUTURE OUTLOOK

Building with earth is a part of the entire building branch. Currently, the German building sector had a total volume of about 250 billion Euros. Of this, the earth building industry accounts for around 35 million Euros – about 0.1% of the total volume of the building sector in Germany. While this may seem very small, the annual rate of growth was more than 10 % at a time when the growth of the remaining building sector is stagnating (Schroeder, 2015). The earth building sector in Germany comprises the preparation of suitable soils, the production of earth building materials, their processing to earth building constructions, their maintenance, repair and conservation as well as demolition and recycling. All these steps require standardised solutions.

The requirement for education offerings in the field of building with earth depends on their need in building practice. In order to create a need for earth building materials in building practice, building tradesmen and architects and engineers with appropriate skills and theoretical knowledge must be available. They have to be able to advise potential clients on the use of earth building materials in constructions. All partners in the building process – producers, tradesmen, planners and clients – also need to have a clear legal standing. Without earth building standards, the possibility of building with earth is very restricted or even impossible. In Germany, the earth building branch is recognised as a distinct branch by the State Building Authorities on the basis of earth building standards developed by the DVL (Dachverband Lehm e. V., 2009) and DIN norms issued by the German national standards body.

Based on the experience in Germany, the following general recommendations can be made with a view to developing sustainable activities in the field of education in earth building:

1. A careful analysis of different target groups requiring education in earth building is necessary (see table 1). Courses for architects communicate different information to those for tradesmen or lay-people. Each curriculum should have a logical structure and also address regional problems. The courses should consist of different types of training methods including active teaching with experiments, hands-on use of materials, and practical application on site as well as theoretical lectures and case studies in the form of lectures and excursions.
2. Education offerings in the field of earth building for professional as well as academic graduates should be developed by appropriate organisations such as the national earth building organisations in cooperation with the appropriate state bodies which are responsible for awarding the certificates. The resulting qualification or certification needs to be of a recognisably high standard, ideally conferring the ability to register with the Chamber of Trade or to set up a business of one's own etc.
3. The teaching staff for the courses must be highly qualified and have appropriate experience in practical skills, theoretical knowledge and pedagogic background. The technical infrastructure of the course centre and the course organisation including the examination procedure must be of a high level.
4. To be sustainable, earth building courses need to have a solid financial basis, ideally covered by participation fees alone. External financial support by funding organisations is helpful but should be limited only during the implementation phase. Undergraduate and postgraduate education is a “free market” and “consumers” will compare different offerings.
5. Educational offerings for earth building must be announced in appropriate media such as websites, national / international earth building conferences etc. To be used effectively, they need to be offered at fixed dates in the calendar. Similarly, the actual demand for education offerings also needs to be analysed very carefully. An excess of courses can saturate the market place and endanger the financial viability of all courses that may no longer be able to attract sufficient numbers to sustain their course.
6. A programme of postgraduate events for successful course participants should be organised such as annual meetings, internet platforms with special access etc. These events allow course organisers to acquire feedback from building practice. The postgraduates can be kept informed about recent developments in earth building standards, earth building materials and technologies.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- Schulze, B. (1993). *Contributions of the University of Building and Fine Arts / of Architecture and Civil Engineering to the development of earth building in Thuringia 1946 – 1956 (Beiträge der Hochschule für Baukunst und bildende Künste / Hochschule für Architektur und Bauwesen zur Entwicklung des Lehmbaus in Thüringen 1946 – 1956)*. Weimar University of Architecture and Civil Engineering, Faculty of Civil Eng., Study works unpublished, Weimar.
- Miller, T., Grigutsch, E., Schulze, K.W. (1947). *Lehmhaufibel (Earth Building Primer)*. Research group of the University of Weimar, vol. 3, Weimar.
- DIN 18951 Lehmbauten (Constructions of Earth), Part 1: Vorschriften für die Ausführung (Instructions for building) (01/1951), Part 2: Erläuterungen (Explanations) (01/1951).
- Schroeder, H. (2016). *Sustainable Building with earth*. Springer International Publishing, Cham Heidelberg New York Dordrecht London.
- Europäische Kommission (Ed.)(2008). *Der Europäische Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen (EQF)*. Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg.
- FAL e.V. (Ed.)(2009) *Handbuch ECVET Lehm bau*, Ganzlin MVP. (www.earthbuilding.eu).
- Dachverband Lehm e.V. (Ed.)(2009). *Lehm bau Regeln - Begriffe, Baustoffe, Bauteile*. Vieweg + Teubner | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 3rd revised edition.
- Dachverband Lehm e. V. (Ed.)(2012). *Kurslehrbuch Fachkraft Lehm bau*, Weimar.
- Dachverband Lehm e. V., Abu Dhabi Authority for Culture & Heritage (Ed.) (2009a). *Planning and Building with Earth – Course handbook for architects, engineers, conservators & archaeologists*. Weimar, unpublished.
- Dachverband Lehm e. V., Egyptian earth construction association (Ed.) (2013). *Planning and Building with Earth – Course handbook for architects, civil engineers and urban planners*. Weimar, unpublished.

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA LA VIVIENDA ALTO-ANDINA

AUTORES

Sofía RODRÍGUEZ-LARRAÍN

Silvia ONNIS

Julio VARGAS-NEUMANN

Departamento de Ingeniería, Pontificia
Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

RESUMEN

En las regiones alto-andinas del Perú, pobreza extrema y dispersión generan una población rural altamente vulnerable expuesta a fenómenos climáticos extremos. Aproximadamente el 35 % del parque habitacional rural, presenta un 'déficit habitacional' por falta de calidad (INEI 2007). En este marco, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología convoca a la Academia a investigar propuestas que aporten soluciones de mejoras del hábitat replicables y sostenibles.

Un equipo interdisciplinar del Centro de Investigación de la Arquitectura y la Ciudad de la Pontificia Universidad Católica del Perú, especializado en temas de hábitat rural, construcción vernácula, control térmico y sismo-resistencia, organizado por Centro Tierra, está desarrollando la investigación 'Transferencia tecnológica para la mejora de la salud, confort térmico y seguridad (gestión de riesgos) en la vivienda de zonas de clima frío intertropical de altura, aplicada al hábitat alto-andino de la región Puno (2014-2015)' con el apoyo del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

La investigación incluye el mejoramiento de viviendas existentes utilizando técnicas tradicionales y materiales locales asociados a la aplicación de investigaciones previas realizadas en la PUCP, la transferencia de conocimientos a partir de la formación de 'Promotores Técnicos en Vivienda Rural Segura y Saludable' y la aplicación a la construcción de modelos nuevos con la validación de los objetivos del proyecto.

INTRODUCCIÓN

Los factores de seguridad y confort son elementos que determinan la calidad del hábitat y que influyen en el bienestar cultural y social de sus ocupantes. La pobreza y la extrema pobreza, unidas a la dispersión, generan una población rural altamente vulnerable frente a los cambios climáticos que producen fenómenos extremos como las heladas, siendo las localidades alto-andinas por encima de los 3,800 metros de altitud, las más perjudicadas. Más de 650,000 viviendas presentan deficiencias de calidad y/o acceso a servicios básicos (agua potable, desagüe y electricidad) (Ibid). Estas condiciones incrementan los riesgos de afecciones bronco-pulmonares que generan muertes por neumonía, especialmente en niños y en adultos mayores (Rudan et al., 2008).

Financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, el proyecto presentado busca establecer herramientas de transferencia tecnológica para la mejora de las condiciones de salud y seguridad (gestión de riesgos) en la vivienda de zonas alto-andinas, sostenibles y replicables por los programas nacionales de apoyo al desarrollo del sector rural. El caso de estudio se aplica a una comunidad ganadera

de la provincia de Lampa en la región Puno, situada a una altitud de 4,700 metros en una de las zonas de mayor incidencia de heladas.

Los conceptos a desarrollar se sustentan en el uso de energías renovables no contaminantes, como la radiación solar, el viento y la geotermia y en el aspecto constructivo se propondrá la investigación y utilización de recursos locales y técnicas vernáculas asociados a nuevas tecnologías de seguridad sísmica investigadas en la PUCP.

Se trata de generar y transferir un modelo replicable que cumpla con los criterios básicos de la sostenibilidad: economía, insumos locales y cuidado del medio ambiente.

1. CARACTERIZACIÓN Y REQUERIMIENTOS DE LA VIVIENDA ALTO ANDINA

Comprenderemos como Zona Alto-andina, las regiones de cordillera comprendidas entre los 3,500 y los 5,000 metros de altitud sobre el nivel del mar, denominadas Suni y Puna o Jalca según la clasificación de Pulgar Vidal. (Pulgar Vidal, 1940)

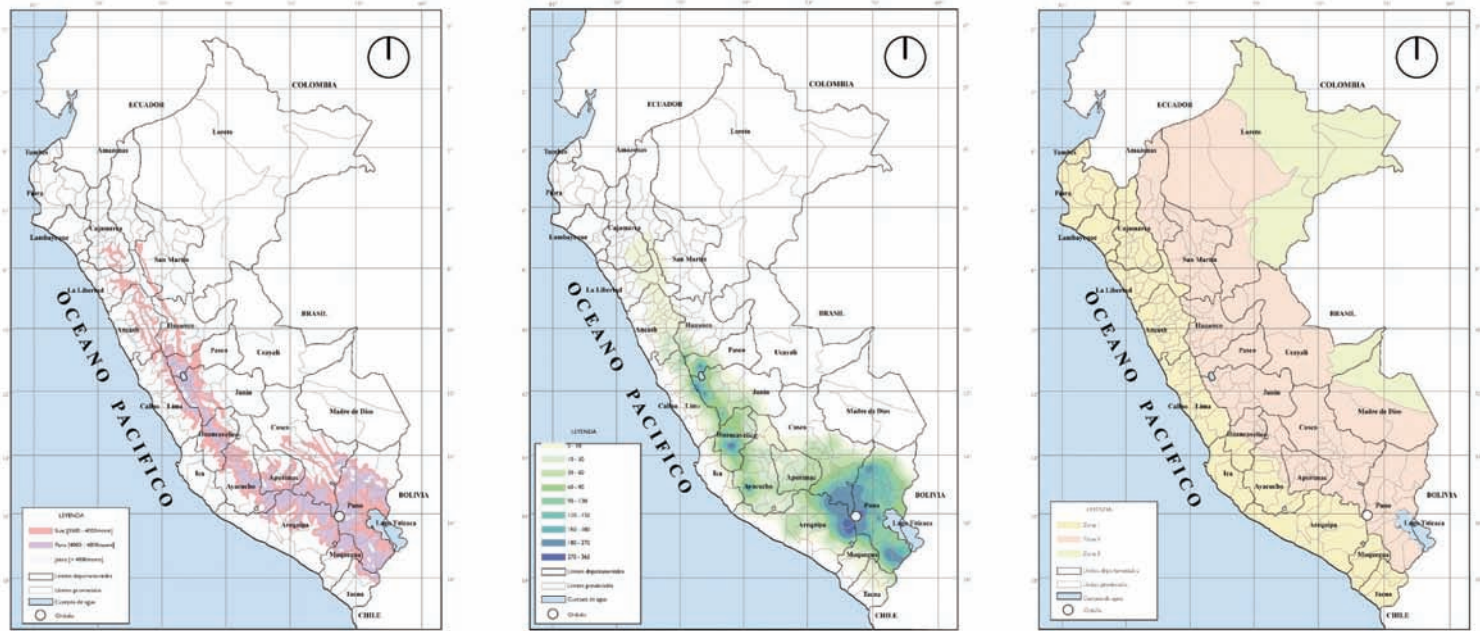


Fig. 1 Mapas Perú altoandino, heladas, sismos

Las características naturales y climáticas corresponden con el clima 'frío inter-tropical de altura'. De topografía ondulada y relieve escarpado con extensas llanuras (Altiplano), la gran altitud, la cercanía a la Línea Ecuatorial y la lejanía del océano u otra masa de agua importante, condiciona un clima riguroso y muy frío, sobre todo durante las noches de invierno produciéndose el denominado fenómeno de heladas. Según la clasificación climática de Köppen, la zona climática es de 'frío de tundra seco de alta montaña' (ETH). En cuanto al comportamiento sísmico, de acuerdo al Mapa de Zonificación Sísmica del Perú propuesto por la Norma Técnica de Edificaciones E.030 para el Diseño Sismo-Resistente del Reglamento Nacional de Construcción (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016), las regiones alto-andinas se ubican en la ZONA 2 calificada como zona de sismicidad media (fig. 1).

La vivienda altoandina, aislada en el caso de los pastores o agrupada en caseríos en el caso de los agricultores, reproduce una constante tipológica funcional: la agrupación de volúmenes alrededor de un patio. Este es un espacio de transición entre lo abierto y lo cerrado, lo social y lo privado, el exterior y el paisaje. Pieza central que organiza, conecta y recibe, el patio está orientado para captar el mayor número de horas la energía solar y realizar las actividades laborales y familiares con mayor confort. Los volúmenes que lo conforman son independientes y privados: uno o dos dormitorios que albergan a la familia extensa, generalmente con un número elevado de hijos, la cocina como espacio de reunión y hogar, un almacén y/o una despensa al que se puede integrar un corral o cobertizo. En todos los casos la letrina se encuentra aislada de la vivienda (fig. 2).

Las condiciones de temperatura al interior de los dormitorios de las cabañas son exageradamente bajas. En todos los casos, a pesar de la existencia de ganancias internas debido a la presencia de personas, los valores de temperatura terminan situándose entre los 0°C y los 3°C lo que condiciona una evidente situación de incomodidad térmica que pone en riesgo no sólo el bienestar de los usuarios, sino incluso la propia salud.

Las pérdidas de calor se identifican en el bajo nivel de aislamiento de los materiales de muros (sobre todo piedra) y la poca hermeticidad de los ambientes. Los techos de plancha de zinc, en remplazo de los tradicionales techos de paja, representan un área expuesta

considerable. Las juntas mal resueltas entre el techo y los muros, pérdidas por infiltración en vanos y pérdida por conducción descontrolada debido a los materiales comunes en puertas y ventanas: chapa de zinc, vidrio simple o plástico PET, generalmente sin marcos. El suelo de tierra natural apisonada resulta, además de húmedo, exageradamente frío (entre 0° y 5 °C). El muro de piedra con juntas irregulares de tierra, no resulta un buen aislante (conductividad promedio de 1.53 W/m°C) y, a comparación de materiales equivalentes en densidad como el adobe, influye en una menor temperatura radiante al interior de la habitación.

Constructivamente se evidencia el déficit de elementos que garantizan la estabilidad de las edificaciones frente a sismos, asentamientos y humedad, como cimientos, sobre cimientos y elementos conectores entre componentes estructurales (fig. 3).

2. ESTRATEGIAS SIMSORESISTENTES Y BIOCLIMÁTICAS

El diseño de los ambientes se regirá por la norma sismo-resistente E-080 Adobe, del Reglamento Nacional de Edificaciones (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006), que establece la relación entre geometría de ambientes y dimensiones de muros en correspondencia con su espesor. Tanto para muros de piedra como de adobe, se reforzará la construcción por medio de sogas de nylon *drizas* y viga collar, garantizando una conexión de los diferentes componentes de la vivienda.

Las estrategias preliminares de intervención para mejorar las condiciones térmicas de los espacios interiores buscarán elevar la temperatura del aire interior entre 5°C y 10°C, en el diseño por medio de captación solar directa a través de claraboyas o similares y generando volúmenes compactos con menos superficie expuesta.

Se estudiará la incorporación de elementos aislantes en los muros y los techos, que mejoren su capacidad de aislamiento para la reducción de pérdidas de calor por conducción y reducción de pérdidas de calor por infiltración y la impermeabilización e incorporación de elementos aislantes en el piso para la reducción de pérdidas de calor por conducción.



Fig. 2 Tipología espacial de la vivienda altoandina

3. IMPLEMENTACION PARA EDIFICACIONES EXISTENTES

El caso de aplicación de la investigación es la comunidad alpaquera de Orduña, en Lampa, situada a una altitud de 4,700 metros, a tres horas de Puno y el lago Titicaca. Se trata de implementar soluciones en edificaciones existentes para su validación por parte de los habitantes y la comprobación de su eficacia térmica y constructiva.

La investigación previa de condiciones y recursos locales nos lleva a proponer la utilización de 'colchones' de totora, junco originario del lago Titicaca, como material de aislamiento de techos y paredes por sus bajos niveles de transmitancia térmica (Ninaquispe, 2012). Así mismo es un material abundante y sub-utilizado de la Reserva Natural del Titicaca¹.

Una primera aplicación se pone en práctica en la cabaña 'Quella Quella', donde se implementa la colocación de la totora debajo de la cubierta original de plancha de zinc. La implementación se realiza por

medio de obra-taller con gran aceptación de los participantes (fig. 4). El refuerzo sismo-resistente con sogas se experimenta en el local existente, de fábrica de adobe, del Club de Madres de la comunidad, donde además, se introduce una viga collar debajo de la cubierta existente de plancha de zinc, demostrando así la posibilidad de reforzar edificaciones existentes (fig. 5).

Ambas técnicas son puestas en obra por pobladores de la comunidad, bajo la modalidad de obras-taller dirigidas por miembros del equipo de investigación. Cada tema es sustentado por el equipo, previamente a la puesta en obra, en la parte teórica que comporta cada taller.

4. CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO

En la segunda etapa de la investigación, y como parte de la metodología de transferencia tecnológica, se pone en práctica los conocimientos adquiridos y las técnicas validadas en la intervención de edificaciones existentes a través de la construcción de una vivienda

¹ Comunicación personal del Jefe de la Reserva Natural del Titicaca

modelo que permita un monitoreo y validación de las propuestas. El diseño del modelo se realiza partir de las conclusiones de un taller de diseño participativo en el que, por grupos, mujeres, hombres y jóvenes, proponen las mejoras que desean para su propio hogar. El taller utiliza como medio de expresión la maqueta de la vivienda y refleja la constante cultural de la tipología: presencia del patio, habitaciones independientes, además de la adición de espacios faltantes como sala de estar, comedor y dormitorios adicionales (fig. 6).

El diseño del prototipo propone una variante al plano tradicional de los comuneros: la introducción de un espacio de distribución a modo de esclusa, que será calentado durante el día a través de una claraboya para recibir la radiación solar vertical, y acumularla en muros de adobe y piso de tierra. Los dormitorios tienen su acceso a través de este espacio regulador de la temperatura. Los demás ambientes, cocina y depósito, siguen la lógica tradicional de volúmenes independientes en vista de hacer posible la construcción por etapas adecuada a la economía local. Los volúmenes se ubican alrededor de un patio central, protegiéndolo del viento helado.

La técnica de construcción adoptada es la de muros de adobe con refuerzos sismo-resistentes de sogas sujetando un colchón de totora sobre los muros, viga collar de madera, cubierta compuesta de totora enlucida con yeso en su parte inferior y plancha de zinc al exterior. Las sogas permiten la conexión desde el sobre cimientado hasta la viga collar y las vigas del techo, contribuyendo además a la resistencia de la cubierta a los empujes violentos del viento.

El prototipo es construido como parte de la capacitación técnica y a la vez como comprobación de la factibilidad de puesta en obra de las propuestas, su mejora y adecuación con el fin de integrar las soluciones validadas a los materiales de difusión de la técnica que serán producidos como parte integral del proyecto y herramienta para la transferencia de la tecnología (fig. 7).

5. METODOLOGÍA PARTICIPATIVA DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA: PLAN DE CAPACITACION

El plan de capacitación surge como resultado de la experiencia de la investigación que, desde el principio, es planteada como investigación-acción participativa y se realiza esencialmente a través de talleres. Los talleres son de dos tipos: informativos y formativos, estos últimos comprenden parte teórica y parte práctica. Los talleres informativos se dan al inicio de la experiencia y complementan el levantamiento de datos físicos de las viviendas y el territorio. Estos permiten a la vez conocer a las familias, su ritmo de uso de la vivienda y presentar al equipo de la universidad y su proyecto. Las familias expresan sus costumbres y sus deseos que servirán de base para la propuesta, el equipo de investigación da a conocer sus intereses a través de preguntas y de presentaciones de su propia experiencia frente a la de los comuneros. Los talleres formativos se organizan en dos niveles: teórico y práctico. De manera participativa se define

Fig. 3 Cabaña Quella Quella en su territorio





Fig. 4 Intervención en cabaña Quella Quella

los conceptos asociados a las condiciones climáticas, constructivas y sísmicas que repercuten en el bienestar dentro de la vivienda y que, una vez integrados, son la base para la intervención.

Se inicia a partir de la intervención en edificaciones existentes con diferentes características que permiten ilustrar las diferentes estrategias de intervención. Se diferencia los usos (día y noche) y los materiales (adobe y piedra). En el caso de estudio, se interviene una vivienda, la cabaña Quella Quella en piedra, para mejorar el confort durante las horas de ocupación más frías de la madrugada y un local comunal el Club de Madres, para reforzar su estructura sismo-resistente y mejorar el confort durante el día.

Los siguientes talleres prácticos son desarrollados con la puesta en obra de las propuestas:

- Viga collar + techo compuesto de totora y plancha de zinc.
- Muros + refuerzos estructurales con sogas y refuerzos térmicos con tierra y totora.
- Acabados de muros con 'paja-barro' y pisos anti humedad hechos con capas de piedras seca sin mortero.
- Selección de canteras y fabricación de adobes.

Es interesante notar que a medida que avanza la formación, los participantes solicitan información complementaria en temas como el diseño de la vivienda, la norma sismo-resistente y la lectura de planos. Los nuevos requerimientos se integran de manera teórico-práctica en las obras taller. De la misma manera se complementa la formación de los técnicos como promotores integrando al aprendizaje, el componente de transmisión de conocimientos. Para ello se genera espacios de intercambio y repaso de los conocimientos impartidos a través de la exposición de los temas por los mismos 'aprendices'

La puesta en práctica y los intercambios permiten validar las propuestas del equipo de investigación, tanto en sus métodos de aplicación en obra como en la aceptación de los mismos por los pobladores. Por ejemplo, la utilización de los colchones de totora como aislamiento en techos y muros, novedosa para la comunidad, es aceptada y enseguida propuesta para réplicas en las viviendas de los participantes. De la misma manera, la aceptación de la viga collar como medio de asegurar la vivienda, conectando muros con techos. Paralelamente a la obra taller del prototipo de vivienda, el equipo trabaja en la elaboración de medios de difusión de las técnicas validadas con la elaboración de un manual de construcción y afiches. Estos medios son utilizados a lo largo de la obra taller para explicar las actividades y repasar conceptos, donde se complementan con aportes de los aprendices, tanto en el fondo como en la forma y lenguaje para una mejor transmisión de los conceptos y técnicas. Se introduce



Fig. 5 Taller de refuerzos sismo resistentes

la utilización de una maqueta desarmable para el repaso de las etapas de la obra. Cada aprendiz expone la técnica a los demás, con la ayuda de la maqueta y los afiches.

Al final de la capacitación se certifica a los participantes formados como 'Promotores Técnicos en Vivienda Segura y Saludable'. Esta certificación es emitida por el Departamento de Arquitectura de la PUCP y apunta a promover la actividad de réplica de los capacitados. En efecto, los promotores serán la clave para la transmisión de las propuestas de mejora de la vivienda en futuros proyectos, actuando como agentes para la replicabilidad. Sus instrumentos de promoción se diseñan como un 'Kit del Promotor Técnico' que comprende el manual técnico, los afiches y una maqueta desarmable.

Una de las apuestas del equipo es incentivar, gracias a la certificación, la inserción de los promotores técnicos en el mundo de la formalidad laboral. Se les apoya en la obtención de comprobantes de pago como recibos por honorarios, con el fin de que puedan prestar servicios a empresas privadas o estatales.

El equipo propone como parte de la metodología de transferencia tecnológica, modalidades para iniciar réplicas de la experiencia. Una de ellas, es la aplicación de la ley 30309 (Decreto Ley, 2015) que promueve el desarrollo tecnológico otorgando beneficios tributarios a empresas que inviertan en innovación tecnológica, en el caso de las mineras por ejemplo, y la utilización del canon minero para la mejora de la vivienda de las comunidades asociadas.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento dentro del Programa Nacional de Vivienda Rural, puede replicar la propuesta recurriendo a la contratación de los promotores técnicos y utilizando los expedientes técnicos del módulo de vivienda prototipo.

El Ministerio de Salud propone la mejora de la vivienda para contrarrestar la incidencia de enfermedades respiratorias, como otro posible caso de aplicación del modelo.

Las réplicas locales en la comunidad de Orduña se darán en la medida de las posibilidades económicas de las familias, comenzando con el refuerzo de techos existentes con colchón de totora.

Parte de la transferencia de tecnología se aplica a la promoción de emprendimientos locales en torno a los materiales y técnicas utilizadas. En este caso el empleo de totora en la construcción promueve las actividades económicas de las comunidades aledañas al lago Titicaca que lo producen, bajo la supervisión de la Jefatura de la Reserva Natural del Lago (SERNANP). Se ha realizado el acercamiento de ambas comunidades (montaña/lago) para una posterior actividad de compra o intercambio de productos.



Fig. 6 Taller participativo de diseño de vivienda

RESULTADOS Y PERSPECTIVAS

La investigación ha permitido ahondar en la utilización de materiales naturales locales no industriales, como es el caso de la totora y el *paja-barro* para el aislamiento térmico de la vivienda alto-andina. Se ha realizado pruebas de laboratorio para la determinación de los índices de transmitancia térmica, lo que permite realizar propuestas de diseño con programas de simulación utilizando estos valores. Según las simulaciones realizadas en el prototipo antes de su construcción, los resultados son alentadores, generándose temperaturas de hasta 11° a las 4h a. m. en los dormitorios.

Sin embargo, este resultado, como los demás, deberá ser comprobado a través de un plan de monitoreo de un año. Este plan incluye el comportamiento térmico y físico-constructivo de la vivienda prototipo. Se deberá considerar el comportamiento a lo largo del tiempo de los materiales introducidos (totora y sogas) así como la necesidad y aceptación de acciones de mantenimiento para mejorar su durabilidad.

Un plan a más largo plazo podrá medir la magnitud de la aplicación de las soluciones propuestas en zonas alto-andinas y su incidencia en la producción local, como la mejora de la calidad de vida de los implicados.



Fig. 7 Prototipo de vivienda en construcción

AGRADECIMIENTOS

CIAC – Centro Tierra Transferencia Tecnológica para la mejora de la Salud, Confort térmico y Seguridad (gestión de riesgos) en la Vivienda de zonas de clima frío intertropical de altura, aplicada al hábitat alto-andino de la región Puno. PUCP – 2014-2015

EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

arquitectos Juan Reiser, Martin Wieser, Mercedes Alvaríño, Silvia Onnis, Rocío Castillo, Silvana Loayza. Ingeniero Julio Vargas Neumann. Coordinación: arquitecta Sofía Rodríguez-Larraín

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INEI (2007). Instituto Nacional de Estadística e Informática - Perú: *Estimaciones y Proyecciones de Población Urbana y Rural por Sexo y Edades Quinquenales, Según Departamento, 2000 - 2015* - Boletín Especial N° 19 y Censo de Población y vivienda 2007- INEI.

Ley N° 30309, *Ley que promueve la investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación tecnológica*. Decreto supremo N° 188-2015.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016). *Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente*. Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. Modificada por decreto supremo n°003-2016-vivienda. Lima Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Norma Técnica E.080 Adobe*. Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

Ninaquispe, L., et al. (2012). *Totora: A Sustainable Insulation Material for the Andean Parts of Peru*. En: PLEA 2012 - 28th Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture. Lima, Perú. 7-9 November 2012.

Pulgar Vidal, J. (1940). *Las ocho Regiones Naturales del Perú*, tesis publicada en la Tercera Asamblea General del Instituto Panamericano de Geografía e Historia reunida en Lima en 1941.

Rudan, I. et al. (2008). *Epidemiology and etiology- 01 childhood pneumonia*. Bulletin of the World Health Organization.

LE RÉFÉRENTIEL DE COMPÉTENCES POUR ENSEIGNER LA TERRE

AUTEURS

Lydie DIDIER

Grégoire PACCOUD

CRAterre-ENSAG, France

Dragana KOJIČIĆ

Earth & crafts, Serbia

Paulina FARIA

NOVA University of Lisbon et Centro da Terra Association, Portugal

Magali AUPICON

IUT1 Université de Grenoble, France

RÉSUMÉ

Nous proposons aux acteurs de la formation à la construction en terre un référentiel de compétences et d'évaluation commun. C'est un outil d'aide au développement de qualifications, d'offres de formation et de mobilités d'apprenants et de formateurs, dans l'enseignement professionnel et supérieur.

ECVET Construire en terre est un référentiel multi-niveaux. Conçu pour les enduits en terre en 2007, il a été élargi aux techniques de terre porteuses en 2015. Il a été développé en 14 années de coopération dans des groupes de travail transnationaux, entre praticiens, formateurs, organismes de formation et associations. Des listes de savoirs, aptitudes et compétences puis des critères d'évaluation ont été définis selon les principes de l'ECVET.

Le référentiel comporte 9 unités d'acquis d'apprentissage couvrant les activités des professionnels du bâtiment utilisant la terre, de l'aide-maçon au conducteur de travaux. Il est conçu pour intégrer de nouvelles unités et niveaux dans le futur. Il a été testé lors d'évaluations avec différents groupes cibles dans 12 pays européens. Des démarches nationales pour une reconnaissance formelle des unités ont été engagées. La dissémination sur d'autres continents a commencé.

Développer la communauté de pratique du référentiel ECVET Construire en terre va accroître la qualité des formations et la valeur des certificats Acquis•Terre.

INTRODUCTION

Après une analyse de l'intérêt d'un référentiel de compétences et d'évaluation partagé, l'article présente le référentiel dans sa nouvelle version issue du projet européen PIRATE (Jörchel et al. 2014). Le champ d'activités professionnelles couvertes par les 9 unités d'acquis d'apprentissage est balayé.

Suivent une explication sur le système ECVET, les unités et les niveaux.

Un retour sur quatorze années de projets européens dans la formation professionnelle à la construction en terre permet de mesurer l'impact, la dynamique et les enjeux futurs du réseau informel constitué par les utilisateurs du référentiel.

Suit une présentation des outils accompagnant les unités et des initiatives parallèles au travail sur le référentiel : échanges d'apprenants et de formateurs, formation de formateurs, certification et dissémination, débordement du contexte professionnalisant. Enfin, les futures pistes de travail et de collaboration sont exposées.

1. TERRE ET FORMATION - UN TRIPLE CONSTAT

a - La terre ne fait pas partie intégrante des programmes de formation des professionnels du bâtiment ou de l'aménagement du territoire. Leur champ d'intervention est pourtant énorme au vu du bâti existant ayant une composante terre, quel que soit le pays. Ce qui signifie souvent que soit les interventions faites sur et autour de ce bâti par des professionnels non avertis lui sont néfastes, soit les constructions sont simplement abandonnées voire détruites (Scarato et Jeannot, 2015). L'absence de culture générale et de savoirs spécifiques sur l'architecture de terre dans les instances de décision (gouvernements et collectivités territoriales, bureaux d'étude et de contrôle, conservation du patrimoine, services du logement...), est un frein à la diffusion des techniques de construction en terre (Leylavergne, 2012).

b - En Europe, depuis une dizaine d'années, le marché et les produits de construction en terre se développent, même s'il y a peu de professionnels qualifiés pour ces techniques, en construction, en rénova-

		Niveau	L1	L2	L3	L4	L5		
Unité	Sous-unité							Nom complet	
M								De la matière première au mélange de terre	
P								Production de briques - Adobe, BTC, brique extrudée	
B	B1 maçonnerie de terre							Construire en terre	
	B2 bauge								
	B3 pisé								
C							Application des enduits en terre		
F							Coffrages		
R	R1 murs							Réparation et conservation	
	R2 enduits								
D							Design intérieur		
O							Eléments décoratifs et ornements		
E							Le marché de la construction en terre		

Fig. 1 La matrice des unités ECVET Construire en terre, version 2015

tion ou en décoration. Ce développement commercial est accompagné par la recherche (Faria et al., 2015).

c - Les actions de formation à la construction en terre sont en progression constante sur toute la planète. La construction durable, l'amélioration des conditions de vie de populations défavorisées, la conservation du patrimoine architectural et de l'identité culturelle, l'amélioration des systèmes constructifs en situation post-sinistre, la valorisation des savoir-faire des migrants, les chantiers participatifs et l'auto-construction sont autant de cas de figure où des femmes et hommes de tout âge, niveau d'éducation et profession acquièrent de nouvelles compétences autour du matériau terre.

Les spécialistes qui développent puis dispensent ces contenus basent généralement leur enseignement sur un canevas technique, sans référence aux apprenants, leur future fonction sur les chantiers ou leur niveau de responsabilité ou d'autonomie. En outre, il y a rarement une évaluation des acquis à la suite du processus d'apprentissage.

Par ailleurs, il y a une demande de coordination et de capitalisation de la part des acteurs (Guillaud, 2010) pour que les initiatives puissent se féconder mutuellement et que chaque nouveau projet de formation n'ait pas besoin de recommencer à zéro.

C'est ainsi qu'un référentiel de compétences partagé est un outil puissant. Il ne se substitue pas aux organismes, qui restent maîtres de leur référentiel de formation et de leur programme. Il constitue un socle commun sur lequel peuvent se développer toutes sortes d'actions et de produits pédagogiques. Le référentiel ECVET Construire en terre a été conçu dans cet esprit (Brown et al., 2015).

2. NEUF UNITÉS D'ACQUIS D'APPRENTISSAGE, DÉCLINÉES EN 5 NIVEAUX

Les neuf champs d'activité couverts par les unités sont (fig. 1) :

- Unité M : Préparer la terre, de l'extraction au malaxage
- Unité P : Produire des briques de terre crue moulée, comprimée, extrudée
- Unité B : Bâtir en terre - Maçonnerie, bauge, pisé
- Unité C : Appliquer des enduits en terre

- Unité F : Fabriquer et monter des coffrages pour pisé
- Unité R : Entretien, réparer, rénover, restaurer ouvrages et enduits en terre
- Unité D : Développer un design intérieur
- Unité O : Exécuter des éléments décoratifs et ornements
- Unité E : Développer une activité économique

Chaque unité correspond à un ensemble de tâches qui forment une activité spécifique à la construction en terre et qui peut être appréhendée à l'échelle d'un poste de travail sur un chantier, d'un emploi dans une entreprise ou de l'activité de toute une entreprise.

Comme le montre la figure 1, ECVET Construire en terre est un référentiel multi-niveaux. Il a été développé en 14 années de coopération, dans des groupes de travail transnationaux, entre praticiens, formateurs, organismes de formation et associations, représentant 9 pays. Conçu pour les enduits en terre entre 2007 et 2009, avec des partenaires de 4 pays, il a été élargi aux techniques de terre porteuses entre 2012 et 2015. Toutes les unités n'ont pas encore été décrites pour tous les niveaux. Les niveaux 1 et 2 permettent un débordement du contexte purement professionnalisant et valorisent les personnes en situation de découverte et d'initiation.

Selon les principes de l'ECVET (European Parliament 2009), chaque unité est déclinée en savoirs, aptitudes et compétences (dans le sens de responsabilité et autonomie) nécessaires pour effectuer ces 9 activités.

Le contenu de ces trois listes varie en fonction du niveau de qualification ou du profil professionnel. Pour l'instant, nous avons défini des unités allant du niveau 1 au niveau 5 du cadre européen de certification (CEC) (<http://www.ecvet-team.eu/fr/cadre-européen-des-certifications-cec>). Jusqu'au niveau 4 du CEC, les acquis d'apprentissage dans le bâtiment concernent l'exécution. À partir du niveau 5, le «faire» devient «concevoir», «coordonner» et «contrôler».

Nous avons ajouté à chaque unité des critères et indicateurs pour l'évaluation.

Actuellement les niveaux L1-L2 n'existent que pour les enduits et les unités D et O ne s'appliquent également qu'aux enduits en terre.



Fig. 2 Le logo de la convention de partenariat et des certificats

Unité P : Les niveaux L3-L4 concernent Adobe, BTC, brique extrudée ; les niveaux L5-6 concernent les briques et tout autre élément préfabriqué.

Unité F : Les niveaux L3-L4 s'appliquent au pisé seulement.

Le tableau ci-dessous donne un aperçu simplifié des métiers de la construction aux différents niveaux. C'est une question bien plus complexe si l'on fait une analyse comparative entre pays européens par exemple, mais les grands traits de la répartition des rôles dans la prise de décision, l'exécution, l'encadrement et le contrôle sont universels.

niveau 2	niveau 3	niveau 4	niveaux 5-6	niveau 7
aide-maçon	ouvrier qualifié, ouvrier professionnel, compagnon professionnel, maçon / stucateur / façadier / coffreur / etc.	chef d'équipe	chef de chantier, conducteur de travaux, métreur, économiste	ingénieur, architecte

Tableau 1 Niveaux de certification CEC et métiers ou professions

En rentrant dans le détail de chaque unité et de chaque niveau, il y a des déploiements pas toujours linéaires. Aussi, selon les unités, les savoirs, les aptitudes ou les compétences sont identiques ou pas, entre le niveau 3 et le niveau 4.

En outre, pour les unités B et R, il existe un tronc commun puis des sous-unités comportant leurs propres critères d'évaluation. Il y a ainsi

- des sous-unités B pour le pisé, la bauge et la maçonnerie de terre.
- des sous-unités R pour les murs et les enduits.

Ceci s'applique aux niveaux de qualification 3 et 4 du CEC. A partir du niveau 5, il n'y a plus de sous-unités.

De même, au-delà du niveau 4, l'unité P ne fait pas de distinction entre briques autres éléments préfabriqués (blocs, panneaux etc.) et l'unité F englobe tous les systèmes de coffrage, pas seulement ceux pour pisé.

Les unités M et E ont été reprises de la première version du référentiel qui ne portait que sur les enduits en terre et ont été révisées et adaptées.

Les unités D et O sont également issues du référentiel sur les enduits, il est envisageable de les élargir un jour à toutes les techniques en créant un tronc commun et des sous-unités.

Les nouvelles unités développées dans le projet PIRATE sont présentées plus en détail sur un dépliant (http://pirate.greenbuildingtraining.eu/public/?page_id=1433). Elles existent en 8 langues : allemand, anglais, espagnol, français, portugais, serbe, slovaque, tchèque. D'autres traductions sont en cours.

L'élargissement du référentiel à d'autres techniques et niveaux est envisagé.

3. L'UTILISATION DES UNITÉS ECVET CONSTRUIRE EN TERRE ET DES CERTIFICATS ACQUIS•TERRE EN EUROPE, IMPACT ET ENJEUX

Depuis l'initiation en 2002 d'un premier projet ayant produit des fiches didactiques pour les enduits en terre, l'Europe a vu se constituer un réseau informel mais très actif, articulé autour de praticiens-formateurs engagés dans les associations de promotion de la construction en terre à rayonnement national voire international. Cet engagement à la fois pédagogique, associatif et dans les projets internationaux est une force à la hauteur des défis que se sont posés ces pionniers.

L'introduction de l'évaluation comme indissociable de l'acte de transmission des savoir-faire a agi comme catalyseur. Le référentiel ECVET Construire en terre est un dénominateur commun et qui aide à la diffusion et à la valorisation des formations terre. C'est un cadre pour développer des contenus, des programmes, des examens, des mobilités et des qualifications.

Si les unités elles-mêmes sont librement téléchargeables par tous les utilisateurs, nous avons lié la reconnaissance des acquis à travers une évaluation à une convention de partenariat (en anglais MoU Memorandum of understanding). Ainsi, seules les organisations adhérant à cette convention peuvent délivrer un certificat. Nous avons appelé cette convention et son certificat Acquis•Terre (fig. 2). Ce nom et logo existent aujourd'hui en 15 langues. Il y a une procédure d'admission. Cette démarche est à la fois un gage de qualité et un outil d'accompagnement pour que de nouveaux organismes de formation se familiarisent avec le référentiel, ses outils annexes et les règles de jeu des évaluations telles qu'établies entre partenaires européens.

Les certificats délivrés sont désormais enregistrés dans une base de données à des fins statistiques. Depuis 2009, plus de 500 certificats ont été délivrés. <https://docs.google.com/forms/d/1HpvVMM5gmKXeGnF8KtLBD6nKv-xrgW0BFjFUu5gZu2E/viewanalytics>

Les 9 pays ayant participé à la rédaction des unités sont l'Allemagne, la Bulgarie, l'Espagne, la France, le Portugal, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Serbie et la Slovaquie.

Les 12 pays qui ont déjà utilisé le référentiel lors d'évaluations des acquis sont l'Allemagne, la Bulgarie, l'Espagne, l'Estonie, la Finlande, la France, l'Italie, la Pologne, le Portugal, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Slovaquie.

Des contacts existent en Autriche, en Belgique, à Chypre, en Grèce, en Hongrie, en Irlande, aux Pays-Bas, en Slovénie en Suède et en Turquie.

Au-delà de l'Europe, de la dissémination a été entamée dans plusieurs pays africains et latino-américains (Brown et al., 2015).

Toute cette dynamique fait que, même si le système ECVET ne conduit pas à des diplômes transnationaux et même si nos unités ne font pas encore partie de qualifications nationales sauf au Royaume Uni, nous allons créer une reconnaissance par le nombre : la valeur des certificats est proportionnelle à leur nombre. Il suffit que toute action de formation soit accompagnée d'un volet évaluation. L'offre d'évaluation est appelée à se développer, indépendamment des formations, de sorte à ce qu'il y ait mutualisation des ressources car l'organisation d'un examen est une opération lourde.

Les certifications nationales ne vont de toute manière jamais couvrir toutes les unités à tous les niveaux de la matrice existante et future : c'est la coopération transeuropéenne qui a permis d'aboutir à ce produit et c'est la force du réseau qui va continuer à en garantir le développement et la portée.

4. OUTILS ET INITIATIVES AUTOUR DES UNITÉS D'ACQUIS D'APPRENTISSAGE

4.1. LES OUTILS ACCOMPAGNANT LES UNITÉS PROPREMENT DITES

Afin de rassembler et rendre accessible les outils produits depuis 2002 par notre réseau, nous venons de créer un site internet spécifique : <http://ecvetearth.hypotheses.org>. Le nouveau site s'adresse aux différents utilisateurs :

- aux apprenants, c'est-à-dire toute personne souhaitant se former ou faire reconnaître ses acquis terre : jeunes et artisans en formation professionnelle, étudiants, adultes en reconversion ;
- aux formateurs souhaitant enseigner et évaluer les techniques terre : formateurs et artisans qui animent des formations dans des centres de formation ou des associations, enseignants des universités ;
- aux institutions souhaitant intégrer la formation et l'évaluation des techniques terre ainsi que la mobilité des apprenants et des formateurs dans leurs activités : organismes certificateurs, organismes de formation.

Cela remplace les 4 manuels ECVET Construire en terre, produits antérieurement au projet PIRATE et dont le contenu était devenu

partiellement obsolète (révision et de la fusion de certaines unités).

Trois types de documents sont disponibles pour tous :

- Les unités du référentiel, comportant chacune
 - des fiches « savoirs-aptitudes-compétences » à différents niveaux ;
 - des critères et indicateurs pour l'évaluation à différents niveaux ;
 - des fiches d'évaluation destinées à recueillir le résultat de l'évaluation pour une personne pour une unité ;
 - des fiches de travail pour les examinateurs ;
 - textes, vidéos et photos illustrant les tâches sur lesquelles porte chaque unité.
- D'autres outils pédagogiques, notamment pour préparer des mobilités et des examens, par exemple des check-list, des formulaires-type, des recommandations et guides pour formateurs et examinateurs.
- Des documents de communication explicatifs en diverses langues : plaquettes, dépliants, brochures, posters, articles.

Une partie du site a un accès restreint pour les organismes signataires de la convention de partenariat Acquis•Terre.

4.2. LES ACTIONS INITIÉES PARALLÈLEMENT AU TRAVAIL SUR LE RÉFÉRENTIEL

4.2.1. Mobilité

L'ouverture aux autres, l'envie de découverte et le partage sont la base de notre travail. Nous avons tous appris à connaître l'Europe (et balayé pas mal de préjugés) et évidemment son architecture de terre à travers notre travail transfrontalier. Nous avons initié dès 2007 les échanges d'apprenants et de formateurs. La mobilité est de plus en plus couplée à des festivals et autres journées européennes.

Dans cette dynamique, il y a de plus en plus de connections avec le monde plus académique des colloques et de la chaire UNESCO « Architecture de terre, cultures constructives et développement durable ». La dissémination du référentiel Acquis•Terre commence donc à déborder du territoire européen.

4.2.2. Formation de formateurs

Les principes de l'ECVET étant nouveaux pour beaucoup de formateurs et les tenants et aboutissants de l'ECVET Construire en terre complexes, les partenaires ont commencé à proposer des formations de formateurs.

Certains pays ont choisi une démarche via leur association nationale, afin de constituer un groupe d'examineurs familiers avec les pratiques d'évaluation telles qu'elle ont été définies d'un commun accord entre pays européens.

4.2.3. Stratégies de certification

Ce sont également les associations nationales qui portent le processus devant aboutir à la reconnaissance d'une partie des unités dans les systèmes nationaux de certification. Il s'agit d'actions à long terme, débordant du cadre des divers projets.

Au Royaume-Uni ce travail a déjà abouti. Des avancées avaient été faites dès 2007, pour que la terre apparaisse à côté de la chaux dans les référentiels portant sur la conservation du patrimoine (heritage skills). Dans le cadre du projet PIRATE, le référentiel métiers (NOS

national occupational standard) a été modifié de sorte à ce qu'il devienne possible d'avoir des unités de qualification (NVQ national vocational qualifications) pour la construction en terre. A partir de maintenant, quelques professionnels membres de EBUKI sont examinateurs pour les unités de l'ECVET Construire en terre niveau 3. Au Royaume Uni l'évaluation se fait obligatoirement en contexte professionnel sur chantier. L'institution délivrant les certificats (Qualification Awarding Body) sera le Stirling College. Des candidats étrangers seront admis à ces évaluations et peuvent donc obtenir un certificat reconnu par le Royaume-Uni.

En France, l'élaboration de contenus pédagogiques sera couplée au processus de mise en place de règles professionnelles, basées sur les savoirs constructifs régionaux.

CONCLUSION

La coopération entre entrepreneurs et formateurs de toute l'Europe a permis de concevoir un outil suffisamment souple pour s'adapter à différents contextes nationaux voire régionaux, tout en proposant un fondement commun.

L'assurance qualité dans la diffusion et l'application des unités est un enjeu. Il y a une marge de manœuvre étroite entre la bureaucratisation qui pourrait résulter de la création de la base de données des certificats et le zapping que seraient tenté de faire les utilisateurs qui ne piocheraient que ce qui les intéresse dans les unités. Nous pensons que les facteurs favorables à la qualité sont

- la poursuite des échanges entre utilisateurs à différentes échelles ;
- le développement des formations de formateurs et d'examineurs ;
- l'amélioration de l'accès aux documents dans toutes les langues.

Toute rencontre ou projet transfrontaliers futurs doivent permettre de mener une réflexion sur les questions suivantes :

- Comment ancrer les pratiques d'évaluation et améliorer les outils ?
- Quels sont les besoins et les bonnes pratiques en termes d'enseignement, d'évaluation et de diffusion des résultats ?
- Quels sont les chaînons manquants dans nos réseaux pour améliorer la mobilité et l'intégration des unités dans les qualifications nationales ?

Après le projet PIRATE, les pistes de travail sont

- l'intégration des techniques terre non porteuses (terre-fibre dans ossature) et associées à des isolants ;
- les métiers de la conception et de l'ingénierie (niveau 7) ;
- la production de matériel didactique couvrant le contenu des nouvelles unités.

Même si la convention est conçue pour élargir la communauté de pratique de l'ECVET Construire en terre dans le contexte européen, nous serons heureux d'accompagner toute institution du reste du monde qui s'intéresse à ces outils. La chaire UNESCO «Architecture de terre, cultures constructives et développement durable» peut être le lieu de cette articulation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Brown et al. (2015). Provide instructions and resources for assessment and training in earthbuilding - the PIRATE project in Europe and beyond. CIAT Marrakesh.

European Parliament (2009). Recommendation of the European parliament and of the council on the establishment of a European credit system for vocational education and training (ECVET). Document number PE-CO S 3747/08. 22 pp. Available at: <http://www.ecvet-team.eu/en/system/files/documents/13/ecvet-recommendation.pdf>

Faria et al. (2016). Experimental characterization of an earth eco-efficient plastering mortar. *Journal of Materials in Civil Engineering* (ASCE), 04015085-1 - 9. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001363](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001363)

Guillaud, H. (2010). *Terraeducation 2010*. Actes du séminaire-atelier. Synthèse des travaux. p. 52 et p. 62. Ed. CRATerre-ENSAG

Jörchel et al. (2014). Provide instructions and resources for assessment and training in earthbuilding - the PIRATE project. 40th IAHS World Congress on Housing. *Sustainable Housing Construction*. 16-19 December 2014 (CD-rom)

Leylavergne, E. (2012). *La filière terre crue en France. Enjeux, freins et perspectives*. Mémoire de DSA Architecture de Terre, CRATerre-ENSAG

Scarato, P. et Jeannot, J. (2015). *Cahier d'expert bâti pisé. Connaissance, analyse, traitement des pathologies du bâti en pisé en Rhône-Alpes et Auvergne*. Ed. ABITerre. ISBN 978-2-7466-7875-0



BIOGRAPHIES DES CONFÉRENCIERS

BIOS OF AUTHORS

BIOS DE LOS AUTORES

Rotney Abrill trabaja en el Ministerio de Cultura del Perú - Cusco, desde el 2001. Docente de arte con especialidad en pintura mural en Trujillo Perú. Desde el año 2004 elabora Proyectos de Inversión Pública, para el sector cultura, trabajando desde el 2012 en el proyecto de estabilización de pintura mural del Templo de Kuño Tambo con el Getty Conservation Institute.

María Cecilia Achig Balarezo, master of conservation of monuments and sites, Raymond Lemaire International Centre for Conservation, Leuven, Belgium; architect; researcher, project vli^rCPM, teacher at FAUC.

Léonard Ahonon, né en 1959 à Bohicon au Bénin, fit ses études techniques supérieures option génie-civil à l'Université Nationale du Bénin, des formations en conservation, gestion, restauration/réhabilitation et promotion du patrimoine culturel, obtint son DESS en développement culturel, réalisa des travaux de restauration/réhabilitation et rénovation des musées du Bénin, élabora la loi portant protection du patrimoine culturel du Bénin, fut gestionnaire / conservateur du Site des Palais Royaux d'Abomey.

Mohammad Yosof Al-Aidaros, architect, consultant for the Saudi Commission for Tourism and National Heritage (SCTH). Expertise includes protection, conservation and project management of the architectural heritage. Member of ICOMOS ISCEAH (International Scientific Committee on Earthen Architectural Heritage).

Laura Álvarez-Testa Sánchez, maestra por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de A Coruña (España) y por la ESG-Escola Superior Gallaecia (Portugal), licenciada en arquitectura por la ESG. Ganadora de becas internacionales en workshops: "VERNADOC", Viana do Castelo (2013); "Festival Culturel International de Promotion des Architectures de Terre Archi'Terre", Argelia (2013); "Proyecto de Arquitectura en Tierra" en Portugal (2011).

Romain Anger, directeur pédagogique et scientifique du projet de recherche pédagogique amàco, (atelier matières à construire) soutenu par le dispositif IDEFI, co-responsable de l'équipe Matière / Matériaux de l'unité de recherche AE&CC-ENSAG soutenue en tant que Labex, et co-auteur du livre *Bâtir en terre, du grain de sable à l'architecture* (Belin).

Magali Aupicon, agrégée de génie civil et docteur en mécanique des milieux géophysiques et environnement. Elle a suivi le DSA Architecture de terre. Elle enseigne à l'IUT1 de l'Université de Grenoble dans les domaines de la réhabilitation, du patrimoine, de la bioclimatique, des matériaux locaux, de la conduite de travaux avec présence d'éléments en terre crue dans le projet de construction.

Magdalena Baborska-Narozny, architect and senior research fellow at the University of Sheffield where she conducted EU funded research project BuPESA. Research involved in-depth Building Performance Evaluation. Senior lecturer at the Wroclaw University of Technology where she is involved in teaching and research activities.

María Gabriela Barsallo Chávez, arquitecta, auxiliar de investigación del Proyecto vli^rCPM; formó parte del equipo de actualización del inventario de bienes inmuebles en el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (2014); fue investigadora de la Fundación Municipal "El Barranco" (2005 - 2011).

Christian Belinga Nko'o est architecte, spécialisé DSA Architecture de terre. Il travaille comme consultant indépendant sur divers projets de développement : restauration du patrimoine bâti en terre, constructions et reconstructions post catastrophe valorisant les cultures constructives et savoir-faire locaux. Il collabore comme chercheur-associé au sein du laboratoire CRAterre-ENSAG et enseigne à l'ENSAG.

Jonathan S. Bell has nearly 20 years of hands-on international experience collaborating with local professionals and government officials to develop and implement informed preservation practices. He has worked in multiple capacities with UNESCO, the Getty Conservation Institute, and international NGOs and is the current chair of the ICOMOS-ISCEAH Landscape Group.

Marion Bisiaux, après un doctorat aux États-Unis en sciences du climat, Marion Bisiaux enrichit sa formation d'un Master 2 de communication scientifique. Elle est depuis 2013 chargée de l'évaluation pédagogique pour l'atelier matières à construire amàco. Elle est également auteure d'un livre de vulgarisation scientifique *Carnet Glacé*.

Marcial Blondet, graduated with a PhD in earthquake engineering at the University of California, Berkeley. He has been the Dean of the PUCP's Graduate School (2005-2011). He currently teaches in the PUCP's civil engineering undergraduate and master of engineering programs, and is the Director of the doctorate in engineering program.

Anne Bouquillon est docteur en géologie appliquée et possède une habilitation à diriger les recherches en chimie. Elle est spécialisée dans l'étude des minéraux argileux. Depuis 1990, elle dirige l'équipe «objets» du département recherche du C2RMF. Elle se consacre aux études et recherches sur les céramiques, les terres cuites et stucs de la Renaissance.

Ann Bourgès est docteur en minéralogie depuis 2006 de l'université de Géoscience Ludwigs-Maximilians-Universität à Munich (Allemagne). Elle travaille comme ingénieur de recherche spécialisée dans le domaine de la conservation de la pierre et de la terre crue au LRMH depuis 2006 où elle mène en parallèle projets de recherche et diagnostic de conservation des Monuments Historiques.

Mohamed Boussalh is the director of CERKAS. He studied anthropology at the Institut National des Sciences de l'Archéologie et du Patrimoine of Rabat and joined CERKAS in 1994 as deputy conservator in charge of historic and ethnographic investigation of vernacular architecture in the Atlas region. Currently he manages various initiatives such as regional inventories, ethnographic studies, management plans and the restoration and rehabilitation of earthen buildings including the World Heritage site of Ait Ben Haddou.

Coralie Brumaud, after a PhD Thesis in rheology of cementitious materials at LCPC Paris, she worked at Saint-Gobain Recherche as a research engineer. She works now at ETH Zurich on the development of alternative materials for the construction and the rheology of clays.

Féile Butler, Irish architect and earth building trainer. An executive of Earth Building UK and Ireland, she co-founded Ireland's national earth building day. Her own cob home features regularly in national and international press. Her contemporary and conservation

architectural work explores the many facets of earthen construction.

Annalisa Caimi est docteur et architecte EPFL. Depuis 2010, elle collabore avec le laboratoire CRAterre-ENSAG dans le cadre de plusieurs recherches et projets de terrain. Son expertise couvre l'analyse des cultures constructives locales et leur valorisation dans des actions relatives au domaine de l'habitat et de la réduction des risques.

Claudia Cancino is a conservation architect and senior project specialist at the GCI. She holds a Master's degree of science in historic preservation from the University of Pennsylvania. Since 2003 she has worked on GCI projects related to the conservation of earthen sites and she currently manages the Earthen Architecture Initiative (EAI), which includes the Seismic Retrofitting Project in Peru and the Conservation and Rehabilitation Plan for Kasbah Taourirt.

Marta Cappai es graduada en conservación arquitectónica y doctorante en tecnologías para la conservación del patrimonio arquitectónico y ambiental en la Universidad degli Studi di Cagliari, Italia. Investiga sobre consolidantes de origen natural para pinturas murales.

Fausto Cardoso Martínez, arquitecto; PhD en la Escuela de Especialización para el Estudio y la Conservación de Monumentos y Sitios de la Universidad de Roma "La Sapienza". Profesor titular de la FAUC en las Cátedras: Teoría de la Restauración y Taller de Conservación de Patrimonio. Director del Proyecto de investigación vli^rCPM desde 2007

Àngels Castellarnau Visús, Edra arquitectura km 0 studio's founder, has been working in and researching about local traditional architecture and management of natural resources for ten years and she has developed renewed technologies, refining old local techniques. She has a Bachelor of Science Degree from the ETSA Vallès School of Architecture, (Polytechnic University of Catalonia) and is pursuing a PhD in Environmental and Energy research in Architecture. She has organized several workshops and has presented in international conferences.

Quentin Chansavang, architecte D.E, DSA Architecture de terre, enseignant à l'ENSAG en licence 1 participant à une pédagogie autour de l'expérimentation et des Grands Ateliers. Chercheur associé au CRAterre ENSAG. A participé à des projets de recherche croisant développement d'outils et de procédés, formulation de matériaux, formation d'étudiants et d'artisans sur la technique du pisé. Responsable de la communication de l'association Bellastock spécialisée sur la question du réemploi en architecture.

Lassana Cissé, détenteur d'une maîtrise de Philosophie, Lassana Cissé a fait sa carrière au Ministère de la culture du Mali. Après avoir mis en place puis dirigé la Mission Culturelle de Bandiagara de 1994 à 2013, il fut Directeur National du Patrimoine Culturel (2013-2016) et responsable national du programme de reconstruction des patrimoines endommagés depuis 2012. Vice-président d'ICOMOS-Mali, il fait partie du réseau d'experts africains de l'UNESCO pour les conventions de 1972 et 2003.

Rocío Cisternas Olguín, egresada de arquitectura, Universidad de Chile, 2015. Autora de la investigación «El adobillo de Valparaíso y su importancia en la conformación del patrimonio». Realiza su práctica profesional

en la iglesia «Nuestra Señora del Rosario de Chelín» (Chiloé), Patrimonio de la Humanidad y su proyecto de título en la rehabilitación patrimonial del «Edificio Tassarà» en la zona patrimonial de Valparaíso.

Anne-Sophie Cléménçon est historienne de l'architecture, de l'urbanisme et des formes urbaines à l'Université de Lyon, CNRS, site de l'ENS. Entre 1981 et 1983, elle a initié, aux côtés de Dominique Bertin et en collaboration avec Domar Idrissi, une recherche sur l'architecture de terre comme mode de construction urbain, sur Lyon et sa banlieue, premier inventaire photographique de bâtiments en pisé de terre urbain. 144 photos ont été récemment mises en ligne sur la Photothèque de la bibliothèque Diderot de Lyon, « Territoires formes urbaines, récits photographiques de la métropole de Lyon, le fonds Anne-Sophie Cléménçon ». <https://phototheque.bibliotheque-diderot.fr>

Benjamin Clément est docteur en archéologie de l'Université Lumière Lyon 2. Sa thèse de doctorat, *Construire à Lugudunum. Organisation, formes et évolution de l'architecture domestique (II^e av. – III^e siècle apr. J.-C.)* a été soutenue en 2016. Il travaille actuellement pour l'entreprise archeodunum et a mis au jour en juillet 2017, sur les rives du Rhône, à hauteur de Vienne, une véritable Pompéi viennoise, découverte saluée comme majeure pour l'Antiquité romaine en territoire cisalpin.

Basile Cloquet, architecte-chercheur au sein du projet de recherche pédagogique amàco (IDEFI) et chercheur associé au sein l'unité de recherche AE&CC-ENSAG (Labex). Ses recherches portent sur la production d'un habitat accessible financièrement qui privilégie les ressources du territoire et le développement local.

Mariana Correia, doctora por Oxford Brookes University; maestra por FAUTL; DPEA-Terre en CRATERRE-ENSAG; posgraduado del Conselho da Europa; licenciada en arquitectura en la FAUTL; Presidente del Consejo de Dirección de la ESG; directora del CI-ESG; Miembro del Consejo de Coordinación de PROTERRA; Miembro especialista del ICOMOS-CIAV e ICOMOS-ISCEAH y Cátedra UNESCO 'Earthen Architecture & Sustainable Development'.

David Coulibaly, titulaire d'une maîtrise en histoire – archéologie de l'Université du Mali, il a été Chef de la division Musée à la Direction Nationale du Patrimoine Culturel du Mali et travaille actuellement à la cellule d'appui à la décentralisation / déconcentration au Ministère de la Culture. Il a réalisé plusieurs missions d'inventaire et d'évaluation du Patrimoine Culturel au Mali et a participé à plusieurs travaux de recherches, avec une passion particulière pour la sauvegarde de la culture Buwa.

Sandra Coullenot, après l'obtention d'un Master professionnel axé sur le patrimoine architectural du Morvan (Lyon 2), effectue actuellement un doctorat en anthropologie consacré à une ethnographie de la maison en tourbe comme élément constitutif de la narration patrimoniale islandaise. Elle est rattachée au Centre Max Weber de l'Université Jean Monnet (Saint-Étienne).

Lucile Couvreur, ingénieure diplômée de l'INSA Lyon en science des matériaux, elle s'est également formée à l'architecture en terre crue au sein du laboratoire CRATERRE-ENSAG avant de travailler au sein du projet amàco (atelier matières à construire) soutenu par le dispositif IDEFI.

Laurent Daudeville, professeur à l'Université Grenoble Alpes. Il a créé et dirigé l'équipe « Risques & Vulnérabilité » du laboratoire 3SR. Son expertise concerne essentiellement la modélisation des structures sollicitées en dynamique rapide. Il est auteur de 80 articles dans des journaux à comité de lecture.

Dominique Daudon, ingénieure génie civil, maître de conférence au laboratoire 3SR à Grenoble. Ses enseignements concernent principalement les applications des méthodes de modélisation numérique en génie civil et mécanique. Sa recherche est focalisée sur l'application des modèles discrets aux aléas naturels (milieux et objets discrets) notamment en Amérique latine.

Lara Davis is an architect and co-director of AVEI. She has 16 years of experience in masonry research, design and construction, and specializes in the structural design and construction of earthen vaulting. She holds an M.Arch from MIT, with notable research at the MIT Masonry Research group, ILEK/Stuttgart and BRG/ETH Zürich.

Mamadi Dembélé, diplômé de l'École Normale Supérieure de Bamako, commence sa carrière comme professeur d'histoire avant d'être détaché à l'Institut des Sciences Humaines dont il devient directeur général adjoint en 1992 en charge des programmes de recherche archéologique d'envergure. Il est actuellement chef de son département histoire-archéologie. En parallèle, il intègre l'ICOMOS au sein duquel il participe à de nombreuses activités, y compris des évaluations de sites. Il est actuellement premier vice-président du comité ICOMOS-Mali.

Philippe De Pachtère, concepteur, producteur et réalisateur d'expositions. Passé par le CSTI en Lorraine. Il structure et pilote depuis 2001 à Annecy des projets culturels dans une dynamique territoriale et partenariale développée depuis la création de la Turbine Sciences.

Emmanuelle Devaux, architecte, diplômée du DSA Architecture de Terre et chercheur associée à l'Ifpo. Ses spécialités sont l'expertise et la recherche en architecture et archéologie ainsi que la conservation des sites archéologiques et patrimoniaux (Égypte, France, Irak, Jordanie, Koweït, Liban, Mali, Ouzbékistan, Syrie). De fait, elle est co-responsable, avec Dr. M. Gelin, du programme de restauration de la forteresse hellénistique de Faïlaka-Ikaros pour la mission franco-koweïtienne (MAFKF).

Lydie Didier est docteur en écologie et diplômée du DSA Architecture de terre. Elle s'implique activement au sein de l'AsTerre association nationale des professionnels de la terre crue en France et de l'équipe CRATERRE. Elle a coordonné de nombreux groupes de travail et projets européens sur la formation à la construction en terre.

Alpha Diop, titulaire d'un doctorat de l'Université Technique de Vienne (Autriche), directeur général de l'Atelier d'architecture ALDI, président d'ICOMOS Mali, membre du conseil d'administration de ICOMOS International en qualité d'expert invité, membre du comité scientifique ISCEAH, ancien professeur d'architecture à l'École Nationale d'ingénieur de Bamako, membre du conseil d'orientation du « Centre de l'architecture en terre » de Mopti (Trust Aga Khan), coordinateur national de Terra 2008 organisé à Bamako (Mali).

Patrice Doat, architecte-chercheur, professeur honoraire à l'ENSA-Grenoble, il est cofondateur du laboratoire CRATERRE, de la Chaire UNESCO « Architecture de terre, cultures constructives et développement durable » et des Grands Ateliers. Chevalier des Arts et des Lettres, médaillé de la Recherche et de la Technique par l'Académie d'Architecture à Paris et lauréat du Global Award for Sustainable Architecture 2016.

Houda Driss, architecte, ENAU (2006), doctorante ENAU, membre de l'unité de recherche PAE3C, enseignante ENAU (2011-2015), actuellement enseignante UIK (2015-2017).

Antonin Fabbri Dr, joined the ENTPE as a tenure researcher in 2011. Even since, his research activity focuses on primary materials, and in particular in rammed earth, adobes and earth plasters. He was involved in numerous national and international projects on this topic (Primaterre, Bioterra, CEFIPRA...) and he is currently the project manager of "Pisé Durable". He has more 30 international peer-reviewed publications.

Paulina Faria, professeure agrégée au département de génie civil à l'Université NOVA de Lisbonne. Docteur en génie civil - spécialité réhabilitation du patrimoine bâti. Elle a suivi le cours PAT94 de CRATERRE. Elle est membre de l'association Centro da Terra, Portugal, du réseau Ibéro-American Proterra et d'ICOMOS. Elle a publié de nombreuses études, une grande partie sur le matériau terre.

Patrick Fontana, PhD in civil engineering, has worked for more than 15 years in the field of construction material science. Since 2012 he is active in research and standardization of earthen materials and constructions. He is currently chairing the German Committee for Testing, Inspection and Certification of Earthen Building Materials.

Laetitia Fontaine, responsable du projet de recherche pédagogique amàco (atelier matières à construire) soutenu par le dispositif IDEFI, co-responsable de l'équipe Matière / Matériaux de l'unité de recherche AE&CC-ENSAG soutenue en tant que Labex, et co-auteur du livre *Bâtir en terre, du grain de sable à l'architecture* (Belin).

David Gandreau, archéologue, docteur en architecture spécialisé dans la construction en terre. Il a réalisé de nombreuses missions d'expertise sur la gestion et la conservation du patrimoine archéologique, notamment sur des sites du patrimoine mondial en Iran, en Asie centrale et en Afrique. Actuel directeur scientifique du laboratoire CRATERRE-ENSAG.

Mauricio Ganduglia, arquitecto, graduado en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata – Argentina (1997). Post-Master "Culturas Constructivas y Desarrollo Sustentable" (CRATERRE-ENSAG, 2005). Arquitecto de Proyectos y Dirección de Obras del Escritorio Salesiano de Proyectos de Angola, 2002-2008. Docente en la Universidad Lusitana de Angola, 2008-2016. Coordinador de los Programas: "Sensibilización, Formación y Construcción con materiales locales", Salesianos de Dom Bosco, 2009-2012, y, "Arquitectura Sustentable: Mejorar la Vivienda Rural", Cáritas de Angola. 2014-2017. Miembro de la Asociación CRATERRE.

Lidia García-Soriano, arquitecta (2010), Master en conservación del patrimonio arquitectónico (2013) y doctora (2015) por la UPV. Actualmente es investiga-

dora en el Instituto de Restauración del Patrimonio de la UPV y desarrolla su actividad profesional en torno al patrimonio y la arquitectura histórica y su actividad investigadora en torno a la arquitectura de tierra y a los criterios y las técnicas de restauración, con publicaciones relativas a estos temas.

Philippe Garnier, architecte diplômé de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, est chercheur au Centre International de la Construction en Terre (CRATerre), membre de l'unité de recherche AE&CC (LabEx) de l'ENSAG. Il est coordinateur du programme de recherche Habitat au sein du laboratoire et de l'unité de recherche.

Hugo Gasnier, architecte D.E, DSA Architecture de terre, chargé de recherche au CRATerre-ENSAG. Participe depuis 2011 à des projets de recherche croisant développement d'outils et de procédés, formulation de matériaux, formation d'étudiants et d'artisans sur la technique du pisé et depuis 2014 sur un panel plus large de techniques. Doctorant depuis 2015 au sein de l'unité de recherche AE&CC sur le thème de la valorisation des terres de rebut comme ressource pour la construction de la ville éco-responsable.

Léa Génis a suivi une formation en ethnologie et anthropologie de l'environnement au Museum National d'Histoire Naturelle de Paris. Elle est inscrite depuis 2014 en doctorat à l'ENSA-Grenoble afin d'analyser les cultures constructives de la réhabilitation du bâti ancien en pisé en région Rhône-Alpes.

Daniela Geyer, degree in Potsdam, University of Applied Sciences, diploma thesis: Comparative testing of grouts made of soil for conservation, specialized in conservation of earthen architecture; since 2000 freelance conservator, regional projects and international cooperation (GCREP Vietnam – Huè; KDC – ADACH, UAE - Abu Dhabi; DAI, German archaeological Institute, Ethiopia - Yeha).

Belén González, graduada en ciencias y tecnologías de la edificación por la Universidad Politécnica de Catalunya. Actualmente cursando máster en ingeniería de la edificación en la Escuela Politécnica Superior de la Edificación de Barcelona (EPSEB).

Amparo Graciani García, profesora titular de Universidad, adscrita al Dpto. Construcciones Arquitectónicas II de la ETSIE de la Universidad de Sevilla, doctora en historia del arte (1993). Responsable del Grupo de Investigación TEP211 PAIDI, Construcción Patrimonial. Ha participado en dos Proyectos del Plan Nacional I+D+I específicos sobre construcción en tapial; es miembro del Subcomité Técnico de AENOR AEN/CTN 41/SC 10 Construcción en tierra.

Stéphane Grange, maître de conférences habilité à diriger des recherches à l'université Grenoble Alpes. Il est responsable du Master génie civil de l'UGA et enseigne la mécanique des structures analytiques et par des méthodes de résolutions numériques. Ses recherches portent sur les modélisations numériques multi échelles dans le domaine du génie parasismique.

Anne-Cécile Grillet is an international expert on non-conventional materials for sustainable buildings: vegetal based on materials, rammed earth, hygrothermal properties of materials, coupling with structure, morphology and mechanical properties. She is author and co-author of 16 articles in international journals, 23 conferences, co-supervisor of 8 PhD students.

Anaïs Guéguen-Perrin, architecte DPLG (ENSA de Bretagne), titulaire du DSA Architecture de terre de l'ENSA de Grenoble (laboratoire CRATerre), chercheur des unités de recherche Architecture, Environnement et Cultures Constructives (AE&CC) de l'ENSAG et Habitation et Soutenabilité (Habis) de l'Université de São Paulo, au Brésil.

Luis Fernando Guerrero Baca, arquitecto, maestro en restauración arquitectónica, doctor en diseño con especialidad en conservación del patrimonio. Profesor investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA. Expert member de ICOMOS-ISCEAH. Representante ante la UAM de la Cátedra UNESCO de Arquitectura de Tierra.

Hubert Guillaud est architecte professeur à l'ENSAG (Grenoble). Membre de l'association CRATerre depuis 1981, il a été co-fondateur du laboratoire de recherche CRATerre-ENSAG en 1986 qu'il a dirigé plusieurs années avant de cofonder en 2010 l'unité de recherche Architecture, Environnement et Cultures Constructives (AE&CC). Avec Hugo Houben il a publié en 1989 le *Traité de Construction en terre*. On lui doit aussi de nombreux articles scientifiques sur l'architecture de terre (histoire, culture et techniques).

Huberto Gutiérrez, trabaja en el Proyecto de Estabilización y Conservación de Pintura Mural con el Getty Conservation Institute desde el 2012, Especialidad en Conservación y Restauración de Bienes Culturales Muebles e Inmuebles de la Universidad San Antonio Abad del Cusco, estudios realizados en la Escuela Superior de Bellas Artes del Cusco.

Guillaume Habert, after a PhD thesis in structural geology, he worked at LCPC in Paris as a researcher. His work on the environmental evaluation of construction materials and on the development of new binders such as geopolymers led him to the direction of the Chair of Sustainable Construction within ETH Zurich.

Pablo Haro Pérez, chargé de projets humanitaires au sein du pôle urgences internationales du Secours Catholique – Caritas France. Son expertise se situe dans le domaine de la réponse aux urgences humanitaires et la préparation pour faire face aux catastrophes naturelles en menant des actions pour améliorer la résilience des populations locales

Nora Hauptvogel, Diploma-Conservator of mural paintings. Degree in January 2015 at the University of Applied Sciences at Potsdam. Focus at university was scientific research on the attributes of loam mortars. Diploma thesis on the verification of conservation treatments at the Grätzel Gebri, part of the archaeological project in Yeha.

Cristian Heinsen Planella es fundador y actual director ejecutivo de Fundación Altiplano MSV. Licenciado en letras por la Universidad Católica de Chile y máster en documental de la Universidad Autónoma de Barcelona. Director del Plan de restauración de iglesias andinas de Arica y Parinacota, a cargo de Fundación Altiplano, Chile.

Anna Heringer is an architect and visiting professor at ETH Zürich with Martin Rauch. For her projects in Asia, Africa she received numerous honors, including the Aga Khan Award for Architecture, the renowned Loeb Fellowship at Harvard, the AR Emerging Archi-

ecture Awards, the Global Award for Sustainable Architecture and a RIBA International Fellowship.

Johannes Hoppe is a civil engineer and has worked in the field of material testing and material science since 2009. He started working with earthen materials in 2014. He is currently working in a standardization project at BAM and is a member of the German Committee for Testing, Inspection and Certification of Earthen Building Materials.

Hugo Houben, ingénieur physicien, membre co-fondateur du laboratoire CRATerre. Il a participé à la mise en place du DSA Architecture de terre à l'ENSAG, à la création des Grands Ateliers, ainsi que du projet amàco. Il a été le premier responsable de la Chaire UNESCO « Architectures de Terre – Cultures constructives et Développement durable ».

Oliver Huaman es licenciado en arqueología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y siguió estudios de maestría en arqueología con mención en Estudios Andinos en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Es también co-editor de Inka Llaqta, revista de investigaciones arqueológicas y etnohistóricas Inka. Co-director científico del Proyecto de Investigación Tambo Colorado, está encargado de la investigación arqueológica y del estudio de los grafiti del sitio.

Jean-Marc Huygen enseigne à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille. Il recherche de nouveaux processus de projection architecturale et urbaine répondant aux enjeux de la soutenabilité. En particulier, il s'intéresse aux matériaux soutenable, dont les matériaux de réemploi.

Hubert Jeannin, passionné de photographie, responsable de la Galerie Eureka à Chambéry depuis le début des années 2000. Il est particulièrement attaché au travail en réseau et en partenariat. La proximité de l'Université Savoie Mont Blanc lui permet de tisser des liens étroits avec le monde de la recherche.

Pamela Jerome is a preservation architect; president, Architectural Preservation Studio; adjunct associate professor, Columbia University's GSAPP; past vice president, ICOMOS ISCEAH; past officer, ICOMOS Scientific Council; current ICOMOS Board member. Expertise includes masonry conservation, waterproofing, site management; consulted on cultural-property conservation in the US, Mediterranean, Black Sea, Middle East, Far East.

Thierry Joffroy, architecte, chercheur à l'ENSAG et président de CRATerre, Thierry Joffroy collabore depuis plus de 25 ans avec l'UNESCO. Dans ce cadre il a travaillé sur plus de 25 biens du patrimoine mondial, dont les 4 situés dans le Nord du Mali. En 2010, l'Académie d'architecture lui a décerné la médaille d'argent « patrimoine ».

Yves Jorand est enseignant chercheur au laboratoire MATEIS de l'INSA Lyon, spécialiste de l'élaboration de céramiques techniques et des liens entre microstructure et propriétés. Il a encadré de nombreuses thèses et déposé des brevets. Il enseigne la physique aux élèves ingénieurs de l'INSA Lyon.

Natalia Jorquera Silva, arquitecta por la Universidad de Chile y doctora en tecnología de la arquitectura por la Universidad de Florencia, Italia. Profesora del Departamento de Arquitectura de la Universidad de Chile; realiza investigación y docencia sobre la arquitectura

vernacula, la construcción con tierra y el riesgo sísmico del patrimonio. Miembro experto de ISCEAH y de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Isabel Kanan is a freelance architect in Brazil interested in the research, documentation and conservation of lime and earthen buildings and landscapes. She has worked for over 25 years for the Brazilian Institute of Cultural Heritage (IPHAN) on historic architectural projects and sites and was the former chair of the ICO-MOS-ISCEAH Landscape Group.

Rowland Keable is an honorary professor of the UNESCO Chair on earthen architecture. He runs a small rammed earth consultancy and is the CEO and founder member of Earth Building UK and Ireland. Current work includes teaching, researching, consulting and development of standards, training, assessment and dissemination across a range of earth building techniques.

Belay Kebede Amare, second degree in business administration and work experience of 33 years. For 15 years head of the Culture and Tourism Agency with the responsibility to coordinate archaeological excavations in Ethiopia. He wrote articles on cultural issues and participated in national and international seminars and workshops. Lecturer at Mekelle University.

Ian Keeling, architecture graduate awarded a Master's degree in sustainable architectural design at the University of Lincoln. Works as a mechanical building services engineer at Cundall Johnston and Partners.

Joseph F. Kennedy is a designer, teacher, writer, artist and filmmaker specializing in regenerative building, ecological design, and community development. He cofounded Builders Without Borders, an international network of ecological builders who promote the use of local and affordable materials in construction. He co-edited *The Art of Natural Building*, and edited *Building Without Borders*.

Fakher Kharrat, architecte, ITAAUT (1987), diplôme de spécialisation en études et monuments historiques LA SAPIENZA, Rome (1991). HDR en architecture (2009). Directeur de l'unité de recherche PAE3C (2012), Directeur de l'ENAU (2011-2014), Professeur d'architecture (2015).

Joseph King, member of the scientific committee and ICCROM Official, he received a degree in Architecture from the University of Maryland and a Master of City Planning and a Master of Science in Historic Preservation from the University of Pennsylvania. He later attended the Architectural Conservation Course at ICCROM. He is currently the Unit Director of the Sites Unit at ICCROM.

Andrea Klinge is an architect who studied in Berlin and London and specialised in sustainable construction. Since 2013 she is leading at Roswag Architekten, Berlin the EU-research project H-House which investigates earthen materials for sustainable partition wall construction in light of an improved indoor environment quality.

Dragana Kojičić est architecte, diplômée du DSA Architecture de terre. Elle est présidente de l'association « Fine art & craft club », propriétaire de l'entreprise « Earth & Crafts » et membre d'ICOMOS. Elle travaille sur la sensibilisation à l'architecture de terre en Serbie et organise des ateliers et des chantiers liés à la terre.

Mamadou Koné, titulaire d'un DEA (Master of sciences) en architecture à l'Université Technique d'État de construction et d'architecture de Kharkov en Ukraine (ex URSS). Fondateur et gérant de l'agence AUDEX Sarl, il dirige, comme architecte chef de mission, les études et la supervision techniques nationales des travaux de reconstruction des mausolées de Tombouctou (2013-2015). Depuis 1996, il participe aux programmes de recherches sur les cultures constructives locales du Pays Dogon, où il conçoit et dirige des projets de restauration de biens immobiliers et de valorisation des techniques constructives (savoir-faire) et des matériaux locaux. Il participe à la rédaction du livre intitulé « L'architecture Dogon, construction en terre au Mali » édité en 1998 et 2011, sous la direction de Wolfgang Lauber.

Marcin Mateusz Kotakowski, architect with experience in Poland, Germany and England, journalist, senior lecturer at the University of Lincoln where he teaches and is involved in research on environmentally-conscious design, low-tech and the use of natural building materials.

Ana María Lacasta, doctora en ciencias físicas, es profesora de la Universidad Politécnica de Catalunya en la Escuela Politécnica Superior de la Edificación de Barcelona (EPSEB). Es responsable del grupo de investigación GICITED, dirige el Laboratorio del Fuego y es miembro del Laboratorio de Acústica y Eficiencia Energética, ambos de la EPSEB.

Stella Maris Latina, arquitecta, maestrando en auditoria energética FAU-UNT. Profesora adjunta materia de Construcciones I, Arquitectura de Tierra Cruda y Práctica Profesional Asistida (Modalidad Práctica de Extensión) FAU-UNT. Co-conducción del CRIATiC-FAU-UNT; Directora de Proyectos de Investigación CIUNT en temas de tecnología de tierra. Integrante proyectos de ANPCyT. Miembro PROTERRA.

Manfred Lemke is an economist, senior consultant for producers of clay based materials and currently Treasurer for the Dachverband Lehm e. V. In this position he managed pilot courses in earth building and planning. He is actively involved in several European funded research projects providing his industrial expertise of working with clay.

Jean-Marie Le Tiec est architecte diplômé de l'ENSAG (Grenoble) et du DSA Architecture de terre du CRATERre-ENSAG. Membre de l'association CRATERre, enseignant à l'ENSAG et chercheur associé au laboratoire CRATERre-ENSAG, il exerce également le métier d'architecte (Agence NAMA-Architecture à Grenoble). Il a réalisé plusieurs projets valorisant le matériau terre dont le Conservatoire européen des échantillons des sols pour l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Orléans (45) en 2014 et le Groupe scolaire de la Haute Herbase à Miribel (26) en 2017.

Thiago Lopes Ferreira est architecte et urbaniste (UFRJ, Brésil), titulaire d'un post-master en développement rural (CPDA/UFRJ, Brésil) et du DSA Architecture de terre de l'ENSA de Grenoble (laboratoire CRATERre). Docteur en Architecture (Universités de Grenoble/UPMF et de São Paulo/IAU/USP) et chercheur des unités de recherche Architecture, Environnement et Cultures Constructives (AE&CC/ENSAG) et Habitation et Soutenabilité (Habis/USP, Brésil).

Anne Liégy est restauratrice de sculptures, diplômée du Master Conservation-Restauration des Biens Culturels de l'Université de Paris I. Depuis 1995, elle travaille

plus particulièrement sur les problèmes de consolidation et de dessalement des tablettes cunéiformes en terre crue ainsi que sur tout autre type de traitement des sculptures ou objets en argile crue non archéologique.

Lu Lei, Xian University of Architecture and Technology

Satprem Maini, French postgraduate architect in earth architecture. He is the director of AVEI. He has worked in 36 countries and with his team has trained over 11,600 people from 82 countries on earth architecture. Satprem is the representative for Asia of the UNESCO Chair "Earthen Architecture". He has been granted 13 awards.

Sheila Malpartida, MSc. en materiales de patrimonio cultural en la Universidad Michel de Montagne, Francia. Licenciada en Física en la Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. Especialista en arqueometría, datación.

Benjamin Marcus is a building conservator at the GCI, where he works on the conservation of stone and earthen architecture. He holds a master of science in historic preservation from Columbia University. Since 2012 he has co-managed the International Course on Stone conservation in Rome and worked on the Kasbah Taourirt project in Morocco.

Sandrine Maximilien est enseignante chercheur et auparavant directrice adjointe des relations Internationales de l'INSA Lyon. Elle a été Expert Technique International pour le Ministère des Affaires étrangères et du Développement international au Viet Nam pour 4 ans et est actuellement Attachée Science et Technologie au Ministère des Affaires étrangères et du Développement international en Inde.

Jean-Didier Mertz, docteur de l'université Louis Pasteur de Strasbourg, option Géologie-Pétrophysique. Il rejoint en 1999 le LRMH. Ses thèmes de recherche concernent l'évolution des propriétés microstructurales et de transfert de fluide des matériaux gréseux dans un contexte d'altération en lien avec la modification de leurs caractères pétrographiques et minéralogiques.

Camilla Mileto, arquitecta por IUAV (1998), Máster CPA (2002) y doctora por la UPV (2004). Profesora del Depto. de Composición Arquitectónica de la ETSA de la UPV donde imparte docencia sobre restauración arquitectónica y técnicas constructivas tradicionales. Su labor de investigación se centra en la restauración de la arquitectura histórica monumental y no monumental y en el conocimiento de las técnicas constructivas tradicionales. Nombra en comités internacionales.

Emmanuel Mille est ingénieur INSA, architecte diplômé de l'ENSAL (Lyon), spécialiste de l'étude et de la valorisation du patrimoine. Également diplômé du DSA Architecture de terre à l'ENSAG (Grenoble), il poursuit actuellement une recherche doctorale sur « Le pisé de terre dans le bâti ancien urbain de l'agglomération lyonnaise ». Il est à l'origine du lancement d'un inventaire participatif de ce bâti ancien sur l'espace de la métropole de Lyon.

Mariette Moevus-Dorvaux, chercheur en science des matériaux. Elle a d'abord travaillé chez Lafarge puis au sein du laboratoire CRATERre-ENSAG dans le cadre du projet C2D2 Béton d'Argile Environnemental. Elle est actuellement chercheur et formatrice dans le projet de recherche pédagogique amàco (atelier matières à construire) soutenu par le dispositif IDEFI.

Olivier Moles est enseignant-chercheur à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble. Il travaille au sein du Laboratoire CRATERRE-ENSAG. Son expertise se situe dans le domaine des cultures constructives locales et de la pertinence de s'en inspirer pour produire un habitat de qualité, en phase avec les principes du développement soutenable.

Jean-Claude Morel from COVUNI has almost 20 years of related experience with earthen buildings and low-carbon construction materials. He has published more than 40 peer-reviewed journals papers and co-written 7 books with guidance for engineers and architects. Past COVUNI research has contributed to national guidance on waste material reuse in the construction of highways (UK Government funded research through the Waste + Resources Action Programme), leading to patented solutions (e.g. Patent GB1307622.9 for the use of binders in re-used concrete).

Mu Jun, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, BUCEA, College of Architecture, Xi'an University of Architecture and Technology, XUAUT. Director, Laboratory of Earth Architecture, Ministry of Housing and Urban-rural Development. Vice-Chairman, Traditional Dwelling Preservation Committee of China, Ministry of Housing and Urban-rural Development. Chairman of Project Committee (Mainland China), Wu Zhi Qiao (Bridge to China) Charitable Foundation, Hong Kong.

Antonia Navarro, grup de Recerca GICITED. Universitat Politècnica de Catalunya. Doctora en Ciències Geològiques per la Universitat de Barcelona, es profesora associada del departament de Construccions arquitectòniques II de la Universitat Politècnica de Catalunya en la Escola Politècnica Superior de la Edificació de Barcelona (EPSEB), tècnica del Laboratori de Materials de la EPSEB y miembro del grupo de investigación GICITED.

Anca Nicolaescu has a degree in wall painting conservation from the Romanian University of Fine arts in Bucharest, and a Master 2 Professionnel Conservation Restauration des Biens Culturels from Université Paris I Sorbonne. Since 2005 she is part of Tibet Heritage Fund team as head of conservation for Buddhist wall paintings in Himalaya.

Christian Olagnon est professeur au sein du laboratoire MATEIS de l'INSA Lyon. Il est spécialiste de la mécanique des matériaux et des liens entre microstructure et propriétés. Il a été directeur du département d'enseignement Science des Matériaux de l'INSA Lyon pendant 6 ans.

Silvia Onnis, arquitecta. Jefe de Prácticas, Facultad de Arquitectura, Pontificia Universidad Católica del Perú. Miembro Centro Tierra - INTE. Estudios en hábitat, tecnología y desarrollo. Especializada en construcción con tierra.

Grégoire Paccoud est architecte DPLG, diplômé du DSA Architecture de terre. Il travaille comme consultant spécialiste des architectures de terre et mène des activités de conseil, de recherche et de formation CRATERRE et au sein de l'unité de recherche AE&CC à l'ENSA de Grenoble.

Gianella Pacheco es licenciada en arqueología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. De 2004 a 2007 trabajó en el Proyecto Arqueológico Huaca San Marcos, y desde 2008 está encargada de la conserva-

ción e investigación del Templo Pintado del Santuario de Pachacamac en Lima. Co-directora científica del Proyecto de Investigación Tambo Colorado es responsable de la conservación de superficies.

Mariana Palumbo, doctora arquitecta. Es investigadora en la Universidad Politècnica de Catalunya, miembro del grupo de investigación GICITED y socia fundadora del colectivo de arquitectos Map13 Barcelona.

Susana Petrick, doctora en física en el Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Río de Janeiro, Brasil, MSc. en Física en la Universidad Nacional de Ingeniería-UNI, Perú, Lic. Física-UNI. Especialista en arqueometría, datación.

Denise Pozzi-Escot, DEA en arqueología precolombina de la Universidad de Paris 1-Pantheon-Sorbonne. Es tesorera de ICOM Perú. Ha sido miembro de la Comisión Nacional de Arqueología del Instituto Nacional de Arqueología. Actualmente es directora del Museo de Pachacamac.

Leslie Rainer es restauradora de pintura mural y especialista senior de proyectos en el Getty Conservation Institute. Ha trabajado internacionalmente en la conservación de las pinturas murales y su interés principal son las superficies decoradas en tierra. Recibió su master en conservación de superficies decoradas en la universidad de Antioch.

Bakonirina Rakotomamonjy est architecte spécialisée dans l'architecture de terre travaillant dans le domaine de la gestion et la conservation du patrimoine culturel immobilier. Elle a réalisé plus de 80 missions de coordination, d'appui technique et d'évaluation dans 28 pays et 4 continents pour, entre autres, l'UNESCO-CPM, l'ICOMOS et l'ICCROM.

Lukas Richner is a Master student in Civil Engineering at ETH Zurich.

Matthias Richter, PhD in environmental engineering, working since 2010 in the field of material emission testing, member of related DIN and CEN working groups.

Lidia Rincón, Universitat de Lleida. Arquitecta superior por la Universidad Politècnica de Catalunya y doctora arquitecta por la Universidad de Lleida. Actualmente es profesora del departamento de Informática e Ingeniería Industrial de la Universidad de Lleida.

Hugo Rivera Rossell trabaja en el proyecto de estabilización y conservación de pintura mural con el Getty Conservation Institute desde el 2012 conservador peruano estudio en la escuela superior autónoma de bellas artes obtuvo un certificado como especialista en conservación del patrimonio mueble e inmueble de la Universidad san Antonio Abad de Cusco obtuvo también un diplomado en evaluación y formulación de proyectos de la Universidad nacional de Ingeniería. Actualmente trabaja en el ministerio de cultura Perú.

Santiago Rivero Bolaños, De la Tierra Hábitat - Turismo Cultural. Ingeniero Civil - Msc. Arquitectura de tierra CRATERRE. He trabajado en investigación sobre comportamiento estructural de edificaciones de tierra. Experiencia como consultor y ejecutor de proyectos de vivienda social y de alto presupuesto e intervención de patrimonio construido. Con los talleres de construcción con tierra como producto turístico recibo más de 2000 personas por año.

Sofía Rodríguez-Larraín, arquitecta. Docente y coordinadora del grupo de investigación Centro Tierra - INTE de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Proyectos de desarrollo y transferencia tecnológica relacionados con la arquitectura y el patrimonio en tierra. Conservadora de edificaciones patrimoniales.

Ulrich Röhlen, Dachverband Lehm e.V., Germany. Claytec e.K., Viersen, Germany

Guillermo Rolón, arquitecto, Magíster en Restauración y Gestión integral del Patrimonio Construido (UPV/EHU) y doctor por la Universidad de Buenos Aires con especialidad en arqueología. Actualmente es Investigador adjunto CONICET en el CRIATiC FAU-UNT con líneas de trabajo en arquitectura en ámbito rural y procesos de biodeterioro en arquitectura de tierra.

Lionel Ronsoux a travaillé en tant qu'ingénieur matériaux chez Lafarge puis s'est formé à l'architecture en terre crue au sein du laboratoire CRATERRE-ENSAG. Après 3 ans de recherche dans le cadre du projet C2D2 Béton d'Argile Environnemental, il a co-fondé le Betterre, bureau d'études spécialiste de la construction en terre crue.

Eike Roswag is an architekt, founder of Roswag Architekten, Berlin, working for more than 20 years in the field of earthen construction. His projects have received numerous awards such as the Aga Khan Award for Architecture 2007 (The School in Rudrapur), the Holcim Award Gold 2011 Asia Pacific (Tipu Sultan Merkez, Pakistan) and the Kairos Price 2015.

Rodolfo Rotondaro, arquitecto, magister CRATERRE-EAG (Francia, 1986), doctor en arquitectura por la Universidad Nacional de Tucumán (Argentina, 2015). Desde hace treinta años desarrolla tareas de investigación, formación de recursos humanos, asesoramiento y transferencia tecnológica en temas vinculados con el patrimonio, tecnología social y vivienda, y sistemas constructivos con tierra cruda.

Graham Saunders is an architect, currently head of Shelter & Settlements for the International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. A key focus of recent work deals with the role of shelter and settlement programming in enabling a resilient built environment, advancing the professionalization of humanitarian action, and the humanitarian challenge of urbanisation.

Horst Schroeder is a founding member of the German Association Building with Earth (Dachverband Lehm e. V.). For twenty years he was the chairman of the association and has been its honorary president since 2012. Until 2012 he was lecturer in the fields of Earth Building and Planning and Building in Developing Countries at the Bauhaus University Weimar, Germany. He has been active in research and teaching, and has worked as a consultant for many German and international organizations. He is a member of the International Scientific Committee for Earthen Architectural Heritage (ISCEAH) of ICOMOS.

Malena Serrano, ingeniera civil y maestra en ingeniería civil; profesora contratada y asistente de investigación en la Pontificia Universidad Católica del Perú; interesada en la educación y transferencia de conocimientos para la mitigación del riesgo sísmico en viviendas de adobe autoconstruidas.

Yannick Sieffert est maître de conférence à l'Université Grenoble Alpes (UFR Phitem) et au laboratoire 3SR.

Son expertise d'enseignement se situe sur le dimensionnement des structures suivant les Eurocodes (bois, acier, béton, construction mixte) et sur la collaboration architecte/ingénieur. Sa recherche s'articule sur l'expérimentation des cultures constructives vernaculaires parasinistres.

Stefan Simon, heritage scientist, specialized in material deterioration, non-destructive testing and climatology. Former member (2005-2013) and Vice President of ICCROM Council (2009-2011). Serves on ICOMOS Scientific Committees on Earthen Architectural Heritage (ISCEAH) and Stone (ISCS), since 2008 as ISCS President. Since 2014, Inaugural Director of Yale's Institute for the Preservation of Cultural Heritage, since 2016 Director of Global Cultural Heritage Initiatives.

Christer Sjöström, prof. Dr., head R&D, chairman of Board, Svenska Aerogel AB: Eng. in civil engineering, B.Sc. in mathematics and chemistry, Dr. Eng./Docent in Building Materials, Prof emeritus of the chair of Building Materials Technology, KTH - Royal Institute of Technology, Sweden. Research specialization in material technologies focusing on service life analysis.

Alexandra Skedzuhn-Safir and **Martina Oeter** studied conservation in Florence and Cologne respectively, and work as wall painting conservators for the Achi Association. Presently they are both writing their PhD thesis in architectural conservation, Alexandra at the BTU Cottbus-Senftenberg, and Martina at the University of Bamberg.

Carlos Sosa is a lecturer at the engineering undergraduate program at PUCP. He earned a Master's degree in Civil Engineering from the same institution in 2014. He is member of "CENTRO TIERRA" research group that studies affordable seismic protection solutions for earthen dwellings.

Mirta Eufemia Sosa, arquitecta. Doctorando en arquitectura FAU-UNT, Master DPEA-CRAterre-Francia, profesora adjunta materia Construcciones I, Arquitectura de Tierra Cruda y Práctica Profesional Asistida (Modalidad de Extensión) en FAU-UNT. Directora e integrantes de Proyectos de Investigación CIUNT y ANPCyT en tecnología y patrimonio de tierra-Coconducción del CRIATIC-FAU-UNT. Miembro PRO-TERRA, ISCEAH-ICOMOS.

Jonathan Soto graduated with a Master's in civil engineering at PUCP in 2014. Currently he is a lecturer at this institution. He is a member of the "GERDIS" research group (Natural Risk Management and Low-Cost Housing) and his main interests are earthquake engineering, seismic protection and the reinforcement of earthen buildings.

Lucile Soudani is a PhD student under the supervision of Pr. Monika Woloszyn and Pr. J.C. Morel since nov. 2013. The general subject of her PhD is the hygrothermal behavior of rammed earth materials. Before her PhD, she graduated from ENTPE, a leading French engineering school.

Nicola Tarque is an associate professor at PUCP and an associate member of ISCARSAH-ICOMOS. He is also a member of the Engineering Society EWA (www.projectewa.com). Recently, he has participated as a Post-Doctoral Fellow at the University of Bologna and the University Gabriel d'Annunzio, both Italian institutions.

Susana Tavares Sequeira is an architect graduated in 1998 from the Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, currently working on her doctorate at Departamento de Arquitectura e Urbanismo of ISCTE-IUL as part of the program Arquitectura dos Territórios Metropolitanos Contemporâneos. She has developed architecture projects and research centered on rammed earth construction and vernacular heritage. Since 1996 she has collaborated with several architecture studios, the most relevant being Hestnes Ferreira's architecture studio.

Yasmine Terki est architecte des sites et monuments historiques et spécialiste des architectures de terre. Elle dirige un établissement public sous tutelle du ministère algérien de la Culture : le Centre Algérien du Patrimoine Culturel bâti en Terre (CAPTERRE). Elle est également commissaire du Festival Culturel International de Promotion des Architectures de Terre (Archi' Terre).

Mathilde Tiennot, doctorante à l'université de Paris 6 en mécanique des matériaux depuis 2014 ; son sujet de thèse porte sur les conséquences macroscopiques dans les milieux poreux des microfissurations des argiles au cours de dilatations hydriques et hygriques.

Viola Toccafondi studied architecture at the University of Florence. After working in several architectural offices, she earned a PhD in traditional earth building in Sardinia at the Technical University of Berlin, where she lives and works today.

Jorge Tomasi es arquitecto, magíster en antropología social, doctor de la Universidad de Buenos Aires, área geografía e investigador asistente del Consejo Nacional de Investigaciones en Ciencia y Técnica (CONICET), con lugar de trabajo en el Instituto Interdisciplinario Tilcara (Universidad de Buenos Aires), provincia de Jujuy, Argentina. Investiga sobre los saberes, prácticas y técnicas constructivas con tierra de las comunidades indígenas en las tierras altas del norte argentino.

Daniel Torrevalva Dávila, Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería - Sección Ingeniería Civil, profesor ordinario - principal. Magíster UCLA (USA). Miembro de los Comités de Albañilería y Adobe. Trabajos en el Instituto Getty de Conservación en Los Ángeles (USA). Especialista en diseño estructural y en conservación de patrimonio arquitectónico.

Henry Eduardo Torres es ingeniero civil del Colegio de Ingenieros del Perú. Es conservador de arquitectura en el Santuario de Pachacamac que pertenece al Ministerio de Cultura del Perú y es co-director científico del Proyecto de Investigación Tambo Colorado del Instituto Francés de Estudios Andinos encargado de la conservación de la arquitectura del sitio.

Corinne Treherne is an architect, currently senior officer of Shelter & Settlements for the International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. She collaborates notably with CRAterre to develop technical tools to promote safer resilience approaches enabling Red Cross National Societies to implement disaster preparedness activities.

Zoé Tric, diplômée de l'ENSA Paris La Villette en 2014, elle travaille comme architecte-chercheur au sein du projet de recherche pédagogique amâco (atelier matières à construire) depuis 2015. Elle est chargée de la création de contenus et de contenants pédagogiques développant les relations entre sciences, arts et architecture autour de la matière.

Henri Van Damme, civil & environmental engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA. Multiscale Material Science for Energy and Environment, the Joint CNRS-MIT Laboratory at MIT, Cambridge, MA, USA

Odile Vandermeeren est ingénieur architecte. Depuis plus de dix ans, elle travaille en Afrique, en Belgique et en Asie dans une même philosophie : créer des synergies et allier les savoir-faire pour réaliser une architecture durable. Elle a lancé des événements de rencontres autour de ce thème et réalisé plusieurs constructions en terre par chantier participatif. Cette manière de pratiquer, elle l'appelle "archisanat" : il en résulte une architecture vivante que l'on s'approprie.

Julio Vargas Neumann, ingeniero, profesor principal Universidad Católica del Perú, investigador de Construcciones de Tierra Sismorresistentes, ex-Vice Ministro de Vivienda, Premio Nacional de Cultura en Ciencias y Tecnología 1985/86, Presidente del ICOMOS ISCEAH. Miembro de ICOMOS Perú. Orden al Mérito, Ministerio de Vivienda del Perú. Orden de la Ingeniería Peruana, Colegio de Ingenieros.

Lorena Vásquez Torres, licenciada en Artes, responsable de la coordinación social e interinstitucional de la Campaña de San Roque, investigadora del Proyecto vliirCPM

Fernando Vegas López-Manzanares, arquitecto (1990), doctor (2000) y profesor de la ETS arquitectura de la Universidad Politécnica de Valencia. Su trayectoria científica se ha concentrado en el estudio, restauración y puesta en valor del patrimonio tanto monumental como vernáculo en su diversa manifestación material (tierra, yeso, madera, etc.), técnica, cultural e histórica. Experiencia práctica en estudios, proyectos y obras de restauración.

Clemencia Vernaza realizó estudios de restauración y sociología y se especializó en la conservación de pinturas murales y piedra (ICCROM Roma y Venecia) y en la conservación de la arquitectura en tierra en CRAterre. En la Universidad de Turín obtuvo el master en World Heritage at Work. Enseñó durante 6 años la conservación de pinturas murales en la facultad de restauración de la Universidad Externado de Colombia de Bogotá y se ha dedicado a la conservación de las pinturas murales en diferentes lugares del mundo como privada y como consultora.

Hilde Vets studied architecture at the HAISL in Ghent and works as an architect in Europe, and is a member of the Achi Association.

Erika Vicente, civil engineer graduated at Pontifical University of Peru (PUCP) with experience in structural interventions in historical buildings. She currently works as an assistant professor at PUCP and participates in the SRP (Seismic Retrofitting Project), a research program between PUCP and The Getty Conservation Institute (GCI). The project is focused on the structural behavior of earth historic buildings in Peru.

Florent Vieux-Champagne est ingénieur et docteur en génie civil. Il a effectué une thèse et un post-doctorat (laboratoires 3SR/UJF et CRAterre/ENSAG) relatifs à l'analyse de la vulnérabilité sismique des architectures en terre. Il est actuellement post-doctorant au laboratoire EMSI/CEA Saclay sur le recalage de modèle appliqué aux structures en BA.

Aurélié Vissac est ingénieur matériaux de l'INSA de Lyon et diplômée du DSA Architecture de terre de l'ENSAG. Après avoir travaillé au sein de l'équipe matériaux du laboratoire CRATERRE-ENSAG, elle est depuis 2013 chercheur-formateur au sein du projet de recherche pédagogique amàco (atelier matières à construire).

Franz Volhard, architect in Darmstadt, Germany, has worked on numerous light earth projects, many of which have won architecture prizes and awards. His extensive research has given rise to new techniques of using light earth in contemporary sustainable building applications involving the use of wood and earth. He teaches and consults internationally and has lectured and published widely. He is a member of CRATERRE and a founding member of the Dachverband Lehm.

Monika Woloszyn is an international expert on heat-air-moisture transfers in buildings and building components, modeling and experimental validation, properties of building materials, airflow in building cavities, solar buildings, building performance. She was the coordinator of French research programs: HYGROBAT (2011-2015), RFI (2006-2008), HUMIBAT and RENOVBAT (2007-2012). She has co-authored of one international report, 32 articles in International journals, and 60 publications in international conferences.

Lori Wong is a wall painting conservator at the GCI. She is a graduate of the Courtauld Institute of Art's Conservation of Wall Painting Program. Since 2002 she has worked on GCI projects in China, Egypt and Morocco. Through this work Lori strives to improve the approaches and strategies to protect and preserve wall paintings.

Véronique Wright, es arqueóloga y arqueómetra. Especialista en física aplicada en arqueología, sus investigaciones se enfocaron desde 2002 sobre la tecnología pictórica mochica. Investigadora «Pensionnaire» del Instituto Francés de Estudios Andinos en Lima, co-responsable del programa de investigación «Origines, Héritages et Dynamiques». Co-directora científica del Proyecto de Investigación Tambo Colorado está encargada del estudio de la policromía del sitio, ampliando sus investigaciones a la costa sur.

Fané Yamoussa, titulaire d'un Diplôme d'Études Approfondies (DEA) en histoire de l'archéologie, obtenu en 1994 à l'Université de Saint-Petersburg (Russie). Après son intégration dans la fonction publique du Mali en 2000, il a été successivement Chef de la Division du Patrimoine Ethnographique et Historique puis Chef de la Mission Culturelle de Djenné (2005 à 2013). Depuis lors, il est Chef de la Cellule Technique d'Appui à la mise en œuvre du « Plan d'action pour la réhabilitation des patrimoines endommagés du Nord du Mali ».

Beatriz Yuste Miguel es arquitecta por la Universidad Politécnica de Valencia, máster en arquitectura, energía y medio ambiente. Actualmente se desempeña como arquitecta a cargo de la Restauración de la Iglesia de San Pedro de Atacama. Posee una trayectoria profesional en el área de la Restauración de Fundación Altiplano MSV, Chile.

Tiegang Zhou, Xian University of Architecture and Technology.

Christof Ziegert, PhD in civil engineering, honorary professor Building and Conservation with Earth program at FH Potsdam, managing director of Ziegert | Roswag | Seiler Architekten Ingenieure, chairman of the German Earth Building standards committee, Board member of the Dachverband Lehm e.V., Board Member and Chair of Technology of ICOMOS ISCEAH.

COMITÉ CONSULTATIF STEERING COMMITTEE COMITÉ CONSULTIVO

Maddalena Achenza

Università degli Studi di Cagliari, Labterra, Italie

Erica Avrami

Columbia University, New York, Etats-Unis

Mariana Correia

President of ESG Board of Directors et CI-ES, Escola Superior Gallaecia, Portugal

Luc Delattre

Coordinateur de la recherche, ENTPE, France

Michel-André Durand

Directeur des Grands Ateliers, France

Lazare Eloundou-Assomo

Directeur du Bureau de l'UNESCO à Bamako, Mali

Laetitia Fontaine

Responsable de l'IDEFI amàco, AE&CC-CRAterre-ENSAG, France

David Gandreau

AE&CC-CRAterre-ENSAG, France

Hubert Guillaud

Coord. Chaire UNESCO Architecture de terre, Scient. Dir. AE&CC-CRAterre-ENSAG, France

John Hurd

ICOMOS-ISCEAH, Royaume-Uni

Pamela Jerome

Columbia University, New York, États-Unis

Thierry Joffroy

Resp. Scient. et Tech. du Labex AE&CC, CRAterre-ENSAG, France

Joseph King

Directeur de l'Unité Sites à l'ICCROM, Italie

Christophe Lalande

Spécialiste de Projet, UN-Habitat, France

Christian Olgnon

laboratoire MATEIS, INSA de Lyon, France

Isabelle Palmi

Directrice d'ICOMOS France, France

Isabelle Pallot-Frossard

Centre de recherche et de restauration des musées de France

Bakonirina Rakotomamonjy

Spécialiste de Projet Chaire UNESCO Architecture de terre, AE&CC- CRAterre-ENSAG, France

Jeanne-Marie Teutonico

Associate Director, Getty Conservation Institute, États-Unis

COMITÉ D'ORGANISATION ORGANISING COMMITTEE COMITÉ ORGANIZADOR

Anne-Sophie Barré

Chargée de mission, ICOMOS France

Michel-André Durand

Directeur des Grands Ateliers, France

Antonin Fabbri

Laboratoire Génie Civil-Bâtiment, ENTPE, France

Laetitia Fontaine

Responsable de l'IDEFI amàco, Les Grands Ateliers, AE&CC-CRAterre-ENSAG, France

David Gandreau

AE&CC-CRAterre-ENSAG, France

Philippe Garnier

Responsable du Programme Habitat, AE&CC-CRAterre-ENSAG, France

Hubert Guillaud

Coord. Chaire UNESCO Architecture de terre, Dir. scient. AE&CC, CRAterre-ENSAG France

Alix Hubert

AE&CC-CRAterre-ENSAG, Belgique

Thierry Joffroy

Resp. Scient. et Tech. du Labex AE&CC-CRAterre-ENSAG, Président de CRAterre, France

Yves Jorand

INSA de Lyon, Laboratoire MATEIS

Fionn McGregor

Laboratoire Génie Civil-Bâtiment, ENTPE, France

Christian Olgnon

laboratoire MATEIS, INSA de Lyon, France

Isabelle Palmi

Directrice d'ICOMOS France

Véronique Péguy

Responsable diffusion SIAM, ENSA de Lyon, France

Bérengère Perello

Chercheur, Laboratoire Archéorient, MSH - Maison de l'Orient et de la Méditerranée, France

Élodie Prud'homme

INSA de Lyon, Laboratoire MATEIS

Bakonirina Rakotomamonjy

Spécialiste de Projet Chaire UNESCO Architecture de terre, AE&CC- CRAterre-ENSAG, France

Marina Trappeniers

Responsable de gestion, AE&CC-CRAterre-ENSAG, Belgique

Bruno Vincent

Coordinateur pédagogique et événementiel, Les Grands Ateliers, France

PARTENAIRES

PARTNERS

SOCIOS

CRAterre - Centre International de la Construction en terre
École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, ENSAG
Labex AE&CC - Unité de recherche Architecture Environnement et Cultures Constructives, ENSAG
Laboratoire CRAterre-ENSAG
Chaire UNESCO Architecture de terre, cultures constructives et développement durable, ENSAG
IDEFI amàco, Ateliers Matières à Construire
AE&CC
Les Grands Ateliers
ICOMOS France

AVEC / WITH / CON

Escola Superior Gallaecia, ESG, Portugal
Università Degli Studi di Cagliari, UNICA, Italie
École Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon, ENSA Lyon
École Nationale des Travaux Publics de l'État, ENTPE, Lyon
Institut National des Sciences Appliquées, INSA de Lyon
Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Université Lumière Lyon II
Laboratoire de recherche des Monuments Historiques, LRMH, France
École nationale supérieure de physique et chimie industrielles - ParisTech, ESPCI, France

ET / AND / Y

Centre du Patrimoine mondial de l'UNESCO, Paris, France
UN Habitat, Housing and Slum Upgrading Branch, Nairobi, Kenya
ICCROM - International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property, Rome, Italie
ICOMOS ISCEAH
Getty Conservation Institute, GCI, Los Angeles, USA
World Monument Funds, New-York, USA
Association Nationale des constructeurs en terre, AsTerre, France
PROTERRA - Red Iberoamericana Proterra

SOUTIEN FINANCIER DE / FINANCIAL SUPPORT / APOYO FINANCIERO

Agence Nationale de la Recherche, Investissements d'avenir :
Labex AE&CC
IDEFI amàco
CRAterre
Ministère de la Culture et de la Communication :
Direction de l'architecture, Bureau de la recherche architecturale, urbaine et paysagère
Département des affaires européennes et internationales
Ministère des Affaires étrangères et du Développement international :
Direction de la Culture, de l'Enseignement, de la Recherche et du Réseau, Pôle SHS, archéologie et patrimoine
La Métropole de Lyon
La Ville de Lyon
La Région Auvergne-Rhône-Alpes
INSA de Lyon

STRUCTURES D'ACCUEIL / HOSTING STRUCTURES / ESTRUCTURAS DE ACOGIDA

Cité | Palais des congrès | Lyon
PILOT'EVENTS



ICOMOS - ISCEAH
International Scientific Committee
on Earthen Architectural Heritage
**International Council on
Monuments and Sites**



**Convention
du patrimoine mondial**



PRO TERRA



CONSEIL SCIENTIFIQUE SCIENTIFIC COUNCIL CONSEJO CIENTÍFICO

Maddalena Achenza, Università Degli Studi di Cagliari, Italie | **Romain Anger**, IDEFI amàco, Les Grands Ateliers, AE&CC-CRAterre-ENSAG, France | **Zaki Aslan**, ICCROM, Italie | **Jean-Emmanuel Aubert**, Université de Toulouse 3, France | **Erica Avrami**, Columbia University, Etats-Unis | **Mónica Bahamondez**, ICOMOS Chili | **Anne-Monique Bardagot**, AE&CC-CRAterre-ENSAG, France | **Jonathan Bell**, University of California, Institute of The Americas, Etats-Unis | **Mauro Bertagnin**, Università di Udine, Italie | **Jorge Marcial Blondet**, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Pérou | **Gerhard Bosman**, University of the Free State, République d'Afrique du Sud | **Ann Bourges**, Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques, LRMH, France | **Claudia Cancino**, Getty Conservation Institute, Etats-Unis | **Gérard Charpentier**, Université Lumière Lyon II, Maison de l'Orient Méditerranéen, France | **Faïssal Cherradi**, Ministère de la culture du Maroc | **Lassana Cisse**, Mission Culturelle de Bandiagara, Mali | **Louise Cooke**, Heritage consultant, ICOMOS UK / EBUK / Royaume-Uni | **Mariana Correia**, Escola Superior Gallaecia, Portugal | **Anthony Crosby**, Heritage Consultant, ICOMOS US, Etats-Unis | **Jean D'Aragon**, ICOMOS, Canada | **Annick Daneels**, Institute of Anthropological Research, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexique | **Michel Dayre**, CRAterre, France | **Letizia Dipasquale**, Università Degli Studi di Firenze, NN-LINKS Research Center, Italie | **Patrice Doat**, AE&CC-CRAterre-ENSAG, France | **Lazare Eloundou-Assomo**, Bureau de l'UNESCO à Bamako, Mali | **Antonin Fabbri**, ENTPE, Laboratoire Génie Civil-Bâtiment, France | **Maria Fernandes**, Direcção- Geral do Património Cultural, CEAAP, Portugal | **Laetitia Fontaine**, IDEFI amàco, AE&CC-CRAterre-ENSAG, France | **David Gandreau**, AE&CC-CRAterre-ENSAG, France | **Philippe Garnier**, AE&CC-CRAterre-ENSAG, France | **Dominique Gauzin-Müller**, Université de Stuttgart, Allemagne, Rédactrice en chef Revue EcologiK, eK, France | **Ariel Gonzales**, Universidad Estatal del valle de Toluca, Santa Fe, Argentine | **Luis Fernando Guerrero Baca**, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco de México, Mexique | **Hubert Guillaud**, AE&CC-CRAterre-ENSAG, France | **Hugo Houben**, AE&CC-CRAterre-ENSAG, France | **Paul Jaquin**, Ingénieur structure à Land Development and Exploration, Nouvelle-Zélande | **Pamela Jerome**, University of Columbia, Etats-Unis | **Thierry Joffroy**, AE&CC-CRAterre-ENSAG, France | **Yves Jorand**, INSA de LYON, Laboratoire MATEIS, France | **Natalia Jorquera**, Universidad de Chile, Chili | **Maria Isabel Kanan**, ex Direction du Patrimoine Culturel du Brésil | **Joseph King**, ICCROM, Italie | **Serge Maini**, Auroville Earth Institute, Inde | **Fionn McGregor**, ENTPE, Laboratoire Génie Civil-Bâtiment, France

| **Camilla Mileto**, Universitat Politècnica de València, Espagne | **Olivier Moles**, AE&CC-CRAterre, France | **Sébastien Moriset**, AE&CC-CRAterre-ENSAG, France | **Neves Celia**, Ingénieur Civil, Brésil | **Elena Ochoa Mendoza**, Centro de Investigación y Producción de Tecnología Para la Vivienda, CIPTEV, Mexique | **Ishanlosen Odiaua**, consultante Banque mondiale, Nigeria | **Christian Olagnon**, INSA de LYON, Laboratoire MATEIS, France | **Bérengère Perello**, Université Lumière Lyon II, Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Laboratoire Archéorient, France | **Elodie Prud'homme**, INSA de LYON, Laboratoire MATEIS, France | **Leslie Rainer**, Getty Conservation Institute, Etats-Unis | **Bakonirina Rakotomamonjy**, AE&CC-CRAterre-ENSAG, Madagascar | **Rodolfo Rotondaro**, Universidad de Buenos Aires, Facultad de arquitectura, diseño y urbanismo, Argentine | **Chamsia Sadozai**, AE&CC-CRAterre-ENSAG, France | **Eduardo Salmar**, Universidade Metodista de Piracicaba, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Brésil | **Ruben Salvador Roux**, ex Universidad de Tampico, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, de Tampico, Mexique | **Horst Schroeder**, Dachverband Lehm e.V., Allemagne | **Tara Sharma**, Indian National Trust for Art and Cultural Heritage, INTACH Ladakh, Inde | **Gouhar Shemdin**, ICOMOS Iraq, Canada | **Sandeep Sikka**, Architectural Preservation Studio, City University of New York, Etats-Unis | **Stefan Simon**, Institute for the Preservation of Cultural Heritage (IPCH) at Yale University Etats-Unis | **Mirta Eufemia Sosa**, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de Tucumán, Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda, CRIATiC, Argentine | **Ione R. Stiegler**, IS Architecture, Etats-Unis | **Zuzana Syrova**, Institut National du Patrimoine de la République Tchèque | **Jorge Tomasi**, Instituto Interdisciplinario Tilcara, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentine | **Daniel Torrealva**, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Pérou | **Natalia Turekulova**, Kumbez Ltd / ICOMOS Kazakhstan | **Henri Van Damme**, ESPCI-ParisTech, France | **Julio Vargas Neumann**, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Pérou | **Humberto Varum**, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Portugal | **Rasool Vatandoust**, Azad University, YSC - Restauro, Téhéran, Iran | **Fernando Vegas Manzanares**, Universitat Politècnica de València, Espagne | **Dmitry Voyakin**, Comité national du patrimoine mondial de la République du Kazakhstan | **Pete Walker**, University of Bath, Royaume-Uni | **Debbie Whelan**, Durban University of Technology, School of Architecture, République d'Afrique du Sud | **Ali Zamanifard**, University of Art, Téhéran, Iran | **Christof Ziegert**, ZRS Berlin, Allemagne.

LE CONGRÈS MONDIAL TERRA 2016 EN QUELQUES CHIFFRES

755 participants durant **4** jours

5 continents et **70** nationalités représentés

64 posters exposés

130 communications présentées écrites par **300** auteurs et co-auteurs

6 communications présentées en session inaugurale

56 communications présentées en session plénière

68 communications présentées lors de 7 ateliers

(Institutions partenaires : MOM, ENSA Lyon, INSA Lyon, ENTPE Lyon, Compagnons du devoir)

1 présentation par le conseil scientifique des recommandations et de la « Déclaration de Lyon »

3 sessions spéciales

«Reconstruction of World Heritage mausoleums in the North of Mali » UNESCO / DNPC Mali

Hommage à Alejandro Alva - ICCROM / CRAterre

Présentations des candidats pour TERRA 2020

1 remise de prix du TERRA Award

Cérémonie de remise des prix du TERRA Award - Prix mondial des architectures contemporaines en terre crue
Invité d'honneur et Président du jury : Wang Shu, School of architecture, China Academy of Arts

12 activités annexes au Congrès

3 librairies spécialisées (Archipel - CRAterre, Getty Conservation Institute, Argumentum)

4 Ateliers de démonstration Terre amàco

1 Stand mallette pédagogique Élémenterre

4 réunions :

ICOMOS International Scientific Committee on Earthen Architectural Heritage (ISCEAH), Getty Conservation Institute (GCI) | The Getty, Réseau PROTERRA / Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra, Réseau Afrique

10 Événements annexes au Congrès

1 Inauguration officielle du prototype d'habitat Terra Nostra, 11 juillet

1 Soirée du Comité scientifique / Mairie de Lyon en présence des élus et partenaires, 12 juillet

1 Présentation officielle du programme de coopération avec l'Arménie / Mairie de Lyon - région AuRA, 12 juillet

1 Vernissage de l'exposition ArchéoTERRA / Musée gallo-romain de Lyon, 12 juillet

1 Soirée des diplômés CEAA / DPEA / DSA Terre de l'ENSA Grenoble / Prototype Terra Nostra, 13 juillet

1 Conférence de Wang Shu, Pritzker Prize 2012 / Musée des Confluences, 14 juillet

1 Visite de Wang Shu, Pritzker Prize 2012 / Prototype Terra Nostra, 15 juillet

3 Visites post-congrès / Lyon le 15 juillet, dans l'Ain le 16 juillet, en Isère le 17 juillet

CRÉDITS / CREDITS / CRÉDITOS*

SOUS LA DIRECTION DE

Hubert GUILLAUD
Thierry JOFFROY
Chamsia SADOZAÏ

COORDINATION

Mathilde CHAMODOT

AVEC DES CONTRIBUTIONS DE

Anne-Sophie BARRÉ, ICOMOS France
Fionn MC GREGOR, École nationale des travaux publics de l'État (ENTPE)
Bérandère PERELLO, Maison de l'Orient et de la Méditerranée (MOM)
Bakonirina RAKOTOMAMONJY
Alix HUBERT
David GANDREAU

COMITÉ D'ÉDITION

Christian BELINGA, Elsa CAUDERAY, Antonin FABBRI (ENTPE),
Laetitia FONTAINE, David GANDREAU, Philippe GARNIER, Hugo
GASNIER, Hubert GUILLAUD, Alix HUBERT, Thierry JOFFROY,
Fionn MAC GREGOR (ENTPE), Sébastien MORISET, Christian
OLAGNON (INSA de Lyon), Bérandère PERELLO (MOM), Élodie
PRUD'HOMME (INSA de Lyon), Bakonirina RAKOTOMAMONJY,
Chamsia SADOZAÏ, Nuria SANCHEZ MUÑOZ, Enrique
SEVILLANO GUTIÉRREZ

CONCEPTION GRAPHIQUE GÉNÉRALE

Arnaud MISSE

PRODUCTION

Isabelle PALMI & Anne-Sophie BARRÉ
ICOMOS France

TRADUCTIONS

Léticia DELBOY
Nuria SANCHEZ MUÑOZ
Enrique SEVILLANO GUTIÉRREZ

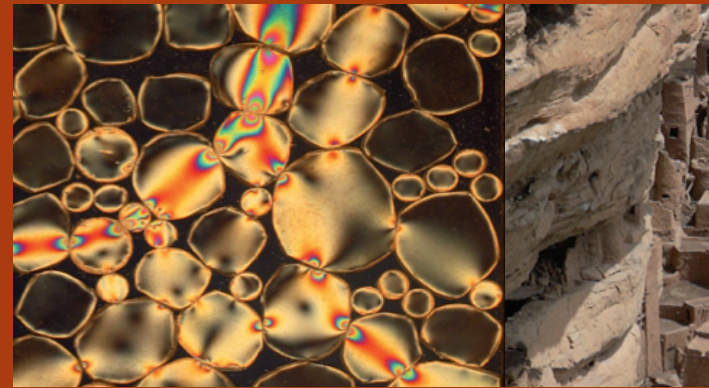
ISBN 979-10-96446-11-7 (version imprimée)
ISBN 979-10-96446-12-4 (version numérique)
Editions CRATerre - décembre 2017
Maison Levrat, Parc Fallavier
2 rue de la Buthière - BP 53
38092 Villefontaine Cedex France
Imprimerie du Pont de Claix
Dépôt légal : janvier 2018

* Univ.Grenoble-Alpes, ENSAG, Labex AE&CC, Laboratoire CRATerre sauf lorsque spécifié

Le 12^e Congrès mondial TERRA 2016 sur les architectures de terre s'est tenu à Lyon du 10 au 14 juillet 2016. Lors de cette session, plusieurs thèmes spécifiques ont été abordés: les inventaires et études des patrimoines, leur conservation et gestion, le développement local, la recherche, l'expérimentation et l'innovation, les nouvelles dynamiques, le transfert des connaissances et le renforcement des capacités. Ainsi, le plus large registre des problématiques relatives aux architectures de terre a été couvert, en transversalité d'approches disciplinaires et en mettant l'accent sur le développement durable local.

The 12th TERRA World Congress on Earthen Architectures was held in Lyon from July 10th to 14th, 2016. During this session, several specific themes were addressed: heritage inventories and studies, heritage conservation and management, local development, research, experimentation and innovation, new dynamics, knowledge transfer and capacity building. A comprehensive array of issues related to earthen architectures was covered through an interdisciplinary approach and with a focus on local sustainable development.

El 12^o Congreso Mundial TERRA 2016 sobre arquitectura de tierra se celebró en Lyon del 10 al 14 de julio de 2016. Durante esta conferencia se abordaron varios temas específicos: inventarios y estudios sobre patrimonio y sobre su conservación y gestión, desarrollo local, investigación, experimentación e innovación, nuevas dinámicas, transmisión de conocimientos y refuerzo de capacidades. De este modo, se pudieron tratar la mayor cantidad de cuestiones relacionadas con la arquitectura de tierra, con enfoques disciplinarios transversales y poniendo el acento en el desarrollo local sostenible.



ICOMOS - ISCEAH
International Scientific Committee
on Earthen Architectural Heritage
International Council on
Monuments and Sites



Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture



Convention
du patrimoine mondial



40 €

ISBN 979-10-96446-11-7 (version imprimée)
ISBN 979-10-96446-12-4 (version numérique)