



HAL
open science

**Cultures constructives vernaculaires et résilience : entre
savoir, pratique et technique : appréhender le
vernaculaire en tant que génie du lieu et génie
parasinistre**

Annalisa Caimi

► **To cite this version:**

Annalisa Caimi. Cultures constructives vernaculaires et résilience : entre savoir, pratique et technique : appréhender le vernaculaire en tant que génie du lieu et génie parasinistre. Architectures Matérielles [cs.AR]. Université de Grenoble, 2014. Français. NNT : 2014GRENH011 . tel-01148207

HAL Id: tel-01148207

<https://theses.hal.science/tel-01148207>

Submitted on 4 May 2015

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.

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Spécialité : **Architecture**

Arrêté ministériel : 7 août 2006

Présentée par

Annalisa CAIMI

Thèse dirigée par **Hubert GUILLAUD**
codirigée par **Philippe GARNIER**

préparée au sein de
l'**Unité de Recherche AE&CC, Laboratoire CRAterre - ENSAG**
dans l'**École Doctorale n°454**
Science de l'Homme, du Politique et du Territoire

Cultures constructives vernaculaires et résilience.

**Entre savoir, pratique et technique :
appréhender le vernaculaire en tant que
génie du lieu et génie parasinistre**

Thèse soutenue publiquement le **8 avril 2014**,
devant le jury composé de :

M. Hubert GUILLAUD

Professeur HDR, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble,
Directeur de thèse

M. Philippe GARNIER

Maître-assistant, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble,
Co-directeur de thèse

Mme Mariana CORREIA

Professeur, Docteur, Escola Superior Gallaecia (Portugal), Rapporteur

Mme Isabelle MILBERT

Professeur, Docteur, Institut des Hautes Etudes Internationales et du
Développement (Suisse), Rapporteur et président du jury

M. Ferruccio FERRIGNI

Professeur, Università degli Studi Federico II (Italie), Examineur extérieur

Mme Corinne TREHERNE

Architecte, Officer Senior, International Federation of Red Cross and Red
Crescent Societies, Personnalité extérieure

*Université Joseph Fourier / Université Pierre Mendès France /
Université Stendhal / Université de Savoie / Grenoble INP*



*La culture venue des racines
traverse tiges, bourgeons, feuilles et fleurs,
d'une cellule à l'autre comme un sang vert
et nourrit l'espace sous la pluie
de cette odeur de jardin arrosé.*

*Mais une culture venue d'ailleurs
renversée sur les hommes les pétrifie ;
les voici comme des poupées en sucre
que les pluies généreuses de la vie
transforment en une pâte informe et lourde.*

Hassan Fathy, 1969

RÉSUMÉ

CULTURES CONSTRUCTIVES VERNACULAIRES ET RÉSILIENCE.

ENTRE SAVOIR, PRATIQUE ET TECHNIQUE : APPRÉHENDER LE VERNACULAIRE EN TANT QUE GÉNIE DU LIEU ET GÉNIE PARASINISTRE

Dans les régions exposées à des aléas naturels, une large partie des bâtiments composant l'environnement construit sont réalisés presque exclusivement sur la base de l'expérience et de l'observation des bâtisseurs locaux, sans l'appui d'un architecte ou d'un ingénieur. Les communautés installées dans ces zones ont développé, au fil du temps, une multitude de stratégies pour cohabiter avec ces phénomènes, incluant des comportements sociaux et des approches de construction visant à prévenir et/ou à limiter l'exposition du bâti et de ses habitants. En fait, les constructeurs ont souvent intégré la présence et les caractéristiques locales des aléas naturels dans leurs pratiques quotidiennes, élaborant des détails et des dispositions constructives particulières pour réduire la vulnérabilité des artefacts et du milieu bâti.

Le concept de culture constructive embrasse la dimension sociale et technique de l'acte de construire et du processus d'élaboration des savoirs et savoir-faire qui lui sont inhérents, reflétant intrinsèquement la multiplicité des sociétés humaines et leur enracinement indissoluble au territoire qu'elles habitent. Le vernaculaire en tant que caractérisation des modes de bâtir, d'habiter et de se protéger se révèle par ce fait une source précieuse de pratiques, techniques et mesures, testées au cours des siècles et des multiples aléas, pour la construction d'environnements bâtis durables, accessibles et sûrs.

Ce travail de recherche explore le potentiel présenté par les cultures constructives vernaculaires dans le renforcement de la résilience locale. Et cela à partir des pratiques - constructives et comportementales - développées par les populations, groupes et individus habitant des contextes géographiquement exposés à des aléas naturels. Se fondant sur une forte interaction entre la théorie et la pratique, cette recherche entame une (re)découverte de l'ingéniosité intrinsèque à ces savoirs par le développement de deux axes thématiques. L'un investigate les dispositions et les dispositifs vernaculaires à caractère parasinistre ayant démontré leur efficacité à réduire la vulnérabilité de l'environnement construit envers différents types d'aléas naturels. L'autre axe questionne les modalités de leur identification et contribution directe au renforcement des capacités de populations et institutions dans la gestion des crises. À une analyse technique s'associe l'élaboration d'un outil méthodologique soutenant la mise en place d'une démarche de projet s'ancrant fortement aux spécificités contextuelles selon une logique de continuité, tant culturelle que de pratique, entre passé et futur, entre préparation et réponse aux catastrophes.

MOTS CLÉS

cultures constructives vernaculaires, architecture vernaculaire, culture du risque, aléas naturels, résilience, outils d'analyse contextuelle

ABSTRACT

VERNACULAR BUILDING CULTURES AND RESILIENCE.

KNOWLEDGE, PRACTICE AND TECHNIQUE: APPREHENDING VERNACULAR AS GENIUS LOCI AND DISASTER RESILIENT INGENUITY

In areas prone to natural hazards, many of the buildings that make up the built environment are constructed almost exclusively through the experience and the direct observation of local builders, without the support of any architect or engineer. In these regions, communities have developed over time a variety of strategies to cope with natural phenomena through patterns of social behaviours and building approaches intended to prevent and/or to reduce their exposure to local risks. Similarly, local builders have often integrated reactive responses to natural hazards into their daily practices, developing singular techniques, building details or devices aiming to reduce the vulnerability of the built environment.

The concept of building culture embraces the social and technical aspects related to the construction process and to the development of corresponding knowledge and know-how, intrinsically reflecting the multiplicity of human societies and their indissoluble connection with the territories they inhabit. The vernacular as characterization of ways of building, living and protecting oneself proves to be a valuable source of practices, techniques and measures, tested over the years and during multiple hazards, for contemporary construction of sustainable, accessible and safe built-environments.

This research explores the potential of vernacular building cultures in enhancing local resilience; and this starting from- constructive and behavioural- practices developed by individual people and groups living in contexts geographically exposed to natural hazards. Based on a strong interaction between theory and action, this research undertakes a (re)discovery of vernacular knowledge through two thematic focuses. One examines disaster resilient vernacular provisions and devices which have demonstrated their effectiveness to reduce vulnerability of the built environment to various types of natural hazards. The other one considers ways for their identification and direct contribution to strengthening capacities of communities and institutions for disaster risk management. This research combines a technical analysis with the development of a methodological tool, contributing to set up a project approach strongly rooted into contextual specificities, linking culture and practice, past experience and future needs, disaster response and preparedness.

KEYWORDS

disaster resilient building culture, vernacular architecture, local risk culture, natural hazards, resilience, contextual analysis tools

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont en premier lieu aux membres du laboratoire CRAterre-ENSAG qui, apportant une perspective à la fois académique et de « terrain », ont contribué à tisser un lien entre la recherche et l'action. En particulier, je tiens à remercier ceux qui, de près et de loin, ont soutenu mon travail et dont les réflexions, les connaissances et l'expérience ont été une source indispensable de savoirs et d'énergie. Merci à :

Hubert GUILLAUD, directeur de recherche, pour sa patience, son écoute et ses relectures attentives ainsi qu'à Philippe GARNIER, co-directeur de thèse et coordinateur du projet ReparH, pour ses conseils et son esprit d'initiative ; soutien dont cette recherche n'aurait pu se passer ;

Olivier MOLES, enseignant chercheur, pour ses suggestions avisées, sa confiance dans mon travail, les opportunités offertes permettant d'alimenter la théorie par la pratique ainsi que pour le partage de son approche, qui a considérablement nourri les réflexions entamées au cours de cette recherche ;

l'ensemble de l'équipe du laboratoire CRAterre-ENSAG, parmi lesquels en particulier Thierry JOFFROY pour sa disponibilité et ses recommandations. Les multiples points de vue, la complémentarité des compétences et les échanges tout au long de ces trois ans ont été un appui précieux pour bâtir une démarche cohérente avec l'évolution des idées et des actions ;

l'Agence Nationale Française de Recherche qui, par le financement du projet ReparH-Reconstruire parasinistre en Haïti (ANR-10-HAIT-003), a rendu possible la réalisation de la présente thèse et la mise en place d'un cadre de travail adapté.

Le croisement et l'échange mutuel entre la recherche et la pratique n'auraient pu avoir lieu sans les contributions des personnes engagées dans les activités et projets sur le terrain, entre l'ici et l'ailleurs.

En Europe, merci à Alexandre DOULINE pour les occasions qu'il a su créer en Haïti, soutenant simultanément ma recherche et le travail des partenaires locaux. Merci également à Christian BELINGA NKO'O, Elsa CAUDERAY, Laure CORNET, Florie DEJEANT, Julien HOSTA et Sophie MARONGIU pour le temps qu'ils m'ont dédié et leur esprit critique.

En Haïti, *mèsi anpil* aux membres des organisations haïtiennes Acape, CONCERT-ACTION, EPPMPH, GID, IRATAM, PRESTEN, Vedek et, en particulier, à M. Jean-Marie LOUIS, Mme Madeleine CASIMIR et aux ingénieurs Jean CÉLINÈS et Lerismé ST-PIERRE du GADRU, pour leur intérêt dans mon travail et leur engagement.

Au Bangladesh, *dhan'yabāda* aux membres de Caritas Bangladesh, dont l'expérience a été une source d'apprentissage privilégiée, et en particulier à M. Ratan Kumar PODDER et M. Pintu William GOMES (Caritas Bangladesh) ainsi qu'au Dr. Mohammad Shariful ISLAM et au Dr. Tahsin Reza HOSSAIN (Bangladesh University of Engineering and Technology) pour les échanges enrichissants et leur volonté d'expérimenter ensemble.

Aux personnes rencontrées le long de mon cheminement - habitants, constructeurs, opérateurs de terrain, chercheurs, responsables de projet- pour leur accueil et le partage des réflexions m'ayant permis d'appréhender la « réalité du terrain » et de persévérer dans mes recherches.

Un *grazie speciale* va :

à mes proches, pour leur soutien constant dans mes choix, le grain de liberté qu'ils entretiennent et l'attention aux « petits riens » qu'ils m'ont appris, source d'inspiration tout au long de mes explorations ;

à Chiara Sajidha SAUTTER et Stefano ZERBI, chers amis qui ont su avec délicatesse m'extraire de temps à autres des méandres de mes recherches pour apporter un rayon de socialité humaine à mes journées ;

à Milo, sans qui la joie de la découverte serait restée muette et solitaire et mes doutes et incertitudes seraient parfois parus des obstacles insurmontables ; merci pour nos questionnements et discussions continues, pour la tendresse de ta patience et ton soutien, entre les mots et les jours.

À conclusion de l'expérience scientifique et humaine qui a été cette recherche en thèse, mes remerciements vont également aux membres du jury qui ont accepté de lire et évaluer mon travail ainsi que de participer au moment de son achèvement officiel. J'ai eu le privilège de compter sur la présence et l'apport de quatre experts internationaux :

prof. Dr. Mariana Correia

(Escola Superior Gallaecia, Portugal)

prof. Dr. Isabelle Milbert

(Institut des Hautes Études Internationales et du Développement, Suisse)

prof. Ferruccio Ferrigni

(Università Federico II et Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali, Italie)

arch. Corinne Treherne

(Fédération Internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge, Suisse)

Leur regard critique, la complémentarité des points de vue et l'importance de leurs connaissances dans les différents domaines touchés par ce travail, m'ont été particulièrement précieux ; la richesse des échanges lors de la soutenance et l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche ont été pour moi un honneur.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	15
Avant-propos	16
I. Habitat et aléas naturels : délimitation du domaine de la recherche	17
II. Architecture vernaculaire et culture constructive, catastrophes et résilience : définition du cadre de référence	19
II.1. L'architecture, une affaire d'anonymes	19
II.1.1. Architecture vernaculaire : du construit, du culturel et du milieu	20
II.1.2. L'architecture en tant qu'expression d'une culture constructive	22
II.1.3. Le vernaculaire entre matérialité et processus	24
II.1.4. Habitat vernaculaire et cultures constructives : définition de l'objet de la recherche	26
II.2. Réduction de la vulnérabilité et aide humanitaire	27
II.2.1. De la réaction à l'anticipation, entre institutionnalisation et technicisation	27
II.2.2. Anticiper la crise, après la crise : du produit au processus	29
II.2.3. Interventions dans le secteur de l'habitat : limites techniques et méthodologiques	30
II.2.4. Complexité du contexte : constats et considérations	31
II.3. Cultures constructives vernaculaires et pratiques d'interventions : questionnement du cadre problématique	33
III. Cadre de la recherche	35
III.1. Sujet et objectifs de la recherche	35
III.2. Questions de recherche et hypothèse	37
III.3. Approche méthodologique	37
III.4. Outils et critères méthodologiques	40
III.5. Présentation du plan de la thèse	44
PARTIE 1 / INTERVENTIONS EN ZONES À RISQUES ET FACTEURS CONTEXTUELS : APPROCHES, CONTENUS ET INFLUENCES	47
Introduction de la partie 1 / Programmes d'habitat : composants de projet	49
1. Approches de projet : stratégies et positionnements	50
1.1. Les parties prenantes : niveaux et rôles	54
1.2. Modèles de gestion : acteurs et influences décisionnelles	55
1.3. Le système relationnel comme signification de participation	56
1.4. L'approche de projet, une question d'adaptation et implication	59
2. Produit construit : types d'interventions et temporalités de l'habitat	61
2.1. La construction permanente, entre existant et nouveau	62
2.2. Niveaux d'action : du détail constructif au territoire habité	67
2.3. Après la catastrophe : du temporaire vers le permanent	68
2.4. De l'urgence à la (re)construction : construire (dans) la continuité	71

3.	Renforcement des capacités et diffusion des connaissances : démarches et outils	73
3.1.	Niveaux contextuels, niveaux de capacités	74
3.2.	Outils et compétences pour un renforcement des capacités	75
3.3.	Activités et supports : entre construction et communication	76
3.4.	Outils de communication dans la reconstruction post-séisme en Haïti	82
3.5.	Du renforcement des compétences au renforcement des capacités	84
Conclusions de la partie 1 / L'habitat en zones à risques :		
	une approche stratégique et holistique entre urgence, réhabilitation et prévention	86
	Axes d'approfondissement / Appréhender le vernaculaire situé et parasinistre	89
 PARTIE 2 /		
PRATIQUES LOCALES, RISQUES ET MILIEU : UNE MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE CONTEXTUELLE		91
Introduction de la partie 2 / Vers une analyse systémique		93
4.	Démarches d'analyse	94
4.1.	Le diagnostic : significations et enjeux	94
4.2.	Participation et interrelations des acteurs	96
4.3.	Méthodologies d'analyse : principes d'approches et de participation	100
4.3.1.	Éléments pour un cadre méthodologique référentiel	101
4.4.	Le bâti en zones à risques : procédures d'analyse	108
4.4.1.	Évaluation post-catastrophe	108
4.4.2.	Analyse participative en zones à risques : l'habitat en tant que composante d'un environnement social	109
4.4.3.	Analyse du bâti en zones à risques	111
4.4.4.	L'analyse du bâti en zones à risques, entre culture et construit	114
5.	Analyser les cultures constructives vernaculaires en zones à risques : entre outils et processus	115
5.1.	Investigation des cultures constructives vernaculaires	115
5.2.	Une démarche itérative : entre théorie et terrain	116
5.3.	Principes méthodologiques	121
5.4.	Entre habitat, savoirs et risques	122
5.5.	Sources et ressources pour une information partagée	125
5.6.	Outils pour une analyse participative	127
5.7.	Étapes de mise en œuvre	147
5.8.	Niveaux d'analyse	149
5.9.	Mise en situation	151
5.9.1.	Haïti : construction de nouvelles compétences, de la reconstruction à la prévention	152
5.9.2.	Bangladesh : cultures locales et renforcement de compétences, de l'analyse située aux stratégies de préparation	159
6.	Une méthodologie d'analyse : potentialités et synergies	165
6.1.	Facteurs d'adaptation : du contexte à l'approche	165
6.2.	Modalités d'appropriation : de la prise de conscience à l'acquisition de compétences	168
6.3.	Niveaux d'application : entre recherche scientifique et pratique de terrain	171
Conclusion de la partie 2 / Recherche et action pour une analyse située		174

PARTIE 3 /	
CULTURES CONSTRUCTIVES VERNACULAIRES ET ALÉAS NATURELS : ÉLÉMENTS DE RÉSILIENCE	177
Introduction de la partie 3 / Habiter le risque, une approche holistique	179
7. Savoirs de résilience	181
7.1. La résilience par l'interprétation, l'explication et la mémoire	182
8. Le bâti, entre risque et culture	185
9. Les cultures constructives du risque :	
entre technique et pratique, entre temporaire et permanent	189
9.1. Mesures techniques permanentes	190
9.2. Mesures techniques temporaires	191
9.3. Mesures comportementales	192
9.4. Résilience du bâti vernaculaire : une approche pluridimensionnelle	193
10. Mesures de réduction de la vulnérabilité : échelles d'application	194
10.1. Le territoire : de la gestion à la planification	194
10.2. Le bâti : approches, systèmes et dispositifs	198
10.3. Construction vernaculaire et aléa sismique : un approfondissement structurel	200
10.3.1. Systèmes porteurs ponctuels	204
10.3.2. Systèmes porteurs continus	220
10.3.3. Typologies structurelles : une comparaison géographique	243
10.4. Dispositifs vernaculaires parasinistres : de la macro à la micro échelle	248
10.4.1. Principes d'ensemble	248
10.4.2. Réduction de la vulnérabilité envers les vents violents et cycloniques	250
10.4.3. Réduction de la vulnérabilité envers les inondations	253
10.4.4. Réduction de la vulnérabilité envers les séismes	255
11. Constats, pratiques et perspectives, pour une régénération des savoirs	260
11.1. Le vernaculaire parasinistre : entre évolution des pratiques et dégénérescence des cultures	260
11.2. Pistes de recherche (et) action pour un changement de paradigme	264
Conclusion de la partie 3	271
CONCLUSIONS	273
De la pratique à la recherche, vers l'action	275
Conclusions connexes	281
Glossaire	287
Bibliographie	288
Liste des illustrations	319
Liste des tableaux	322
Liste des acronymes	323
Annexes	329

SOMMAIRE DES ANNEXES

A.1. Partie 1 / Projets de terrain	333
A.1.1. Bangladesh :	
Fiche de contexte	335
Fiche du programme	337
A.1.2. Haïti :	
Fiche de contexte	339
Fiches par projet	341
Outils de communication dans la reconstruction post-séisme	365
A.2. Partie 2 / Méthodologie d'analyse des cultures constructives locales en zones à risques	375
A.2.1. Supports d'analyse	377
A.2.2. Gestion du processus d'analyse : exemple du projet au Bangladesh	396
A.2.3. Extraits des rapports	399
A.3. Partie 3 / Fiches d'approfondissement :	
systèmes porteurs vernaculaires en zone sismique	445
A.3.1. Systèmes porteurs ponctuels	447
A.3.2. Systèmes porteurs continus	497
A.3.3. Entre ponctuel et continu : synthèse des systèmes constructifs traités	528
A.3.4. Liste générale par typologie	530
A.3.5. Tableau récapitulatif par zone géographique	533

INTRODUCTION



Fig.1: Haïti, Jean Rabel, habitation vernaculaire

AVANT-PROPOS

Habiter un lieu est essentiellement un compromis ou, plutôt, une recherche continue vers un équilibre permettant d'harmoniser les exigences, les désirs et les capacités d'individus et groupes humains aux contraintes et potentialités présentées par le contexte. La nécessité de s'abriter mais également d'exprimer un système de valeurs et de pratiques génère un processus continu de production, adaptation et évolution de l'habitat en accord aux besoins, aspirations et capacités de ses constructeurs et habitants. Cette dynamique est influencée par les ressources dont ces derniers disposent, ainsi que par leur façon de percevoir et de se rapporter aux manifestations ordinaires et extrêmes de la nature. Si les spécificités d'un objet et d'un environnement bâti sont étroitement liées aux caractéristiques du milieu humain et naturel auquel elles se rapportent, certaines de leurs particularités architecturales et constructives peuvent trouver une raison d'être dans les choix conscients effectués par leurs bâtisseurs, en relation à la présence de phénomènes naturels exceptionnels. Les cultures constructives s'imprègnent, ainsi, d'une intelligence évoluée au fil du temps pour pouvoir cohabiter avec les risques qui caractérisent le territoire habité.

La présente recherche interroge la relation entre la dimension vernaculaire et culturelle de l'acte de bâtir et les phénomènes naturels majeurs. Son hypothèse repose sur le potentiel présenté par les cultures constructives vernaculaires dans le processus de renforcement de la résilience locale; son objectif est ainsi d'entamer une (ré)découverte des savoirs et savoir-faire qui leur sont inhérents en tant que source d'inspiration pour une réduction de la vulnérabilité à long terme. Pour ce faire, elle puise dans la théorie et l'expérimentation pour une analyse méthodologique et technique des pratiques - constructives et comportementales - à caractère parasinistre, développées par les communautés, groupes et individus habitant des contextes géographiquement exposés à des aléas naturels. Analyser, écouter, observer, établir des relations, en dégager des propositions : ce sont les outils structurant l'exploration des dispositions et dispositifs vernaculaires ainsi que le questionnement des modalités de leur identification et contribution directe pour un renforcement des capacités de populations et institutions dans la préparation, la gestion et la réponse aux crises.

Ce travail de thèse ancre le développement d'une réflexion théorique aux pratiques et réalités du terrain, par l'établissement d'une interaction forte entre recherche scientifique et action située. En particulier, il propose une approche méthodologique d'identification et d'analyse des cultures constructives vernaculaires en zones à risques, expérimentée et testée en collaboration avec des institutions locales et internationales dans le cadre de programmes de réduction de la vulnérabilité de l'habitat, en Haïti et au Bangladesh. Cette recherche s'inscrit dans le projet ReparH – Reconstruire parasinistre en Haïti, financé par l'Agence Nationale de Recherche suite au séisme de janvier 2010 en vue de dégager des enseignements pour l'amélioration de la réponse et de l'anticipation à des futures crises, en Haïti comme dans d'autres régions exposées à l'impact d'aléas naturels.

I. HABITAT ET ALÉAS NATURELS : DÉLIMITATION DU DOMAINE DE LA RECHERCHE

L'habitat caractérise et répond à un des besoins primaires pour la survie de l'être humain.

“Physiquement fragile, l'homme a toujours eu la nécessité de chercher ou de construire des abris pour soi, sa progéniture, sa famille. [...] L'homme nidifie partout et, en outre, il est capable de construire des typologies indéfinies de nids. Ses “nids” correspondent à la capacité qu'il possède d'utiliser librement son intelligence pour introduire dans l'environnement des prolongements lui permettant de s'adapter à toute condition extérieure et de s'ajuster à toute situation” (PIEROTTI, ULIVIERI, 2001, p. 7, trad. A. Caimi).

Le concept d'habitat englobe toutefois une signification plus vaste que celle de simple abri, entendu comme une structure naturelle et/ou construite à fonction de protection envers les intempéries et d'autres types de dangers. Il se rapporte directement à la notion d'habiter en tant qu'action d'« occuper habituellement un lieu » (Centre National des Ressources Textuelles et Lexicales), associant ainsi une dimension spatiale et temporelle. Il désigne l'environnement physique mais aussi social et culturel constituant le cadre de vie d'un groupe d'individus et comprenant l'« ensemble des conditions d'organisation et de peuplement par l'homme du milieu où il vit » (Ibid.). Au sens large, le terme d'habitat se réfère autant aux caractéristiques d'un territoire qu'aux modalités adoptées par ses occupants pour s'y déplacer, l'utiliser en tant que support et ressource d'activités ainsi que pour structurer le cadre de vie par l'articulation de ses composants naturels, construits et humains. La notion d'habitat va donc au-delà de celle d'habitation mais elle y est étroitement corrélée car *“elle recouvre l'ensemble des liens multifformes qui se nouent autour du logement”* dans lequel *“l'habitat est simultanément un ensemble d'objets matériels, incluant leur arrangement et leurs configurations à différentes échelles, et un ensemble de pratiques et de représentations, impliquant une gamme d'acteurs qui va de l'individu à l'État en passant par tous les autres maillons de la vie sociale”* (SEGAUD, BRUN, DRIANT, 2002, p. vii-viii).

L'habitat et l'acte d'habiter assument par ce fait une connotation double (TURNER, 1972) : celle tangible des artefacts bâtis, de leurs particularités et de leur relation au milieu naturel ; celle intangible de l'activité d'individus et groupes humains de construire et vivre un certain lieu. L'habitat est ainsi concevable aussi bien comme produit que comme processus ; les deux sont directement corrélés à la sphère socioculturelle vis-à-vis de laquelle l'habitation dépasse la dimension purement structurelle devenant « une unité sociale d'espace » (RAPOPORT, 1969) : elle *“n'est pas simplement l'enveloppe matérielle de la cellule qui abrite l'individu et la famille. [Elle] est un maillon essentiel de la relation de l'individu à la société et au monde”* (SEGAUD, BRUN, DRIANT, 2002, *op. cit.*, p. vii).

Dans la forme de l'habitation, l'habitat assume un rôle particulièrement important dans la vie d'un individu en tant que facteur de caractérisation de sa sécurité physique et économique, de sa position sociale et en tant que correspondant symbolique. Ce qui en fait non seulement un besoin primaire mais également un droit universel¹. Cela ne se limite cependant pas au fait de pouvoir disposer de « quatre murs et d'un toit » mais se réfère à la constitution d'un ensemble de conditions, aussi bien physiques qu'économiques, sociales et politiques, permettant à *“tout homme, femme, jeune et enfant d'obtenir et de conserver un logement sûr dans une communauté où il puisse vivre en paix et dans la dignité”*². Parmi ces conditions, le respect du milieu culturel et de l'expression de l'identité culturelle des occupants font partie des critères minimaux, tout aussi fondamentaux que la simple

¹ *“Toute personne a droit à un niveau de vie suffisant pour assurer sa santé, son bien-être et ceux de sa famille, notamment pour l'alimentation, l'habillement, le logement, les soins médicaux ainsi que pour les services sociaux nécessaires”* (Nations Unies, Déclaration universelle des droits de l'homme, 10 décembre 1948, art. 25 (1)).

² Définition établie par le premier Rapporteur spécial sur le logement convenable pour le Haut Commissariat aux droits de l'homme des Nations Unies (source : <http://www.ohchr.org>).

fourniture et disponibilité d'un logement, la sécurité ou l'accessibilité physique et économique, permettant de considérer un abri dans ses différentes formes et matérialités en tant que « logement convenable » (UN-HABITAT, 2010).

Support des activités et du vivre humain ainsi qu'élément de protection matérielle et symbolique, l'habitat constitue l'interface où s'explicitent les interactions entre l'homme et le milieu naturel. De ce fait, il est fortement influencé par certains événements qui, par leur ampleur, récurrence et intensité, dépassent les manifestations ordinaires de la nature. Les phénomènes qui en sont à l'origine intègrent un potentiel destructeur pouvant déterminer un renversement des logiques attribuées et effectives : d'élément protecteur assurant la survie, l'habitat devient élément fragile succombant à la puissance des forces naturelles jusqu'à constituer une menace tant pour la sécurité immédiate de ses occupants que pour leur survie dans le long terme.

Séismes, cyclones, inondations sont entre les plus perceptibles des puissants phénomènes qui animent la surface et les profondeurs terrestres et dont la manifestation a des répercussions directes sur l'environnement naturel et construit et les populations humaines. En raison de leurs origines reductibles à des facteurs d'ordre géologique, atmosphérique et/ou hydrologique, certains aléas naturels se manifestent de manière récurrente dans des zones géographiques particulières ; leur présence et fréquence étant essentiellement indépendantes de l'action humaine. Toutefois, d'autres aspects contribuent à favoriser la survenance d'événements à caractère catastrophique. Des modifications des conditions environnementales, socioéconomiques, politiques, voire physiques, se sont produites au cours des dernières décennies, aussi bien à échelle locale que mondiale. Ces altérations déterminent une amplification des effets de ces phénomènes, leur apparition dans des nouvelles régions, l'émergence de nouveaux facteurs et types de risques, exacerbant la vulnérabilité des individus habitant certaines zones géographiques et/ou appartenant à certaines franges économiques (UNISDR, 2009a).

Les données actuelles montrent une augmentation significative³ du nombre de personnes affectées par des catastrophes, qui sont passées de 90 millions en 1990 à plus de 255 millions en 2003⁴ (GUHA-SAPIR, HARGITT, HOYOIS, 2004). Cette évolution se révèle particulièrement marquée en relation à des événements qui, bien que d'étendue limitée, sont néanmoins responsables d'une dégradation importante des structures et des sources de subsistance (UNISDR, 2011). Si la plupart des pertes humaines et économiques est provoquée par des aléas d'extrême violence mais relativement rares, l'accumulation des pertes dues à des crises de faible ampleur, fréquentes et localisées engendre des conséquences similaires à celles de catastrophes majeures⁵ (UNISDR, 2013b). Affectant de manière directe l'environnement bâti, les séismes, les inondations et les cyclones sont statistiquement les phénomènes qui causent le nombre⁶ le plus élevé d'habitations endommagées et détruites⁷ à échelle mondiale.

Cette recherche s'articule autour de ces deux éléments : l'habitat humain et les aléas naturels, en interrogeant la relation qui subsiste au niveau des matérialités et des pratiques qui s'y rapportent.

3 L'analyse des événements s'étant produits au cours du XX^e siècle semble en indiquer une certaine recrudescence, qui résulte toutefois en partie d'une systématisation et amélioration des procédures de récolte de données à partir des années 1960 (GUHA-SAPIR, HARGITT, HOYOIS, *op. cit.*). Une augmentation effective de certains phénomènes, en particulier de type hydrométéorologique, est néanmoins constatable au cours des derniers trente ans (Source : Munich Re, NatCatService).

4 Une étude conduite par le Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – CRED (Université catholique de Louvain, Belgique) a mis en évidence une augmentation de plus de 180% du nombre de personnes affectées entre 1990 et 2003, contre une augmentation d'environ 60% des événements rapportés dans la même période (Ibid.).

5 Les premiers sont définis comme des risques de type intensif, « associés à l'exposition de grandes concentrations de personnes et d'activités économiques face à des événements intenses, qui peuvent entraîner des dommages impliquant une mortalité élevée et de très nombreux dommages », et les deuxièmes des risques de type extensif « associés à l'exposition des populations dispersées à des risques répétés ou persistants, de faible ou de moyenne intensité, souvent de nature très localisée » (UNISDR, 2009b, *op. cit.*).

6 Une étude récente conduit en 21 pays et États a mis en lumière une forte augmentation du nombre d'habitations endommagées par des aléas naturels, qui a quasiment sextuplé entre 1990 et 2009 (UNISDR, 2011, *op. cit.*).

7 Source : système de gestion des informations sur les catastrophes DesInventar : <http://www.desinventar.net>

II. ARCHITECTURE VERNACULAIRE ET CULTURE CONSTRUCTIVE, CATASTROPHES ET RÉSILIENCE : DÉFINITION DU CADRE DE RÉFÉRENCE

Les deux noyaux fondant le domaine de recherche sont abordés selon une perspective particulière : l'habitat d'individus et groupes humains considéré du point de vue du caractère vernaculaire et culturel associé aux pratiques de bâtir ; la manifestation des aléas naturels du point de vue de la réponse et gestion des crises qu'ils déclenchent rapportées au domaine de l'aide humanitaire. La caractérisation de ces deux thématiques constitue le cadre sémantique et épistémologique de référence, duquel émane la définition de l'objet de la recherche et de son cadre théorique ainsi que la détermination de la problématique et des questionnements qui fondent ce travail.

II.1. L'ARCHITECTURE, UNE AFFAIRE D'ANONYMES

Dans un nombre considérable de pays, la presque totalité des bâtiments composant l'environnement construit est, et a été, réalisée sans le support d'un architecte et/ou d'un ingénieur. De fait, une large partie⁸ de la population mondiale habite et travaille dans des constructions accomplies presque exclusivement grâce à l'expérience et à l'observation directe de leurs constructeurs. D'ailleurs, la construction par et pour la plupart des individus *"a toujours été l'affaire de maîtres d'œuvre anonymes. Ces maîtres d'œuvre étaient en réalité des véritables maîtres du bâtiment, qui concevaient et réalisaient directement sur le chantier"* (BELMONT, 1970, p. 24).

L'intérêt particulier qui s'est développé à partir des années 1960 à l'égard de ces architectures découle probablement d'une fascination pour une *"architecture des et par les gens ordinaires"* (OLIVER, 2003), antithétique à celle dérivant d'un processus d'institutionnalisation et de contrôle de la part d'une élite restreinte, autant professionnelle que sociale (RAPOPORT, 1969, *op. cit.*). À ce propos, Rudofsky (1965) mène une critique explicite envers l'histoire de l'architecture qui se focalise uniquement sur l'architecture au service du pouvoir, l'*"architecture noble et la noblesse architecturale"*, donnant lieu à *"une anthologie de bâtiments de, par et pour les privilégiés"* (trad. A. Caimi). En opposition à cette discipline strictement tournée vers l'architecture formelle, le concept d'*"Architecture without Architects"* émerge ainsi pour indiquer l'architecture réalisée et habitée par les gens ordinaires, l'architecture du peuple.

À l'heure actuelle les définitions et le champ d'analyse se sont élargis à d'autres typologies architecturales et constructives. Néanmoins, le concept proposé par Rudofsky persiste dans l'expression, aujourd'hui largement utilisée, de *non-engineered structures* désignant les *"bâtiments construits spontanément et informellement avec aucune intervention d'architectes et ingénieurs qualifiés"* (ARYA, 2000, trad. A. Caimi). L'emploi de ces termes explicite la différence, voire l'opposition, entre ces constructions et les bâtiments dont la conception et la réalisation s'effectuent avec l'implication et la supervision de spécialistes formés dans les universités, s'appuyant sur une validation structurelle préalable en référence à des paramètres et notions unanimement établis et reconnus par la communauté scientifique⁹.

⁸ À titre d'exemple, on retrouve les pourcentages suivants de constructions réalisées sans l'implication d'un architecte et/ou d'un ingénieur en relation au nombre total d'habitations recensées : en Indonésie, environ 70% (BOEN, 2006) ; 98% au Népal (DIXIT, PRADHANANG, GURAGAIN, et al., 2002) ; 81% au Bangladesh (ISLAM, 2013) ; 85% en Inde (ARYA, 2000, *op. cit.*) ; plus du 70% au Mexique (ALCOCER, REYES, BITRAN, et al., 2002) ; 60% au Pérou (BLONDET, VILLA GARCIA, BRZEZ, et al., 2011).

⁹ Ces constructions sont dénommées *engineered structures*, en référence à la définition du verbe "to engineer", signifiant "to design and build something using scientific principles" (Cambridge Advanced Learner's Dictionary). Dans les chapitres suivants, je traduis l'expression anglophone de *non-engineered structures* par « architectures sans architectes/ingénieurs ».

II.1.1. ARCHITECTURE VERNACULAIRE : DU CONSTRUIT, DU CULTUREL ET DU MILIEU

Les architectures sans architectes/ingénieurs se caractérisent par l'utilisation de ressources techniques et cognitives existantes localement. Les matériaux employés sont souvent ceux disponibles gratuitement dans l'environnement naturel ou parmi les plus économiques sur le marché local ou, parfois, ils sont manufacturés directement par les constructeurs. Pareillement, les compétences nécessaires pour la conception et la production de ces constructions, sont celles des bâtisseurs géographiquement et financièrement accessibles : artisans, maçons, charpentiers, voire les habitants eux-mêmes. Précisément en référence au fort caractère local de ces architectures, la notion de *vernaculaire* a émergée de l'application d'une métaphore linguistique à la théorie de l'architecture (OLIVER, 1969).

Étymologiquement, le terme « vernaculaire » dérive du latin *vernaculus* signifiant « indigène » et impliquant une idée d'enracinement, d'attachement profond à une dimension physique mais également culturelle et pratique d'un lieu ; signification qui se renforce avec l'adjectif *vernaculum* désignant, depuis l'époque romaine, *“tout ce qui était élevé, tissé, cultivé, confectionné à la maison, par opposition à ce que l'on se procurait par l'échange”*¹⁰ (ILLICH, 2005, p. 151).

L'utilisation du terme « vernaculaire » en relation à la pratique architecturale englobe une multiplicité de significations découlant de différentes recherches et théorisations développées à partir de la moitié du XX^e siècle. La particularité de la corrélation entre architecture et vernaculaire se précise avec Oliver (2006) qui propose une définition d'architecture vernaculaire¹¹ en tant que « science indigène du construire », mettant en évidence le caractère scientifique des connaissances auxquelles elle fait appel et qui relèvent d'une vraie et propre « science empirique »¹².

La notion d'architecture vernaculaire couvre en fait l'ensemble des éléments et des techniques de construction, des motifs décoratifs et des typologies qui caractérisent l'architecture ordinaire d'un lieu et qui constituent une sorte de dialecte local¹³, un « langage constructif » localement partagé (ALEXANDER, 1979). Cet ensemble se rapporte à des facteurs qui dépassent l'objet construit et qui se réfèrent à l'environnement social et physique dans lequel il se situe. L'architecture vernaculaire, en effet, *“comprends les habitations et tous les autres bâtiments des gens ordinaires, corrélés à leur environnement contextuel et aux ressources qu'y sont disponibles, habituellement construits - par le propriétaire ou la communauté – utilisant des technologies traditionnelles. Toutes les formes d'architecture vernaculaire sont réalisées en réponse à des besoins spécifiques, en accord avec les valeurs, les systèmes économiques et les modes de vie des cultures qui les produisent”* (OLIVER, 1997, p.ii, trad. A. Caimi).

Les architectures vernaculaires possèdent, par conséquent, certaines particularités qui les différencient radicalement d'autres types de constructions : elles constituent une *architecture*

10 L'application littérale de cette dernière définition à la sphère du construit présente néanmoins quelques limites, en particulier en relation à la nature des rapports entre bâtisseurs et habitants et au processus de construction pouvant avoir recours à une spécialisation des tâches ainsi qu'à des ressources demandant une forme de rétribution. Pour certains auteurs (ILLICH, 2005, *op.cit* ; FREY, 2010), l'utilisation du terme « vernaculaire » selon la signification attribuée par cette définition vise à expliciter une opposition et une critique envers les modes de production modernes, en proposant un « retour » à une conception du travail basé sur *“des activités [...] qui assurent et améliorent l'existence, mais [qui] sont totalement réfractaires à toute analyse ayant recours aux concepts définis par l'économie classique”* (ILLICH, 2005, *op. cit.*, p. 117).

11 Le terme « architecture » reste, selon Oliver, néanmoins ambigu en raison de sa dérivation du grec *arkhitekton* signifiant maître constructeur (de *arkhi* chef, *tecton* constructeur) et impliquant une position de prééminence de celui qui pratique la construction.

12 Les deux termes sont ici entendus dans leur sens étymologique : science du latin *scientia* signifiant “connaissance, savoir” et empirique du grec *ἐμπειρία* « celui qui se guide sur l'expérience » (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales).

13 *“Of course the patterns vary from place to place, from culture to culture, from age to age [...] but still, in every age and every place the structure of our world is given to it, essentially by some collection of patterns which keeps on repeating over and over again. These patterns are not concrete elements, like bricks or doors – they are much deeper and more fluid – and yet they are the solid substance, underneath the surface, out of which a building or a town is always made”* (ALEXANDER, 1979, *op. cit.*, p. 100).

topique, non en tant qu' "architecture relative à un lieu, mais [en tant qu'] architecture qui doit son existence et son sens au fait qu'elle est installée en un lieu" (GODIN, MÜHLETHALER, 2005, p. 52). À chaque typologie architecturale et constructive correspondent une forme, une matérialité, un site, un groupe d'individus et une culture.

FORME, TECHNIQUE ET MILIEU : FACTEURS DÉTERMINANTS ET DÉTERMINÉS

Nombreux chercheurs se sont penchés sur la relation qui existe entre l'habitation humaine et la société à laquelle elle se rapporte, avec une attention spécifique envers les facteurs déterminant les aspects architecturaux et constructifs. Dans l'approfondissement de la corrélation entre forme architecturale et constructive, signification fonctionnelle et symbolique et processus de réalisation et utilisation, le rôle de la culture et de l'environnement dans lequel une communauté évolue assument une importance centrale. Bien que les définitions terminologiques et les approches analytiques diffèrent, deux perspectives se démarquent : l'une se concentrant sur une classification des typologies à partir de facteurs environnementaux et culturels (CATALDI, 1986 ; OLIVER, 1997, *op. cit.*) ; l'autre se focalisant sur la compréhension et l'analyse du processus de création d'objets et environnements construits (GUIDONI, 1975 ; RAPOPORT, 1969, *op. cit.*). Parmi ces travaux, les positions adoptées par trois différents auteurs font ressortir les principaux aspects caractérisant le concept d'architecture vernaculaire.

Selon Enrico Guidoni (1975, *op. cit.*), l'architecture est simultanément le produit et l'instrument de la cohésion sociale, se positionnant en tant que coordination et conditionnement spatial, et cela avant même que comme construction. "Dans tout contexte social, l'architecture assume un rôle historiquement variable ; elle ne peut en aucune manière être isolée dans son aspect technologique sans prendre en compte l'ensemble des facteurs qui lui sont corrélés" (Ibid., p. 10, trad. A. Caimi). L'architecture se réfère en fait à une dimension historique, sociale et culturelle, voire politique, et elle assume le rôle d'instrument de la vie sociale, dont le fondement est "l'espace physique, avec une prédominance initiale de la relation sur la forme, la dimension, la matière, la solution technique". Par conséquent, il est nécessaire d'entendre "l'architecture de l'habitation et l'architecture du territoire comme des pôles inséparables" (Ibid.).

Sur la base d'une conception similaire, Giancarlo Cataldi considère l'architecture vernaculaire comme étant "spécifiquement fruit de l'union indissoluble entre un milieu naturel déterminé et une culture humaine déterminée" (CATALDI, 1989, p. 24). En explorant la corrélation entre la technique et la forme, il considère les matériaux de construction en tant que principal facteur d'influence sur le développement d'une typologie architecturale et constructive¹⁴. Le matériau constitue le degré élémentaire d'un processus de transformation aboutissant à l'« organisme », unité structurelle individuelle capable de s'auto-soutenir et dont la variation morphologique et technologique est déterminée par les caractéristiques des matières premières localement disponibles (CATALDI, 1988). Le croisement de multiples facteurs (fonction d'une structure, système statique, matériaux de construction et époque historique) donne lieu, au fil du temps, à la consolidation de formes architecturales et de solutions techniques caractérisant précisément un environnement, en symbiose avec la société humaine qui s'y établit (CATALDI, 1986, *op. cit.*).

En se focalisant sur le processus de création et de réalisation de la forme architecturale, Amos Rapoport affirme qu'elle "n'est pas simplement le résultat de forces physiques ni d'un seul facteur causal particulier, mais elle est la conséquence de toute une série de facteurs socioculturels entendus dans leur sens le plus large" (RAPOPORT, 1969, *op. cit.*, p. 47, trad. A. Caimi). Il considère en effet qu'elle est le résultat de l'interaction entre des éléments d'ordre symbolique, constituant les

¹⁴ "Il materiale da costruzione prevalente [è] ciò che ha più inciso e incide sugli sviluppi tecnologici della cultura edilizia. All'origine di ogni processo costruttivo locale, c'è sempre la diversa disponibilità di un determinato materiale piuttosto che un altro. Da qui il concetto di area geo-materiale, che si differenzia da quello di area culturale perché con esso ci si vuole riferire proprio a questa peculiarità tecnologica primordiale, sorta di impronta indelebile in ogni processo futuro" (CATALDI, 1989, *op. cit.*, p. 18).

« déterminants primaires » (croyances religieuses, structure sociale, modes de vie, etc.), auxquels s'associent des « déterminants secondaires » d'ordre physique (site, climat, matériaux, technologies, etc.) qui agissent comme des facteurs modifiants, n'ayant aucune influence ni sur ce qui doit être construit ni sur sa forme (RAPOPORT, 2003). L'environnement fournit des possibilités et des options, sans toutefois être contraignant ; la variabilité de leur combinaison et des choix effectués par les sociétés génère la grande variété des formes architecturales caractérisant les habitats existants (RAPOPORT, 1976).

Environnement naturel et matières premières, milieu social et facteurs culturels, époque historique et évolution temporelle : les architectures vernaculaires constituent en fait la matérialisation du rapport d'interdépendance entre construit et non construit, entre matériel et immatériel, entre humain et naturel, en une constante dialectique avec l'espace et le temps. Du point de vue constructif, elles sont le langage du lieu, synthèse de la capacité d'une communauté d'harmoniser sa propre culture et les défis posés par le milieu.

II.1.2. L'ARCHITECTURE EN TANT QU'EXPRESSION D'UNE CULTURE CONSTRUCTIVE

Le concept de « culture » se rapporte à *“un mode de vie typique d'un groupe, une manière particulière de faire les choses”*; toutefois il se réfère également à un *“système de symboles, significations et schémas cognitifs transmis par des codes symboliques”* en relation duquel la culture constitue *“un ensemble de stratégies adaptatives de survie qui se réfère au milieu écologique et à ses ressources”* (RAPOPORT, 2007, p. 1961, trad. A. Caimi).

En association à la sphère du construit, la notion de culture embrasse aussi bien les artefacts que les activités, les pratiques et les connaissances pour leur conception et réalisation. La mise au point des savoir-faire techniques à la base de l'architecture vernaculaire est étroitement corrélée au développement d'une connaissance spécifique des possibilités offertes par le milieu et du potentiel des ressources disponibles en tant que matériaux de construction. De ce fait, l'architecture vernaculaire est fortement marquée par l'acte même de bâtir, ses formes et spécificités étant les résultantes directes d'une méthode expérimentale (PIEROTTI, ULIVIERI, 2001, *op. cit.*) : les connaissances relatives aux matériaux et aux savoir-faire constructifs qui leur sont inhérents étant acquises de façon empirique par l'observation, l'expérimentation et l'ajustement continu. Elles découlent d'innombrables expériences, dont les échecs ont été sans cesse corrigés tandis que les réussites ont été transmises entre bâtisseurs, de génération en génération : *“il n'existait alors aucune coupure entre la formation et le métier, l'un prolongeant exactement l'autre”* (BELMONT, 1970, *op. cit.*, p. 108).

L'acquisition des compétences relatives à la conception et la construction vernaculaires se base en effet sur un processus de transmission de type informel, fondé sur l'apprentissage direct de la pratique auprès d'un maître bâtisseur (ICOMOS, 1999 ; FERRIGNI, HELLY, MAURO, et al., 2005). À titre individuel, chaque constructeur reçoit de la part de ses maîtres des connaissances que, par la suite, il améliore et retransmet à ses successeurs. À titre collectif, les constructeurs effectuent une création commune¹⁵, échelonnée dans le temps, dérivant de l'accumulation des expériences de chacun et constituant un savoir créé et partagé au sein d'une communauté. Ces savoirs découlent d'une « création collective » (BELMONT, 1970, *op. cit.*) donnant lieu à un ensemble de règles non écrites, en évolution continue, collectivement détenues et adoptées¹⁶.

15 *“Knowledge [...] by its very nature is a collective, cumulative enterprise. It is based on exchange within a community. It is an expression of human creativity; both individual and collective”* (SHIVA, 2001, p. 21).

16 *“Il linguaggio dell'architettura [...] è, quindi, essenzialmente collettivo ; anche quando viene lasciato spazio alla iniziativa individuale e familiare, esso non ha senso se non è comprensibile da tutti, se, cioè, non è inseribile, anch'esso come strumento, in un campo globale all'interno del quale la cultura si riconosce”* (GUIDONI, 1975, *op. cit.*, p. 28).

Ce système coordonné de connaissances, procédures et pratiques, propre à un endroit et à un temps précis, se rapporte au concept de « *culture constructive* » qui, par l'association de la dimension culturelle et technique du bâtir, explicite une double perspective. D'une part, l'action de construire en tant que processus de matérialisation des spécificités culturelles d'une certaine société dans ses artefacts construits. D'autre part, la génération d'une culture du construire en tant que processus collectif de lente élaboration et acquisition des savoirs et savoir-faire déterminant les formes architecturales, les techniques et dispositifs constructifs caractérisant l'environnement bâti¹⁷.

“Cette culture est un phénomène collectif : des milliers de bâtiments différents sont produits par des processus communs liés par des connaissances partagées – au regard de ce qu’il faut construire mais aussi de comment le construire – plutôt que par des actes individuels de création. [En effet] la construction est rarement un acte solitaire, isolé du monde matériel, social et esthétique qui l’entoure. La construction d’un bâtiment est presque toujours intégrée dans un réseau reconnaissable de relations humaines entre plusieurs participants, [dont les actions et les décisions] sont guidées par un nombre relativement restreint de systèmes de règles et d’habitudes de croyances et comportements, qui définissent la culture elle-même” (DAVIS, 1999, p. 5, trad. A. Caimi). De fait, “les institutions et les gens [se rapportant] à une culture constructive sont les ultimes responsables de la forme du monde construit. Elles agissent de manière prévisible en ce qui concerne la conception, la construction et le financement des bâtiments ainsi que la fourniture des matériaux et la gestion des terres et du bâti. En ce faisant, non seulement elles appliquent à des projets les connaissances contenues dans la culture constructive, mais elles participent à la reproduction et perpétuation de cette même culture” (Ibid. , p.107, trad. A. Caimi).

La génération et dissémination spatio-temporelle d'une culture constructive se caractérisent par un processus d'« *internalisation, socialisation et externalisation des connaissances ainsi que [par leur] combinaison* »¹⁸. La création et le développement de savoirs et savoir-faire techniques sont donc étroitement liés à un partage et transmission entre groupes, individus, lieux et temps différents. Dans ce sens, une culture pourrait être définie comme « *l'ensemble des pratiques et des idées qui parviennent à se maintenir dans le temps ou à se diffuser dans l'espace grâce à la transmission* » (MORIN, 2011, p. 19), qui a lieu « *géographiquement ainsi que chronologiquement, par contagion ainsi que par répétition. La propagation dans une région est généralement appelée diffusion, tandis que la transmission dans le temps au sein d'une communauté est appelée tradition* »¹⁹. Dans la persistance et l'enrichissement des connaissances propres à une culture constructive particulière, la tradition²⁰ assume par conséquent un rôle particulièrement important : elle est une conservation évolutive dans le temps d'un dépôt culturel sélectionné, par des modes particuliers de transmission inhérents essentiellement aux voies non écrites (LENCLUD, 1987). Elle assure la permanence de certains éléments, tout en permettant leur évolution et innovation²¹.

Dans une culture constructive, la tradition constitue et définit une matrice de principes et savoirs, à partir de laquelle le constructeur conçoit et bâtit en réponse à des exigences et contraintes particulière, s'appuyant sur des connaissances spécifiques aux technologies utilisées (matériaux, techniques et procédés) et au milieu de travail (conditions géographiques, économiques, sociales) (OLIVER, 1987).

17 Le concept de « cultures constructives » a été proposé par l'équipe Dessin-Chantier de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble lors d'une exposition à la Maison de l'UNESCO (Paris, 8-17 septembre 1993) et de la publication de l'ouvrage *Architecture et cultures constructives : éléments pour un pôle d'enseignement de la construction* (DOAT, Patrice, FERRO, Sergio, SCHNEEGANS, Guy. Villefontaine : Edition CRATerre-ENSAG, 1993).

18 NONAKA, I., 1991. « The Knowledge Creating Company ». In *Harvard Business Review*, 69. p. 96-104, cité par DEKENS, 2007, p. 18, trad. A. Caimi.

19 KROEBER, Alfred Louis, 1923. *Anthropology: Culture Patterns and Processes*. New York : Harcourt, Brace & World, 1923. cité par OLIVER, 2006, *op. cit.*, p. 148, trad. A. Caimi.

20 Ici entendue dans son sens étymologique, du latin *traditio* : transmission, enseignement ; de *trudere* : transmettre, remettre (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales).

21 « *Tradition is not static and immutable condition but a dynamic system which evolved by making innovative aspects so much integral part of itself that sometimes its reading becomes difficult* » (LAUREANO, 2000).

Les savoirs, les pratiques et les approches technologiques qui y sont associés se définissent par l'étroit ancrage aux spécificités de l'environnement naturel²² ainsi qu'à l'histoire d'une population d'habiter un certain milieu. Par ce fait, l'architecture vernaculaire peut être considérée comme l'expression spécifique de la culture constructive d'une communauté, à un moment temporel et spatial donné.

II.1.3. LE VERNACULAIRE ENTRE MATÉRIALITÉ ET PROCESSUS

Grâce à l'équilibre qu'elle arrive à établir entre le milieu naturel et socioculturel dans lesquels elle se situe, l'architecture vernaculaire est considérée par certains comme étant presque immuable (RUDOFKY, 1965, *op. cit.*). Cependant, le cours de l'histoire révèle l'évolution perpétuelle des environnements construits, et donc la caractérisation de l'architecture vernaculaire en tant qu'expression d'une dynamique sociale et spatio-temporelle co-produite par les gens ordinaires. Au fil des siècles, d'importantes transformations et hybridations des pratiques constructives ont eu lieu, l'intégration ou l'exclusion de certains éléments, la réutilisation des structures et l'entremêlement des cultures se sont réfléchis dans les bâtiments laissant leur empreinte sur les artefacts construits.

D'un point de vue purement constructif, une distinction est opérable en relation à l'origine des matériaux employés et aux techniques qui leur sont associées. D'une part, on distingue les architectures dont la réalisation se base sur des pratiques anciennes, élaborées au cours du temps et utilisant essentiellement des matériaux de construction naturels (terre, bois, pierre, bambou, paille, etc.). D'autre part, dès la fin du XIX^e siècle de nouvelles formes et pratiques architecturales et constructives surgirent suite à l'apparition et à la généralisation de nouveaux matériaux (tels que le ciment et l'acier) ; les artefacts qui en découlent intègrent des techniques d'origine récente et emploient des matériaux naturels et/ou dérivant d'une production de type industriel (BOEN, 2001).

La différenciation entre ces pratiques est marquée également par d'autres facteurs se rapportant, en particulier, à la localisation et aux modalités d'acquisition des savoirs et savoir-faire ainsi qu'à leur élaboration et affinement (BOEN, 2006, *op. cit.* ; OLIVER, 2006, *op. cit.* ; JIGYASU, 2008). L'évolution relativement récente de certaines technologies constructives s'associe à l'émergence de nouveaux modèles d'organisation des processus de production et de développement des connaissances techniques ; facteurs qui modifient, parfois radicalement, les procédés de construction, la matérialité et les formes du bâti, mais surtout le rôle et le degré de compétence de ses créateurs et utilisateurs²³.

Dans le cas de l'architecture vernaculaire, la conception et la réalisation d'un bâtiment comme des activités liées à son cycle de vie (entretien, réparation, modification, etc.) sont étroitement dépendantes et/ou influencées par un certain degré de spécialisation et d'expertise de ses constructeurs. Souvent, certaines décisions sont prises et certaines tâches accomplies par des personnes ayant des connaissances spécifiques dans la matière. Parfois ces connaissances sont reconnues officiellement par la communauté, qui fait appel à ces spécialistes expressément en raison

22 "Les connaissances indigènes désignent les connaissances uniques, traditionnelles et locales qui découlent de la situation particulière des femmes et des hommes qui vivent dans une région particulière" (GRENIER, 1998, p. 1).

23 "Les conditions dans lesquelles se produit le bâti [deviennent] doublement déterminées. Premier point : l'industrie de la construction, en rationalisant et en optimisant ses processus, les uniformise et déplace massivement les centres de gravité de la décision. Au terme de ce processus, le chantier n'est plus guère que formellement le lieu de production du bâti. Il n'est plus qu'un lieu voué à l'assemblage d'éléments conçus et construits ailleurs [...]. La division sociale du travail s'y est creusée. On y rencontre d'un côté des techniciens hautement qualifiés aux méthodes de gestion, et de l'autre des manœuvres, littéralement interchangeable et précarisés à l'extrême, affectés à des tâches subalternes et répétitives. [...] La marchandise et le produit tuent la production, et l'ouvrier du bâtiment est dépossédé de l'espace dans lequel il pouvait faire la preuve de son talent et de sa créativité. Il est dépossédé de l'ouvrage qui pouvait faire sa fierté. Il est aliéné et repoussé dans la marge. [...] Ces éléments résultants de standards imposés par des fabricants, et des normes ou des cadres législatifs et réglementaires, produisent des conséquences perverses. Si bien qu'à l'aliénation du travail sur le chantier se superpose celle de l'utilisateur du bâtiment" (FREY, 2010, *op. cit.*, p. 29-32).

de leurs compétences, comme dans le cas des artisans bâtisseurs. D'autres fois, ces connaissances assument une dimension moins formelle, sans néanmoins que cela signifie un niveau d'expertise moindre ; ce qui est généralement le cas d'activités dont la fréquence est majeure et dont l'exécution est effectuées par les habitants eux-mêmes (telle que la réfection des enduits ou le remplacement de certaines parties de la construction).

“Tout au long de l'histoire de l'humanité, pour ce que nous en savons, l'architecte [ou maître bâtisseur] a été considéré comme un leader naturel non seulement parce qu'il était meilleur que les autres dans son métier, mais aussi parce qu'il a été progressivement sélectionné comme étant le plus expérimenté parmi l'ensemble des personnes travaillant dans la construction. Il n'était pas [uniquement] le concepteur des bâtiments, mais le leader du secteur de la construction. Sa responsabilité n'était pas limitée à des obligations théoriques envers son propre produit, mais était directement liée à la réussite ou à l'échec de ce dernier” (DOXIADIS, 1968, p. 84, trad. A. Caimi). Toutefois, l'apparition d'une autre « espèce » d'architecte, celui « sortant des écoles », détermina l'affirmation de nouvelles figures professionnelles et l'imposition d'un modèle technocratique de production de l'environnement bâti se rapportant aux résultats de recherches conduites dans les nouveaux centres de création et innovation des savoirs et des technologies : les universités et les entreprises.

L'introduction de nouveaux matériaux, requérant la connaissance et l'application de critères découlant d'aspects sensiblement différents, voire opposés, aux pratiques traditionnelles, ont modifié les modalités de constitution et de persistance des savoirs élaborés empiriquement par les constructeurs vernaculaires. *“Avec ces changements [...], les artisans traditionnels se retrouvent de plus en plus incapables d'utiliser leurs compétences [...], se retrouvant en même temps incapables d'utiliser ces nouveaux matériaux ; leurs connaissances traditionnelles dégénèrent [ainsi] de manière considérable [et] les générations successives ne sont plus en mesure d'apprendre de leurs maîtres”* (JIGYASU, 2008, *op. cit.*, p. 88, trad. A. Caimi). Les procédés de construction associés aux pratiques anciennes ne sont donc plus appliqués et préservés dans les modes de construction courants tandis que, simultanément, différents facteurs (urbanisation croissante, changement dans les références socioculturelles, limitation de certaines ressources naturelles, etc.) conduisent à une généralisation de plus en plus marquée du recours à des technologies récentes (BOEN, 2001, *op. cit.*).

Cette modification, tant des pratiques constructives que des modes de transmission des savoirs, détermine une précarisation de la qualité des connaissances spécifiques se répercutant sur la qualité des constructions (BOEN, PRIBADI, 2009). Les nouveaux matériaux et techniques exigent le respect de prescriptions précises pour assurer une conception et une mise en œuvre cohérentes avec leurs caractéristiques. Toutefois, ces principes ne découlent plus d'une adaptation et d'une transmission entre générations au sein d'une même communauté, mais ils sont définis par des « experts externes » et diffusés par des moyens souvent incompatibles avec les modes d'acquisition et transmission locaux²⁴. Leur application est par conséquent directement corrélée à leur accessibilité et compréhension par les constructeurs, s'effectuant de manière aléatoire directement sur le chantier ou dans des centres de formation.

Même intégrant des technologies récentes, une grande majorité des constructions réalisées se base encore actuellement sur des pratiques, modes d'apprentissage et de développement de connaissances en partie similaires à ceux spécifiques aux pratiques « anciennes ». Le processus technologique reste en effet fortement ancré dans le contexte : les matériaux employés sont ceux disponibles sur place, les compétences auxquelles ont fait appel sont celles des constructeurs locaux, les connaissances techniques sont apprises sur « le tas », améliorées et adaptées de manière empirique. C'est dans les caractéristiques du produit qui en résulte qui se reflète la plus grande différence, se rapportant à une qualité de conception, exécution et adaptation au milieu²⁵.

24 *“Most Haitians are more oral than literate. The particular dangers of reinforced concrete arise from the mysterious technical standards it requires. Working with it on a job site either teaches a builder that he knows nothing and cannot build for himself, or it gives him a false sense that a rule-of-thumb understanding is good enough”* (STOUTER, 2010a, p. 12).

25 *“Steel and cement are strong enough only when combined in certain magical proportions, determined by different*

Les pratiques « récentes » s'inscrivent de fait dans la continuité du processus d'évolution des modes de construire adoptés localement, s'intégrant à la culture constructive d'une communauté en tant que composants - certes encore en élaboration - de caractérisation du bâti vernaculaire et des connaissances et savoir-faire qui lui sont corrélés²⁶. La distinction opérable entre pratiques « anciennes » et pratiques « récentes » ne se rapporte pas à une vision statique, mais plutôt à la reconnaissance du dynamisme propre aux différentes cultures constructives qui évoluent continuellement, spatialement et temporellement, tout en restant spécifiques à un endroit précis (ASQUITH, VELLINGA, 2005).

II.1.4. HABITAT VERNACULAIRE ET CULTURES CONSTRUCTIVES : DÉFINITION DE L'OBJET DE LA RECHERCHE

Les architectures sans architectes et ingénieurs correspondent à une large partie du secteur informel de la production architecturale, passée et actuelle. Toutefois, seulement certaines d'entre elles présentent des particularités permettant leur connotation en tant que « vernaculaires » :

- un caractère *populaire*²⁷, car elles sont créées par et pour les gens en fonction de leur quotidien. Elles sont le fruit de l'ingéniosité et de l'esprit inventif de leurs constructeurs qui, de par leur nature, qu'ils soient artisans ou habitants, se situent en dehors des canons institutionnels ;
- un caractère *fonctionnel*, car elles constituent une réponse aux besoins pratiques, symboliques et économiques propres aux individus habitant un certain lieu. S'exprimant dans la forme architecturale, la fonction illustre la raison d'être d'un bâtiment qui se rapporte avant tout à des usages et/ou des représentations ;
- un caractère *contextuel*, car elles se produisent en étroite relation avec leur environnement naturel et culturel. La variété des solutions constructives vernaculaires reflète, dans sa diversité, la multiplicité des groupes ethniques et socio-économiques, des ressources, des contraintes et des potentialités présents dans un lieu ;
- un caractère *traditionnel*, car elles s'inscrivent spatialement et temporellement dans les habitudes et les pratiques constructives apprises et évoluées, héritées et transmises au sein d'une même communauté sur la base de méthodes d'apprentissage propres à sa culture ;
- un caractère *dynamique*, car elles dérivent d'une évolution et transformation continues. Les échanges inévitables et constants entre les régions et les peuples constituent un facteur d'enrichissement mutuel se traduisant dans un processus d'adoption et assimilation de nouveaux savoir-faire et nouvelles matières, ainsi que d'adaptation à des nouveaux besoins et aspirations.

L'architecture vernaculaire assume de fait une connotation fortement anthropique, n'étant pas un objet statique mais le fruit de choix cohérents d'individus et groupes, un produit à l'image d'un milieu, tant naturel que social, distinctif d'une région déterminée et expression d'un processus culturel : *"un art commun, non produit par quelques intellectuels ou spécialistes mais par l'activité continue et spontanée de toute une communauté partageant un héritage commun, agissant en vertu d'une expérience communautaire"*²⁸.

Cette recherche se rapporte aux différents éléments inhérents aux cultures constructives vernaculaires, ici abordés à partir de l'échelle des constructions se référant à la vie quotidienne et

specialists. And inferior construction looks, until a catastrophe, as if it was strong enough" (STOUTER, 2010b, p. 2).

26 L'apparition relativement récente de certains matériaux (tels que la tôle ondulée ou les blocs de ciment) a permis, dans certains cas, le développement de connaissances particulières sur la base d'un processus similaire à celui caractérisant l'élaboration des pratiques « anciennes ». Parfois, l'utilisation de ces matériaux s'inscrit dans une continuité effective des modes de construire, assurant une meilleure durabilité mais également le maintien de principes et pratiques se rapportant à des pratiques « anciennes » et déterminant même l'émergence de nouvelles typologies vernaculaires spécifiques à ces matières et techniques ou, au contraire, basées sur leur hybridation avec l'existant.

27 "populaire": qui concerne l'ensemble d'une collectivité, la plus grande partie d'une population (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales).

28 Pietro Belluschi cité par RUDOFISKY, 1965, *op. cit.*, p. 3, trad. A. Caimi.

à la culture des gens du commun. *“L’habitation est certainement le produit le plus complexe et le plus significatif de la culture matérielle : ce qu’elle représente d’un côté, le microcosme individuel et familial de l’homme, avec toutes ses habitudes, ses croyances, ses activités et ses rapports sociaux, et de l’autre, sa capacité de structurer le milieu naturel, en le modifiant selon ses fins et sa volonté. Donc au niveau spontané les réponses de l’habitat sont aussi nombreuses que les soi-disant défis du milieu, c’est à dire autant que les possibilités de survie dans les différentes conditions géo-climatiques”* (CATALDI, 1988, op. cit., p. 11).

Tissant un lien extrêmement étroit avec son environnement humain et naturel, l’habitation est ici choisie en tant que point de départ d’un processus d’analyse et compréhension, s’élargissant également à la dimension territoriale et socioculturelle.

“La maison reste toujours le noyau essentiel et central où sont enregistrés les gestes, éléments, circonstances de la vie des populations. Elle cumule en soi une telle richesse d’informations, dépassant la stricte enceinte architecturale, qu’elle permet une lecture non seulement des formes, mais des gestes, non seulement de ses espaces intimes, mais des paysages et des lieux qu’elle définit par sa présence” (MEDA CORPUS, 2011).

II.2. RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITÉ ET AIDE HUMANITAIRE

En différents contextes et époques une large partie de la population mondiale²⁹ a été affectée par des aléas naturels. Les effets de leur impact assument, dans certains cas, des proportions particulièrement importantes, soit pour l’étendue de la zone concernée que par le nombre de personnes touchées et/ou les dégâts occasionnés. Les catastrophes³⁰ qui en découlent constituent des événements d’envergure exceptionnelle nécessitant souvent l’intervention d’organismes extérieurs pour répondre à la situation d’urgence et contribuer au redressement des communautés sinistrées. Bien que parfois essentielle pour garantir la survie immédiate d’une population, l’action de l’aide humanitaire, par son approche et ses objectifs, influence sur le long terme le degré de vulnérabilité et les capacités de résilience d’une communauté.

II.2.1. DE LA RÉACTION À L’ANTICIPATION, ENTRE INSTITUTIONNALISATION ET TECHNICISATION

L’histoire des interventions et des politiques liées à l’impact des aléas naturels a été marquée par d’innombrables tentatives d’opérer, gérer et planifier de façon pragmatique l’urgence, le redressement et le développement des pays et des collectivités affectées. Toutefois, ce n’est que récemment que le champ d’action de l’aide humanitaire s’est élargi vers des approches indiquant la réduction des risques comme une composante essentielle à intégrer dans tout programme d’urgence et de développement, énonçant en outre la nécessité de passer d’une « culture de réaction » à une « culture de prévention » (K. Annan, ancien secrétaire général des Nations Unies, IDNDR 1999).

De la conception des catastrophes en tant que phénomènes imprévisibles et inévitables, dont la réponse a été principalement confiée à des spécialistes de l’urgence, on considéra progressivement ces événements comme faisant partie d’un système se rapportant à une continuité temporelle. Ce changement de perspective détermina l’émergence du concept de gestion des catastrophes et la mise en évidence de l’importance, voire l’impératif, d’intégrer des éléments d’atténuation, préparation et réduction des risques dans les interventions à moyen et long terme axées sur le développement (BENSON, TWIGG, 2007). Ce qui conduit à considérer non seulement des actions

29 *“Près de 75% de la population mondiale vit dans des zones affectées au moins une fois, entre 1980 et 2000, par un phénomène tel que tremblement de terre, cyclone tropical, inondation ou sécheresse”* (UNDP, 2004).

30 Pour les définitions relatives à la terminologie spécifique associée à la notion de réduction des risques, je me rapporte ici à l’ouvrage *Terminologie pour la Prévention des risques de catastrophe*, publié en 2009 par la Stratégie Internationale de Prévention des Catastrophes des Nations Unies- UNISDR. Un glossaire situé à la fin de ce document contient une explication des principaux termes employés.

postérieures à l'impact des aléas, mais également leur anticipation par des activités de préparation aux catastrophes³¹, se fondant sur une approche interdisciplinaire entre secteurs ainsi qu'entre phases d'intervention (AYSAN, DAVIS, 1992).

Avec la Décennie Internationale pour la Prévention des Catastrophes Naturelles (1990-1999), on reconnut la nécessité d'élaborer et mettre en œuvre des cadres stratégiques, des structures institutionnelles ainsi que des politiques nationales et sectorielles spécifiques. Cette prise de conscience s'officialisa avec l'adoption, par 168 pays et institutions multilatérales, du Cadre d'action de Hyogo pour 2005-2015, déclarant *“la création d'une véritable « culture du risque » [comme] la condition « sine qua non » pour la mise en place d'une politique efficace de prévention et gestion des risques”* (rapport de la 8ème Session Ministérielle du EUR-OPA Major Hazards Agreement, Athènes, février 2000, trad. A. Caimi).

L'intention première est d'établir un lien direct entre les différentes phases d'interventions de l'aide humanitaire et de la coopération au développement, pour que les actions de l'un puissent contribuer aux objectifs de l'autre, en facilitant la transition et une amélioration des conditions structurelles, notamment par le biais de la réhabilitation. La constatation de la complexité des crises et du chevauchement parfois inévitable entre actions à court et long terme déterminèrent en outre l'intégration à une approche fondée sur une succession linéaire d'actions (*continuum*) d'une approche de simultanéité (*contiguum*) tant spatiale que temporelle (COMMISSION EUROPÉENNE, 1996).

Ces transformations s'accompagnèrent d'une internationalisation et institutionnalisation de la gestion des risques de catastrophe se rapportant à une multiplicité de domaines et impliquant une multiplication d'acteurs de nature et statuts divers. Cette dynamique déboucha sur l'apparition d'organismes trans- et inter- nationaux constituant des *“espaces déterminants dans la production de normes, de discours, de formes de savoirs, d'outils et de pratiques”* (REVET, 2008, p. 4), exerçant aujourd'hui une influence décisive sur la définition et la formulation des axes prioritaires, la structuration des politiques nationales et locales, le financement d'organisations non gouvernementales ainsi que les positions et les rôles des acteurs impliqués.

À l'heure actuelle, l'harmonisation de ces différents phases et interventions présente néanmoins encore des difficultés méthodologiques et opérationnelles substantielles. Les programmes d'aide humanitaire et de coopération au développement sont de nature fondamentalement différente avec des finalités d'action, des méthodes de travail, des objectifs et des savoir-faire considérablement distincts (COMMISSION EUROPÉENNE, 2001). Bien que la plupart des décideurs et acteurs s'accordent sur l'importance de cette synergie, les objets des financements alloués dans le cadre de la gestion des catastrophes explicitent la priorité accordée par les bailleurs de fonds à la réponse d'urgence, au détriment de la mise en œuvre de mesures de préparation, atténuation et prévention (GUHASAPIR, HARGITT, HOYOIS, *op. cit.*, 2004). Cette divergence est amplifiée par une spécialisation et une technicisation des logiques d'action, s'appuyant sur la revendication de compétences et savoirs particuliers propres à chaque phase d'intervention (REVET, 2008, *op. cit.*). Contribuant à accroître davantage la sectorisation aussi bien des organismes que des lignes de financement, un écart se creuse entre approches et logiques opposant des spécialistes porteurs d'une expertise technique et scientifique se rapportant à un système de normes et standards généralisables, et partisans d'une démarche soutenant une prise en compte des pratiques locales et une diversification des interventions en accord avec l'hétérogénéité des contextes et situations.

De fait, malgré les nombreuses lignes guides et recommandations, l'adoption effective d'une approche globale de gestion des risques est aujourd'hui encore considérablement entravée par des facteurs structurels intrinsèques à ses principaux promoteurs (bailleurs de fonds, gouvernements, institutions

31 *“Disaster prevention, mitigation and preparedness are better than disaster response [...]. Disaster response alone is not sufficient, as it yields only temporary results at a very high cost. We have followed this limited approach for too long. [...] Prevention contributes to lasting improvement in safety and is essential to integrated disaster management”* (Nations Unies, rapport de la World Conference on Natural Disaster Reduction, Yokohama, 25-27 mai 1994, p. 17).

transnationales, ONGs, etc.) entre lesquels un décalage sémantique et de pratique subsiste. De même une conception persiste des catastrophes en tant qu'événements requérant la « dispensation de soins intensifs » et la fourniture, voire l'imposition, d'une protection indispensable à des populations encore souvent perçues comme dépourvues de ressources, initiatives et expériences face aux aléas (COMMISSION EUROPÉENNE, 2001 ; Ibid.).

II.2.2. ANTICIPER LA CRISE, APRÈS LA CRISE : DU PRODUIT AU PROCESSUS

Parallèlement au développement de politiques et approches globales, les réflexions relatives à la réduction des risques abordent en outre de manière spécifique la question de l'habitat. Également dans ce secteur la dichotomie entre urgence et développement s'instaure et reste, aujourd'hui, loin d'être réduite ; et cela bien que les constats au regard des effets à court et long terme sur la vie de populations sinistrées aient déclenché- ici aussi- une évolution des pratiques et des principes d'action.

En relation aux situations d'urgence, les interventions se concentrent principalement sur une réaction rapide et efficace par le recours à une logique de rationalisation et technicisation. L'impératif est de fournir rapidement un toit aux plusieurs centaines, voire milliers de survivants ; ce qui demande une logistique forte, supportée par des standards minimaux de base³² permettant de gérer de manière efficace et relativement équitable la réponse à des besoins massifs.

D'autre part, on assiste à l'émergence de disciplines spécialisées (p.e. génie parasismique) s'attaquant à la réduction de la vulnérabilité du bâti par l'élaboration de principes, règlements et normes, à la fois techniques et fonctionnels ; des codes à caractère préventif "*destinés à contrôler les aspects régissant la conception, la construction, les matériaux, la transformation et l'usage de toute structure nécessaire pour assurer la sécurité et le bien-être humain, y compris la résistance à l'effondrement et aux dégâts*" (UNISDR, 2009b). C'est de fait ce dernier aspect qui est souvent mis en avant : la résistance d'une structure essentiellement dépendante d'une formalisation et « scientification » de l'acte de bâtir, rapportées presque exclusivement aux sciences de l'ingénieur.

Malgré la pertinence et la valeur effective de certains éléments de ces approches, la focalisation sur des questions purement techniques et d'efficacité révèle certaines limites : fournir des « toits » et des cadres réglementaires assurant leur performance physique ne sont pas les seuls facteurs permettant un redressement à long terme des populations affectées. L'accent n'est donc plus à mettre sur la seule « qualité d'un produit fini », mais aussi sur la pertinence des solutions adoptées, et ce à l'égard de multiples critères (résistance, durabilité, appropriation, continuité culturelle, etc.). La phase de reconstruction devient alors une occasion précieuse pour mettre en œuvre des mesures de réduction de la vulnérabilité des populations et de leur habitat. Simultanément la participation des personnes directement intéressées est progressivement reconnue comme un facteur indispensable pour assurer l'adaptabilité et la reproductibilité sur le long terme (JHA, DUYNE BARENSTEIN, PHELPS, et al., 2010).

Ces aspects ont donné lieu à une réorientation d'une grande partie des acteurs internationaux vers une démarche fondée sur une implication des communautés bénéficiaires dans les processus décisionnels et de gestion (ARSHAD, RASHEED, 2011), ainsi qu'à l'émergence du concept du « *build back better* »³³ explicitant la nécessité, également dans le domaine de l'habitat, de concevoir les interventions de l'aide humanitaire dans une logique de prévention (CLINTON, 2006).

32 Des standards minimums et universels, tels que ceux énoncés dans le manuel élaboré dans le cadre du Projet Sphère, constituant un "*outil universel qui apporte une réponse humanitaire prévisible*" indépendamment de la situation d'intervention (source : <http://www.sphereproject.org>).

33 "*The "build back better" concept encourages reconstruction that reduces vulnerability and improves living conditions, while also promoting a more effective reconstruction process*" (JHA, DUYNE BARENSTEIN, PHELPS, et al., 2010, *op. cit.*, p. 225).

II.2.3. INTERVENTIONS DANS LE SECTEUR DE L'HABITAT : LIMITES TECHNIQUES ET MÉTHODOLOGIQUES

Dans nombreux cas, ces concepts restent toutefois limités à de bonnes intentions ou à des « slogans ». Bien qu'une implication des bénéficiaires puisse favoriser une relance et un renforcement des dynamiques sociales, souvent les interventions des agences d'aide ne garantissent pas, à long terme, un réel renforcement des capacités et une autonomisation de la population dans la gestion et la prévention des risques liés à l'habitat (DAVIDSON, JOHNSON, LIZARRALDE, et al., 2007). D'autre part, le « mieux (re)construire » se réduit fréquemment à son aspect le plus technique (p.e. application de normes parasinistres) se concentrant sur les structures physiques et omettant de considérer l'habitat non seulement comme une réponse tangible à des besoins concrets mais également comme un bien et un outil social (ROLNIK, 2011).

L'urgence déclenchée par la crise, la nécessité de répondre rapidement à des besoins importants, les contraintes de rentabilité posées par les bailleurs, les difficultés imposées par le cadre d'intervention, souvent méconnu, et l'absence de stratégies de préparation spécifiques aux territoires concernés poussent une grande partie des intervenants à opter pour l'adoption d'approches qui négligent les caractéristiques du contexte et les savoirs existants localement, privilégiant le recours à des éléments bien connus, et par ce fait considérés fiables. Du point de vue technique, cela se traduit dans l'application de principes constructifs amplement reconnus et validés par les milieux spécialisés et institutionnels, basés sur des technologies scientifiquement maîtrisées mais, en général, considérablement différentes de celles employées localement. Du point de vue méthodologique, la rationalisation et la simplification des paramètres à gérer par l'application de procédures et indicateurs généralisés engendrent une homogénéisation des éléments en jeu : la même approche de gestion et de mise en place du programme est appliquée à des situations parfois très différentes; de même, le produit construit se limite à un modèle d'habitat unique, typologiquement et constructivement identique, auxquels bénéficiaires très hétérogènes et parfois habitant des régions géographiquement distinctes doivent s'adapter.

Ces approches ont un impact à long terme très limité, voire négatif, sur l'accès à un habitat sain et sûr de la part des populations, mais également sur leurs pratiques constructives et leurs capacités à gérer et faire face aux crises, allant jusqu'à déterminer un affaiblissement de leur propre résilience. Les constructions réalisées dans le cadre de nombreux programmes post-catastrophe se basent en effet sur des technologies qui, bien que reconnues et validées, sont dans la plupart des cas économiquement, techniquement et physiquement inaccessibles aux bénéficiaires directs ainsi qu'à la majorité de la population. Par conséquent, une fois les activités du projet terminées les bénéficiaires et les autres membres de la communauté n'ont pas d'autres choix que de continuer à construire de la même façon qu'avant la catastrophe. De plus, en introduisant des modèles typologiques et technologiques nouveaux, un programme peut considérablement influencer les pratiques constructives ainsi que déclencher ou amplifier certaines tendances relatives à l'imaginaire collectif regardant l'habitat. Ce qui peut engendrer des tentatives d'imitation qui, sans la prise en compte des règles de construction corrélées, déterminent un accroissement diffus de la vulnérabilité (CAIMI, HOFMANN, 2010 ; ALVAREZ, BOSSY, 2012).

Bien que ces programmes permettent une certaine amélioration des conditions de vie des bénéficiaires directs, la vulnérabilité de l'environnement bâti et d'une communauté n'est pas uniquement, et automatiquement, réduite par le fait de disposer d'un abri solide. La possibilité de s'approprier, d'accéder et de reproduire de manière autonome les technologies proposées est un facteur déterminant pour contribuer à une résilience sur le long terme.

L'introduction de nouveaux matériaux, compétences et techniques demande du temps et de la pratique pour atteindre un bon niveau de maîtrise et d'exécution. En revanche, les technologies basées sur les matériaux et les compétences disponibles localement sont plus connues et plus susceptibles d'être mises en œuvre correctement, et présentent donc un potentiel remarquable,

spécialement en situation de reconstruction rapide. Cependant, la gamme des matériaux et techniques existantes est rarement documentée, analysée et formalisée dans des normes. En conséquence, les savoirs et les pratiques associés aux modes de construire locaux ne sont que très marginalement pris en compte par les agences d'aide, qui se limitent souvent à une reprise esthétique des caractéristiques de l'habitat existant, en négligeant le rôle structurel et fonctionnel que certains dispositifs constructifs et spatiaux possèdent.

II.2.4. COMPLEXITÉ DU CONTEXTE : CONSTATS ET CONSIDÉRATIONS

La question de l'habitat dépasse largement l'échelle de la construction et l'association à une période temporelle figée. Elle se rapporte à la sphère de la vie d'individus, communautés et sociétés. De ce fait, toute intervention qui la concerne ne peut pas se restreindre à une conception purement technique. Il n'est pas suffisant de disposer d'un « toit » pour se redresser après une catastrophe ou pour être en mesure de faire face aux crises futures. Les considérations suivantes découlent de différents constats dressés lors d'analyses effectuées par moi-même ainsi que d'autres auteurs de projets de réponse aux catastrophes. En particulier, elles se rapportent à certains facteurs qui, si d'une part explicitent la nécessité de concevoir toute intervention en tant que partie d'un ensemble (au niveau du contexte physique, temporel et humain), mettent également en évidence des éléments se révélant essentiels pour favoriser une résilience à long terme, tant au niveau de l'environnement bâti que des populations qui l'habitent.

- Typologie, morphologie et esthétique de l'habitat : entre choix individuel et intégration paysagère
La qualité de la construction ainsi que la durabilité et résistance d'une structure peuvent être définies sur la base de critères (p.e. règlements, normes, etc.) communément partagés par des acteurs internes et externes au contexte d'intervention. Les qualités esthétiques et fonctionnelles se réfèrent, en revanche, à des critères sociaux, culturels, voire individuels. Si les interventions *in situ* permettent de maintenir les réseaux sociaux et spatiaux (pré)existants, la réalisation de nouveaux bâtiments demande une attention particulière et une implication directe des populations pour éviter une « monotonie de paysage » ainsi qu'une homogénéisation d'exigences, modes d'utilisation, représentations et utilités sociales (LABATTUT, DEPREZ, 2009).

- Des enjeux au delà du physique

La re-construction *ex-novo* soulève souvent la question du choix et de l'organisation d'un nouveau site à construire, mais avant tout à habiter. Cette dernière condition comprend une multitude de facteurs à prendre en compte parmi lesquels deux se dénotent, parfois en manière presque contradictoire, en relation aux objectifs primaires d'une délocalisation³⁴. Tout d'abord, l'exposition au risque du nouveau site : parfois des projets prétendant réduire la vulnérabilité de certains ont déplacé une partie de la population dans des zones encore plus à risque³⁵. Par ailleurs, que ce soit de manière provisoire ou définitive, reloger la population en dehors des centres d'activités économiques, culturelles, voire humaines, diminue peut-être la vulnérabilité physique mais risque d'accroître le processus de précarisation ainsi que de perte d'identité et de cohésion sociale que la catastrophe peut avoir déclenché et/ou accentué (JHA, DUYNE BARENSTEIN, PHELPS, et al., 2010, *op. cit.*).

34 "Relocation is not only about rehousing people, but also about reviving livelihoods and rebuilding the community, the environment, and social capital" (Ibid.).

35 Dans la ville de Jean Rabel (département du Nord-Ouest, Haïti), un projet d'assainissement d'un quartier informel situé au centre ville a été mené conjointement par la mairie et une organisation locale. Une délocalisation des habitats a été entreprise pour "offrir à la population urbaine vulnérable un habitat sain dans des zones non soumises aux risques naturels, en accord avec le Plan d'Occupation des Sols de la ville" (extrait de la demande de subvention soumise par l'organisation au bailleur de fonds). Toutefois, les nouvelles habitations se situent sur des terrains à une heure à pied du centre ville, dans des zones traditionnellement connues pour être inondables. De fait, les bénéficiaires de ce projet se retrouvent doublement exposés : d'une part, à des risques naturels et, d'autre part, à une précarité économique et sociale due à l'éloignement du centre d'activité économique (source : analyse de terrain, juin 2012).

- Matériaux, compétences et relance économique

Les interventions post-catastrophe génèrent fréquemment des nouvelles possibilités d'emploi pour les populations locales. Elles peuvent être clairement temporaires comme le travail auprès d'organisations internationales, ou apparemment plus durables comme la création de nouvelles filières pour répondre aux besoins de la reconstruction. Toutefois, si les technologies auxquelles ces dernières se réfèrent font appel à des matériaux provenant de l'extérieur, elles n'en demeurent pas moins inévitablement vouées à une durée très limitée au-delà de celle du projet qui les a mises en place. En effet, l'utilisation de matériaux de provenance³⁶ et caractéristiques³⁷ considérablement différentes de ceux habituellement employés par les gens réduit fortement les possibilités d'une réutilisation, tant des nouvelles technologies que des compétences associées.

- La permanence du provisoire

Les expériences du passé ont mis en évidence la précarité et vulnérabilité accrues dérivant d'une pérennisation des solutions d'urgence de logement après une catastrophe³⁸. Ces risques sont désormais devenus, au moins théoriquement, une évidence supportée par de nombreuses évaluations et reportée dans la plupart des lignes directrices de l'aide humanitaire (BEKTAŞ, 2006 ; KENNEDY, ASHMORE, BABISTER, et al., 2007 ; GRÜNEWALD, 2010 ; DAVIS, 2012). Celles-ci soutiennent que ces structures devraient se caractériser par une adaptabilité à des multiples options d'évolutivité fonctionnelle et spatiale, ainsi que par une flexibilité envers différentes modalités de re-construction (CORSELLIS, 2012). Mais avant tout, elles devraient se fonder sur l'utilisation, ou la possibilité de complémentarité, avec des ressources accessibles et disponibles localement, limitant de façon moindre les choix futurs des populations affectées, voire en favorisant la mise en place spontanée de solutions durables, sûres et confortables selon les exigences et aspirations de leurs occupants.

En fait, la vulnérabilité et les capacités à faire face et se redresser suite à des crises ne se rapportent pas exclusivement à des questions purement techniques, constructives ou logistiques mais également sociales, économiques, politiques, voire historiques, dont l'analyse et prise en compte requièrent un « processus dédié » qui devrait être prévu et incorporé dans les stratégies de reconstruction depuis leur phase initiale ainsi que supporté par des outils méthodologiques spécifiques (UN-HABITAT, 2011).



Fig.2: Indonésie, séisme et tsunami de 2004 : les habitations ont été reconstruites mais, en 2010, les infrastructures sont toujours en attente

36 Dans un programme de reconstruction post-tsunami en Indonésie, des blocs de béton alvéolaires ont été utilisés pour le remplissage d'une structure en béton armé. Les occupants de ces habitations apprécient les propriétés isolantes, la légèreté (réduisant les risques d'atteinte physique grave en cas de séisme) et la facilité d'utilisation de ce matériau. Toutefois, importé en grande quantité depuis la capitale pendant le projet, il n'est pas disponible sur le marché local et sa fourniture à échelle réduite comporte des coûts extrêmement élevés. Pour les extensions et nouvelles constructions, la population est ainsi retournée à utiliser les mêmes techniques et matériaux qu'avant la catastrophe (CAIMI, HOFMANN, 2010, *op. cit.*).

37 Dans les régions rurales haïtiennes, la construction se base souvent sur l'utilisation de bois local brut, tandis que les abris transitionnels et les nouvelles habitations reconstruites après le séisme de 2010 emploient des éléments en bois équerrés, de dimensions uniformes et régulières. Tout en reconnaissant l'intérêt des nouveaux dispositifs constructifs améliorant le comportement de la structure, nombreuses personnes (bénéficiaires et non) ont manifesté une certaine perplexité quant à la possibilité de les reproduire avec le bois disponible localement. Bien que cela relève principalement d'un facteur limitant d'ordre perceptif et cognitif, avant que technique, cette vision peut influencer à priori la reproduction et l'appropriation de certaines propositions constructives (Source : analyses de terrain 2011-2013).

38 Au-delà de nombreux exemples plus récents, un cas particulièrement frappant est celui de Messine (Italie), où 3 336 « baracche » (structures conçues pour un logement temporaire rapide) construites après le séisme de 1908 sont, plus de cent ans après, encore en place et habitées par les familles des bénéficiaires originaires ou par des nouveaux occupants (FIUMI, 2008). « *Così, alla fine, per disperazione, le famiglie fanno ormai le terremotate vita natural durante, dando vita a un'interminabile catena di sant'Antonio della miseria* » (SPECIALE, 2008).



Fig.3: Haïti: a) Camp Corail, abris temporaires suite au séisme de 2010
b) 2012, les abris temporaires s'enracinent

II.3. CULTURES CONSTRUCTIVES VERNACULAIRES ET PRATIQUES D'INTERVENTIONS : QUESTIONNEMENT DU CADRE PROBLÉMATIQUE

L'importance de briser les frontières entre les interventions à court et long terme, notamment par une *"meilleure coordination des efforts de redressement et de reconstruction, sur la base d'approches spécifiques telles que la liaison entre l'aide d'urgence, la réhabilitation et le développement"*, a été constamment réitérée dans le cadre des politiques internationales de prévention des catastrophes (UNISDR, 2013a). Cependant, depuis quelques années, les bilans des interventions conduites suite à des événements exceptionnels (p.e. tsunami de 2004 dans l'Océan Indien) ont provoqué une certaine tendance, de la part de bailleurs de fonds et d'organisations internationales, à se désengager d'actions à caractère durable, telle que la reconstruction d'habitations permanentes, avec un retour à une dynamique centrée sur la réponse d'urgence (RENET, 2008, *op. cit.*). Cette focalisation massive sur des interventions à caractère provisoire entérine une logique à court terme, qui empiète sur le processus de redressement, absorbant une grande quantité de fonds et entravant physiquement et psychologiquement des dynamiques et des actions à long terme (DAVIS, 2012, *op. cit.*).

Néanmoins, on assiste à une reconnaissance croissante du rôle critique assumé par la compréhension de l'interaction des facteurs naturels, physiques et comportementaux, à échelle individuelle et collective, dans *"l'adaptation sur mesure des campagnes de promotion et des systèmes de gouvernance des risques"*, en soulignant l'importance d'une prise en compte des connaissances indigènes et traditionnelles comme du patrimoine culturel, aussi bien tangible qu'intangible, pour *"concevoir de nouvelles politiques promouvant la socialisation de la réduction des risques, laquelle devrait devenir « l'affaire de chacun »"* (UNISDR, 2013a).

Cela devient d'autant plus important si l'on considère que, dans la réponse aux besoins de reconstruction après une catastrophe, l'impact des actions d'organismes gouvernementaux et non se révèle en terme quantitatif souvent bien limité³⁹. En effet, la reconstruction est en large partie⁴⁰ le fait des populations elles-mêmes ; donc d'une « architecture sans architectes et ingénieurs », ne pouvant compter sur aucune aide extérieure et s'appuyant exclusivement sur ces propres moyens cognitifs, techniques et économiques pour rebâtir des habitats qui, certainement, seront en futur à nouveau soumis à l'impact des aléas naturels.

39 Suite au séisme de 2010 en Haïti, on estime que *"les Haïtiens ont reconstruit à eux-mêmes près de 10 fois plus de maisons que les organismes d'aide internationaux"* (FAU, 2012, p. 5). En milieu urbain, la reconstruction de structures durables a été prise en charge à 90% par la population, sans aucun appui institutionnel ; de fait elle aurait rebâti des centaines de milliers d'habitations contre les quelques dizaines de milliers fournies par l'aide internationale (GRÜNEWALD, 2014).

40 Des analyses conduites au Bangladesh suite aux cyclones Sidr et Aila (2007 et 2009) ont relevé comme environ un tiers des habitats détruits a été reconstruit par leurs propriétaires grâce à leurs propres ressources, un autre tiers par l'aide gouvernementale ou d'autres organismes. Le restant de la population a dû se débrouiller sans aucun support, ce qui dans une grande majorité de cas a déterminé une non reconstruction ou une précarisation accrue, faute de moyens économiques et de connaissances techniques pour des solutions abordables (CARITAS BANGLADESH, 2011).

Cette recherche questionne l'ensemble de ces facteurs, en se focalisant sur la relation qui subsiste entre l'habitat - dans sa forme construite et culturelle - d'individus et groupes humains et les phénomènes naturels majeurs, dans la perspective d'une contribution à l'amélioration des pratiques d'intervention d'agences d'aide. D'une part, la nécessité d'une projection sur le long terme d'objectifs et actions reflète, au moins en partie, la reconnaissance des catastrophes en tant qu'événements ponctuels survenant et s'inscrivant dans la continuité de la vie d'individus et communautés. D'autre part, l'importance croissante accordée au rôle de facteurs humains et culturels révèle le potentiel sous-jacent d'une contextualisation des interventions et des politiques visant à une réduction de la vulnérabilité. Ces deux constats sont intrinsèquement liés et c'est justement cette corrélation que cette recherche interroge :

Les interventions d'agents externes à une communauté et/ou à un lieu se révèlent parfois des contributions indispensables ; dès lors, de quelles manières elles peuvent aller appuyer un processus endogène de résilience et autodétermination, plutôt qu'alimenter l'imposition de modèles exogènes et de logiques technocratiques ?

Les choix techniques et méthodologiques d'organismes aussi bien de coopération au développement que d'aide humanitaire ont un impact direct, à long terme et étendu bien au-delà des seuls bénéficiaires ; donc, quelles approches et modalités de travail peuvent consentir à améliorer le cadre de vie et réduire la vulnérabilité, à l'échelle aussi bien individuelle que collective, par la proposition de pistes pragmatiques et accessibles en dehors du cadre de ces programmes ?

La pertinence, faisabilité et reproductibilité des propositions techniques sont étroitement dépendantes de leur adaptation aux caractéristiques contextuelles ; ainsi comment des nouvelles réponses peuvent-elles s'appuyer, se nourrir et se rapporter aux ressources, pratiques et connaissances existantes, pour donner lieu à des approches jaillissant des potentialités et des spécificités propres à chaque contexte ?

L'habitat vernaculaire et les cultures constructives qui y sont associées reflètent et découlent d'une corrélation particulièrement forte entre milieu naturel et humain, tendant à un équilibre entre ressources, capacités, aspirations et besoins des populations qui l'habitent ; par conséquent, ne devraient-elles pas constituer la première référence à saisir pour identifier quel chemin entreprendre vers la résilience ?

Habitant des régions affectées, souvent cycliquement, par des phénomènes naturels majeurs, certaines populations ont été historiquement confrontées à la menace que ces événements représentent ; comment ont-elles pris en compte et intégré ces risques dans leurs pratiques et leurs modes de vivre et de bâtir ?

III. CADRE DE LA RECHERCHE

“La redécouverte des cultures humaines du bâtir et du penser le territoire que la modernité a repoussées dans la marge, peut se révéler comme un réservoir tangible, à la fois pratique et symbolique pour concevoir et mettre en oeuvre, à l’initiative des usagers eux-mêmes, les réponses indispensables et urgentes requises par l’espace urbain et l’espace domestique”⁴¹

L’architecture, par la façon dont elle est accomplie, exerce une influence sur la vulnérabilité de l’environnement bâti, mais également sur la capacité d’un système (communauté/société) à absorber les effets d’un danger de manière efficace. Cette capacité repose sur le principe que, pour chaque situation particulière, des réponses puissent être étudiées, mises en œuvre, évaluées et si nécessaire améliorées en conséquence, de façon contextuelle. L’architecture ne peut donc pas s’abstraire des individus et collectivités qui la génèrent et l’habitent, faute de quoi elle étoufferait tout élan de créativité constructive et spatiale qui aurait le potentiel de générer une architecture contemporaine saine, accessible et résiliente.

L’étude des techniques et des mesures mises en œuvre spontanément par les gens a le potentiel de dévoiler tout un éventail de solutions constructives qui, qu’elles soient anciennes ou récemment développées, employant des matériaux naturels ou industriels, représentent souvent l’alternative la plus viable, voire fiable, localement. La prise de conscience du potentiel des pratiques et des connaissances vernaculaires dans la préparation, réponse et redressement aux crises constitue, à mon avis, une piste pertinente pour que la (re)construction d’habitats et d’environnements de vie participe au renforcement des capacités de résilience d’individus et groupes humains, ainsi qu’au processus de leur autodétermination et autonomisation.

III.1. SUJET ET OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

Cette recherche explore la relation entre les cultures constructives vernaculaires et les phénomènes naturels caractérisant les milieux dans lesquels elles se situent. Ce travail se focalise sur les pratiques - constructives et comportementales – développées par les populations habitant des contextes géographiquement exposés à des aléas naturels majeurs, investiguant leur rôle potentiel en tant que source d’information et d’inspiration technologique pour une réduction de la vulnérabilité à long terme.

L’objectif est d’entamer une (re)découverte des savoirs vernaculaires contribuant à constituer des nouvelles connaissances relatives à la dimension parasismique des cultures constructives vernaculaires ainsi qu’à favoriser une meilleure accessibilité et pertinence d’approches et d’actions, par une prise en compte des pratiques et spécificités locales dans le renforcement des capacités des populations et institutions face aux risques naturels.

Ce processus ne s’adresse pas uniquement à des scientifiques, des techniciens et des responsables de projet mais également aux communautés, habitants et bâtisseurs, en soutenant simultanément une reconnaissance par des instances et des acteurs institutionnels comme une restitution et une valorisation de ces savoirs auprès de ceux qui en sont à l’origine et qui, par leur pratique quotidienne, influencent et habitent le milieu construit.

41 FREY, Pierre. *Learning from vernacular. Une exposition d’architecture*. Dossier de presse, mai 2010.

UNE THÉMATIQUE SITUÉE DANS LA CONTINUITÉ D'UN PARCOURS

Le sujet de cette recherche se situe dans la continuité d'une réflexion que j'ai entreprise, depuis presque dix ans, au regard des potentialités constructives des matériaux naturels ainsi que de la relation subsistant entre le bâti et des phénomènes naturels majeurs. Plusieurs étapes de mon parcours de formation m'ont conduit à approfondir ces thématiques et, en particulier, la corrélation entre savoirs et savoir-faire vernaculaires, résilience et capacités locales, avec une attention particulière envers la participation et le renforcement de connaissances et compétences de populations et constructeurs.

J'ai entamé cette exploration avec le projet de Master en architecture⁴² à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse), proposant des principes pour la réalisation d'habitations résistantes aux cyclones et inondations, en étroite liaison avec les pratiques et les ressources existantes ainsi que par l'utilisation de matériaux très économiques et naturellement disponibles sur place, tels que le bambou et la terre.

À cette étude est suivie, entre 2006 et 2007, une recherche pratique au regard des potentialités du bambou en tant que matériau de construction en Inde⁴³ à laquelle était associée la réalisation d'un bâtiment prototype, en collaboration avec les artisans d'un village de l'Orissa et l'organisation Orissa Development Technocrat Forum. L'association entre matériaux locaux et renforcement des compétences a été ultérieurement expérimentée lors d'un séminaire de formation d'artisans locaux à la construction en bambou (*Séminaire - atelier sur la valorisation du bambou indigène en Afrique de l'Ouest*), organisé dans le cadre des activités du Centre de Promotion des Artisans de Bafoussam (Cameroun).

Par la suite, la formation de post-master du DSA-Architecture de terre auprès du laboratoire CRAterre-ENSAG, le travail de diplôme⁴⁴ associé ainsi que d'autres activités proposées par ce laboratoire ont fourni des occasions précieuses pour approfondir ultérieurement certaines thématiques, dont en particulier :

- le potentiel représenté par des approches de projets se fondant sur les cultures constructives locales dans le cadre de programme de réduction de la vulnérabilité⁴⁵;
- l'impact à moyen terme des interventions post-catastrophe et les facteurs influençant la résilience ainsi que l'appropriation de solutions et technologies constructives par les populations bénéficiaires⁴⁶;
- la sensibilisation et diffusion de connaissances au regard d'une amélioration des pratiques constructives locales⁴⁷.

Chaque étape de ce parcours a apporté des nouveaux éléments et ouvert des perspectives, contribuant ainsi à poser les fondements, aussi bien conceptuels que pratiques, pour l'étape importante ultérieure d'approfondissement qui a été cette recherche en thèse.

Le projet ReparH - Reconstruire parasinistre en Haïti a, à cet égard, offert une opportunité particulièrement intéressante dans laquelle inscrire la continuité de ces réflexions et d'une approche, alliant recherche et action, que j'ai adoptée depuis le début de ce chemin.

42 CAIMI, Annalisa, HOFMANN, Milo, 2005. *From Kutcha to Pucca. Proposition de reconstruction d'habitats résistants aux calamités naturelles pour les villages de l'Orissa (Inde)*. Thèse de Master en Architecture. Lausanne : École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

43 CAIMI, Annalisa, HOFMANN, Milo, 2007. *Le localisme du bambou. Entre tradition et innovation: recherche au regard du bambou et réalisation d'une construction économique, résistante aux calamités naturelles, avec les populations de l'Orissa (Inde)*. Rapport final. Recherche financée par la Fondation pour l'architecture Geisendorf (Suisse).

44 CAIMI, Annalisa, HOFMANN, Milo, 2010. *Aléas naturels, reconstruction et pratiques vernaculaires*. Diplôme de Spécialisation et d'Approfondissement – Architecture de Terre. Grenoble : École Nationale Supérieure d'Architecture. 2010.

45 GARNIER, Philippe, MOLES, Olivier, CAIMI, Annalisa, et al., 2011. *Aléas naturels, catastrophes et développement local*. Villefontaine : CRAterre Editions, 2011.

46 CAIMI, Annalisa, HOFMANN, Milo, 2010. *Etat des lieux de la reconstruction post-tsunami (province d'Aceh, Indonésie)*. Sigli : CRAterre-ENSAG, Fondation Abbé Pierre.

47 Développement d'une mallette pédagogique dans le cadre de la phase pilote du programme *Réduction de la vulnérabilité aux inondations des populations (et de leur cadre bâti) d'Afrique Centrale et de l'Ouest*, conduit par la Fédération Internationale de la Croix-Rouge et du Croissant Rouge.

III.2. QUESTIONS DE RECHERCHE ET HYPOTHÈSE

Les constats dérivant des expériences conduites précédemment à ce travail ainsi que d'une étude de la problématique relative à la résilience des populations et de leur habitat face aux aléas naturels, m'ont conduit à formuler l'hypothèse de recherche suivante :

la prise en compte, dans des processus de réduction de la vulnérabilité relatifs à l'habitat, des savoirs et savoir-faire inhérents aux pratiques et cultures constructives vernaculaires contribue à renforcer les capacités locales de résilience.

Toutefois, la résilience n'est pas uniquement déterminée par des facteurs d'ordre technique, mais également par les connaissances, pratiques et ressources disponibles. Pareillement, les capacités d'individus, communautés et organismes ne se rapportent pas uniquement à des questions procédurales, mais à un ensemble d'approches, modalités, contenus et compétences dont les spécificités et la variabilité sont directement corrélées aux particularités de chaque contexte. Ainsi, de cette hypothèse, deux questions plus spécifiques découlent :

Quels sont les savoirs, les pratiques et les dispositions techniques développés par les bâtisseurs et les populations pour réduire la vulnérabilité du bâti envers les aléas naturels ?

Selon quelles modalités ces savoirs et mesures pourraient-ils participer à renforcer la résilience et les capacités à se préparer, gérer et répondre aux crises ?

III.3. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Pour saisir de manière cohérente les questions fondant cette recherche, il m'est paru indispensable qu'elle s'appuie, depuis ses débuts, sur une démarche tissant des liens entre plusieurs domaines, échelles et niveaux d'expertise. L'approche adoptée se base ainsi sur l'établissement d'une relation forte entre le niveau de la recherche scientifique et le niveau opérationnel, ce dernier correspondant aux activités entreprises dans le domaine de l'habitat par des organismes intervenant dans des contextes exposés à des aléas naturels ; ceci pour ancrer la réflexion théorique aux limites et potentialités de la pratique de terrain. Cette liaison s'est traduite dans un processus d'allers et retours continus entre la dimension théorique et appliquée de la recherche, se nourrissant réciproquement tout au long de ces trois ans. Cette dynamique a été ultérieurement enrichie par un engagement direct et proactif dans le cadre d'activités conduites par l'association CRAterre et ses partenaires, qui a permis de formuler, vérifier et faire évoluer les hypothèses posées par la recherche apportant, simultanément, une contribution directe au travail des acteurs impliqués dans ces programmes. Pareillement, la prise en compte des aspects relatifs aux différentes phases d'intervention a été effectuée par l'insertion de la réflexion dans une logique de liaison entre urgence, réhabilitation et redressement, pour appréhender de la manière la plus complète les différents enjeux relatifs à chacune de ces situations comme à leur interrelation.

LE PROJET REPARH, UN CADRE DE RECHERCHE PARTICULIER

La mise en place de cette démarche et la création d'une relation forte entre recherche et application ont été favorisées par le double statut de laboratoire de recherche et d'association du CRAterre et, plus particulièrement, par l'inscription de ce travail dans le projet de recherche ReparH (Reconstruire Parasinistre en Haïti 2010-2015), soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche- ANR dans le cadre d'un appel émis suite au séisme de janvier 2010 en Haïti. Conciliant approche scientifique et réalités de terrain, ce projet vise à appuyer des institutions haïtiennes et internationales dans l'élaboration et la mise en place de stratégies de réduction de la vulnérabilité de l'habitat, par la proposition de spécifications techniques et méthodologiques *"afin de développer une architecture de qualité par la promotion de solutions constructives socialement adaptées et scientifiquement pertinentes, et contribuer à leur large diffusion et utilisation par les populations"* (extrait du compte-rendu

intermédiaire, janvier 2012). Ce projet est conduit en partenariat par deux laboratoires universitaires français, le CRAterre (unité de recherche Architecture, Environnement et Cultures Constructives) de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble et le 3S-R de l'Université Joseph Fourier, en collaboration avec plusieurs organismes travaillant dans la reconstruction post-séisme.

Dans ce cadre, la présente recherche s'est fondée sur une analyse des stratégies adoptées par des acteurs de la réhabilitation post-catastrophe, en particulier en Haïti, pour entamer une réflexion et proposer des perspectives favorisant la mise en place d'approches de prévention et de gestion adaptées au contexte. Parallèlement, ce travail a apporté une contribution directe aux actions d'organismes haïtiens engagés dans la réhabilitation post-séisme ainsi qu'à l'objectif du projet ReparH de *"produire des documents techniques et méthodologiques qui pourront être utilisés dans les programmes de formation (professionnelle et universitaire) et de préparation aux risques, à Haïti et dans d'autres régions du monde soumises à des aléas naturels similaires"* (extrait du projet soumis en réponse à l'Appel à projets Flash *Séisme Haïti, pour une reconstruction durable*, avril 2010, p. 7). Le développement d'une méthodologie d'analyse contextuelle et son expérimentation en contexte réel (en Haïti et au Bangladesh) en vue de futures applications contextualisées, mais également d'activités de sensibilisation et formation sur site ont constitué des apports concrets aux actions mises en œuvres, en participant en outre à l'élargissement de leur perspective au delà de la phase de post-catastrophe. Le travail entrepris avec les partenaires haïtiens – y compris des organisations travaillant dans des régions non affectées par le séisme de 2010 – ont par ce fait directement contribué à une durabilité des démarches adoptées dans le cadre de la reconstruction, en soutenant leur inscription dans les priorités et les pratiques de travail de ces associations, dans une logique de réponse à la crise mais également d'anticipation et préparation à celles à venir.

UNE DÉMARCHE D'ENSEMBLE ENGLOBANT DES MÉTHODES DE TRAVAIL SPÉCIFIQUES

Cette thèse s'inscrit dans le champ de la recherche empirique et de la recherche-action (GOYETTE, LESSARD-HÉBERT, 1987), tout en leur associant plusieurs autres approches - de type exploratoire, descriptif, analytique, expérimental - et reposant sur des éléments qualitatifs en vue de faire ressortir les potentiels, les enjeux et les contraintes épistémologiques des systèmes, aussi bien organisationnels et programmatiques que cognitifs et structurels, corrélés au domaine de l'habitat en contexte à risque.

Plus particulièrement, cette recherche s'oriente vers un processus de (re)connaissance des pratiques constructives vernaculaires, en les considérant comme le point de départ pour élaborer, expérimenter et mettre en œuvre des approches de réduction de la vulnérabilité aussi bien du bâti que des populations qui l'habitent. Cette investigation s'est effectuée par le développement de deux axes de travail, découlant de l'hypothèse et des questionnements posés et s'articulant autour d'un noyau commun : l'identification des cultures constructives vernaculaires et de leur potentiel de résilience. Le premier axe se focalise sur le caractère parasinistre d'architectures et cultures constructives vernaculaires qui ont été développées par des populations habitant des territoires affectés par des aléas naturels récurrents. Le deuxième axe interroge les modalités de prise en compte des pratiques constructives locales dans le cadre de programmes d'habitat, conduits par des organismes opérationnels en situation de préparation et réponses à des crises. La définition de ces deux axes de travail a visé à appréhender d'un point de vue technique, méthodologique et analytique, le rôle potentiel des cultures constructives vernaculaires, en prenant en compte plusieurs aspects : les éléments effectifs que celles-ci peuvent intégrer vis-à-vis des risques naturels ; les modalités concrètes de leur identification sur le terrain ; les aspects favorisant une cohérence des propositions effectuées avec les spécificités du contexte ainsi qu'un renforcement des capacités locales de résilience.

Le développement parallèle de ces différents éléments a été, d'une part, le résultat d'une volonté explicite de permettre une définition progressive du cadre théorique ainsi qu'un enrichissement réciproque des différents facteurs et niveaux considérés. D'autre part, cela a constitué également une réponse pragmatique à la nécessité d'assurer un avancement de la recherche de manière

relativement indépendante des activités du terrain, dont les rythmes et les priorités peuvent se différencier considérablement, en particulier en situation de post-urgence. Outre à demander une flexibilité du cadre méthodologique global, cette approche a impliqué l'adoption d'une méthode de travail spécifique aux différentes thématiques abordées, en relation à leur objet et aux possibles synergies avec des activités de terrain.

Axe 1 : Le vernaculaire parasinistre

Le travail au regard de cet axe s'est concentré sur la spécification de la corrélation entre les notions d'architecture vernaculaire et de culture constructive rapportées aux risques naturels. En particulier, il approfondit le concept de « culture constructive du risque », en investiguant les formes par lesquelles elle se manifeste dans les pratiques et les artefacts des bâtisseurs vernaculaires. L'analyse se focalise sur la dimension constructive de cette relation, par l'identification des typologies et des échelles d'application des mesures et dispositions qui permettent à certaines architectures vernaculaires de faire face à l'impact des aléas naturels. La recherche considère les différents niveaux de matérialisation de ces principes parasinistres en s'appuyant sur l'étude d'exemples présents dans la littérature ainsi que découlant d'analyses conduites dans des contextes particuliers, précédemment et au cours de cette recherche. Cette étude a permis d'identifier et caractériser des approches, systèmes et dispositifs constructifs spécifiques à des pratiques et environnements bâtis vernaculaires, en les rapportant également à des principes du génie parasinistre ainsi qu'aux résultats de recherches scientifiques menées par d'autres chercheurs et institutions.

Axe 2 : Prise en compte des pratiques constructives vernaculaires

Le questionnement des modalités de prise en compte des pratiques et cultures constructives vernaculaires s'est fondé sur une relation étroite avec la « réalité du terrain » ainsi qu'avec les acteurs et les dynamiques qui y sont présents. Pour que les pratiques et modes de construire d'un lieu puissent être pris en compte, la phase de leur identification constitue une étape préalable et indispensable à la définition de toute action. Les constats découlant d'une étude des méthodes et supports existants pour l'analyse du bâti vernaculaire, ainsi que les besoins précis exprimés par plusieurs acteurs opérationnels (techniciens, opérateurs, consultants et responsables de projet) m'ont conduit à focaliser le travail relatif à cet axe sur l'élaboration d'une méthodologie spécifique à l'analyse des cultures constructives vernaculaires en zones à risques. Cependant, il ne s'agissait pas uniquement d'établir des critères et des procédures, mais surtout d'en vérifier la pertinence, les modalités de mise en œuvre et d'utilisation de la part de différents types d'acteurs, pour que cette méthodologie puisse répondre de manière effective et cohérente à des nécessités et contraintes réelles. Sur la base d'échanges continus entre le niveau de la conception et celui de l'application, son développement a été effectué en lien étroit avec des situations possibles d'utilisation ainsi qu'avec ses utilisateurs potentiels. La réflexion s'est en outre élargie aux facteurs relatifs à son adaptation, appropriation et diffusion, en relation à différents publics, compétences et objectifs. L'approfondissement de ces aspects s'est appuyé sur des activités de formation et sensibilisation dans le cadre de programmes en cours sur le terrain et d'enseignement universitaire (notamment en cycle master de la filière Architecture et Cultures Constructive de l'ENSAG).

Si une prise en compte des pratiques existantes débute par l'identification des caractéristiques du milieu d'intervention, elle se traduit ensuite dans des éléments techniques comme dans les spécificités et modalités de mise en œuvre d'un programme. Il m'est paru donc indispensable d'étudier de plus près les aspects qui, au niveau organisationnel, décisionnel et opérationnel, participent à la définition et au déroulement du processus de projet ainsi qu'à ses résultats et à son impact sur l'amélioration des capacités locales, tant au regard de la construction que de la résilience. Pour ce faire, j'ai procédé à une analyse de plusieurs projets d'habitat dans lesquels les caractéristiques du contexte ont exercé, depuis le départ, une influence importante sur les approches

méthodologiques et techniques mises en œuvre. Ce travail s'est effectué à partir d'observations sur le terrain et d'entretiens avec des représentants des populations, d'organismes locaux et internationaux ainsi qu'avec des personnes (artisans locaux, opérateurs de terrain, consultants et responsables de projet) possédant une expérience et/ou expertise particulières au regard des thématiques traitées. Le choix des cas considérés a été déterminé par la possibilité d'une implication active de ma part et d'une contribution directe de cette recherche aux objectifs et activités des partenaires ; par la possibilité d'effectuer un suivi continu, même en dehors d'une présence constante sur le terrain ; par une influence marquée des conditions contextuelles et une intégration des pratiques constructives locales dans les éléments définissant le programme.

DEUX CONTEXTES POUR UNE COMPLÉMENTARITÉ D'EXPÉRIENCES

Le développement de ce deuxième axe de recherche s'est en grande partie appuyé sur des activités conduites en relation aux contextes suivants :

- la réhabilitation post-catastrophe en Haïti, en référence aux projets menés par différents organismes engagés dans la reconstruction suivant le séisme qui a frappé le pays en 2010 ;
- un programme triennal de préparation aux catastrophes, renforcement des capacités locales et amélioration de l'habitat au Bangladesh, conduit conjointement par la Caritas Bangladesh, le Département d'ingénierie de la Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET) et le CRAterre-ENSAG.

Les facteurs d'intérêt ayant supporté le choix de ces contextes sont les suivants :

- les deux situations constituent des phases différentes du même processus dynamique : la reconstruction post-catastrophe et la préparation aux risques représentent deux composantes complémentaires de la gestion des risques. Prendre en compte ces deux situations a permis de pousser la réflexion à explorer les modalités par lesquelles la reconstruction peut poser les bases pour une démarche à long terme de préparation et réduction des risques et comment, à son tour, la préparation peut influencer sur les stratégies de reconstruction ;
- la différence de niveaux et de rôles des acteurs impliqués : au Bangladesh, les institutions en charge du projet sont locales, l'une provenant du milieu universitaire et l'autre étant un organisme non gouvernemental dont le personnel possède une grande expérience dans la réponse post-catastrophe ; en revanche en Haïti les organismes agissant sur le terrain sont des structures internationales et locales, ces dernières avec peu ou pas d'expérience dans la construction. Ces différents niveaux d'engagement, de compétences et d'influence ont de fait permis de considérer un éventail relativement large d'enjeux, synergies et potentialités présentes dans les différentes situations étudiées ;
- une implication directe en tant que réponse à une nécessité effective exprimée par des acteurs locaux et opérationnels, se rapportant et alimentant le développement d'aspects particuliers considérés dans la recherche.

III.4. OUTILS ET CRITÈRES MÉTHODOLOGIQUES

D'un point de vue méthodologique, les programmes en cours sur le terrain ayant fait l'objet d'un approfondissement détaillé ont été choisis sur la base de plusieurs facteurs.

Tout d'abord, la définition des deux contextes de références - Haïti et Bangladesh - se rapporte à deux pays parmi les plus pauvres de la planète⁴⁸, régulièrement affectés par des événements à caractère catastrophique déclenchés par l'impact d'aléas naturels. Des situations qui voient dans une large majorité de cas, l'intervention d'organismes locaux et internationaux pour compenser les faiblesses existantes au niveau social et institutionnel ainsi que pour épauler, voire parfois même

⁴⁸ Selon les statistiques établies, en relation au produit intérieur brut sur la base des taux de parité de pouvoir d'achat par habitant (bases de données consultées en avril 2014), par des organismes comme l'International Monetary Fund (World Economic Outlook Database), la Banque Mondiale (World Development Indicators Database) et la Central Intelligence Agency (World Factbook),

gérer, le processus de redressement et de réhabilitation. Ces conditions s'associent toutefois à deux cadres politiques distincts : en Haïti, un gouvernement défaillant et une organisation lacunaire tant en termes de planification que d'opérationnalité (RÉPUBLIQUE D'HAÏTI, 2004) ; au Bangladesh, une démarche forte au niveau gouvernemental, axée sur la prévention et la gestion des risques (GOB, 2010). La similarité de certaines conditions comme les divergences relatives à des aspects de gestion et d'approche du risque, au niveau national, déterminent des variables particulièrement intéressantes pour l'investigation des enjeux et des potentiels sous-jacents aux pratiques actuelles et aux apports, à échelle locale et globale, d'une démarche de prise en compte des cultures constructives vernaculaires dans des processus de renforcement des capacités de résilience.

Les contextes de référence diffèrent tant du point de vue géographique et programmatique, que des organismes et dynamiques en place. Cette hétérogénéité, ainsi que les contraintes et les opportunités relatives aux deux situations, ont déterminé une différenciation des approches d'étude et des possibilités d'approfondissement. À cet égard, une double démarche a été adoptée, en analysant en profondeur quatre programmes en Haïti et un au Bangladesh. Le choix de considérer, dans le premier cas, plusieurs exemples et, dans l'autre, un seul dérive essentiellement de la diversité des contextes à l'étude.

Le cas haïtien se réfère à une situation dans laquelle, suite à une catastrophe récente et de grande ampleur (séisme de 2010), plusieurs organismes interviennent simultanément en relation à des problématiques similaires (p.e. relogement et reconstruction d'habitats). Parmi ceux-ci, la sélection des cas approfondis s'est basée sur des programmes qui, en terme d'approche globale, se différencient considérablement de la majorité des autres organisations actives sur place. Plus particulièrement, les paramètres considérés se rapportent à leur proximité géographique, une étendue limitée aux zones affectées par le séisme de 2010, ainsi qu'à une localisation en région rurale et/ou périurbaine. Un critère ultérieur a été l'adoption d'une approche située, s'inspirant des pratiques constructives locales pour une reconstruction non seulement permanente mais surtout durable, en termes d'accessibilité des technologies et des modes d'organisation proposés.

En relation au Bangladesh, le choix de considérer un seul exemple dérive de la particularité du programme en question. En fait, il ne correspond pas à une intervention temporellement et spatialement limitée, mais il découle au contraire d'un processus d'évolution de logiques et approches s'articulant sur différentes zones et plusieurs années⁴⁹. La focalisation sur un cas spécifique dérive également de l'étendue de ce projet, couvrant simultanément plusieurs régions, à échelle nationale, et englobant différentes typologies d'acteurs, avec une forte synergie au niveau local entre le domaine opérationnel et académique.

INTERACTION ET MODALITÉS D'IMPLICATION

Parmi les critères fondant la définition des cas analysés dans ces deux contextes, l'existence d'un partenariat entre le laboratoire CRATerre-ENSAG et les organisations chargées de la mise en œuvre des activités a, en outre, assumé un rôle déterminant, notamment pour consentir une implication directe et un suivi continu, même loin du terrain.

Dans le cas du contexte haïtien, la pluralité d'organisations travaillant simultanément sur une problématique similaire a ouvert une double perspective. D'une part, cela a permis de profiter de la multiplicité des démarches pour saisir les différents éléments et approches nourrissant la réflexion autour des possibilités concrètes de prise en compte des cultures constructives locales depuis la phase de post-urgence. D'autre part, elle a permis d'apporter un complément à ces activités en relation à une volonté manifestée par les représentants de certaines organisations haïtiennes d'acquérir des compétences spécifiques pour une analyse située. Mon implication a ici concerné des activités de sensibilisation et formation de responsables et techniciens; ce qui a contribué à un élargissement des éléments considérés au regard de la méthodologie élaborée et de sa diffusion, notamment par la confrontation avec des contextes, des compétences et des objectifs variés.

⁴⁹ Le programme considéré est en effet une étape d'un processus, commencé en 2007 avec la reconstruction après un événement particulier (cyclone Sidr), évoluant d'une approche de réaction vers une approche de prévention.

En revanche au Bangladesh, l'analyse des cultures constructives locales constitue la phase initiale à partir de laquelle s'effectuent la conception et la mise en œuvre de propositions techniques pour la reconstruction post-catastrophe et l'amélioration préventive du bâti. Dans ce cas, mon implication a concerné spécifiquement le travail d'analyse, par la proposition et application d'une méthodologie particulière ainsi que sa diffusion parmi les techniciens et responsables locaux.

PRINCIPES ET MODALITÉS DE COLLECTE DES DONNÉES SUR LE TERRAIN

L'analyse de ces programmes s'est fondée sur deux logiques distinctes, qui dérivent de l'hétérogénéité des situations considérées. En Haïti, le contexte de post-urgence a déterminé un avancement très rapide des projets, en particulier en relation aux activités portant sur la production d'habitats. Ce qui a permis de dresser plusieurs constats au regard des modalités de leur déroulement et des retombées au niveau des populations bénéficiaires et non, comme des constructeurs, techniciens et responsable locaux. D'autre part, le projet en cours au Bangladesh s'est focalisé essentiellement sur le processus, non seulement de développement de solutions techniques mais aussi de renforcement des capacités et de dialogue avec les communautés. Son objectif n'étant en effet pas la production d'un nombre élevé de constructions mais l'élaboration et la mise au point de stratégies méthodologiques et techniques ainsi que leur diffusion et appropriation par les différents acteurs impliqués.

Cette différence de logiques s'est répercutée sur les modalités de synthèse des informations à leur égard : dans un cas (Haïti) sous forme de fiches par projet, détaillant les différentes composantes ainsi qu'un bilan critique des éléments identifiés ; dans l'autre (Bangladesh), par le biais d'une fiche synthétisant l'historique et les spécificités programmatiques de l'exemple considéré. L'approfondissement de ces programmes n'était de toute manière pas motivé par l'intention d'effectuer une analyse comparative, mais plutôt d'investiguer les aspects propres à chaque situation pour en dégager des considérations et des critères alimentant une réflexion d'ensemble au regard d'une amélioration des approches de réduction de la vulnérabilité.

Le travail relatif à ces deux contextes a été effectué tout au long de ces trois ans, incluant une analyse des programmes en cours ainsi qu'une étude des cultures constructives vernaculaires dans les zones d'implantation des premiers. Ces investigations ont été conduites en parallèle au développement d'une approche méthodologique d'analyse contextuelle qui est de fait devenu l'objet et, simultanément, l'outil de la recherche.

La collecte et le traitement des données ont été effectués sur la base d'une double démarche visant à assurer tant la scientificité de l'approche de recherche adoptée que la fiabilité des informations obtenues, par une immersion prolongée dans les contextes à l'étude ainsi qu'une triangulation des sources, méthodes et perspectives (POURTOIS, DESMET, 2007).

Plusieurs déplacements sur le terrain - dont deux d'une durée d'un mois chacun au Bangladesh (en 2011 et 2012) et quatre en Haïti pour une durée totale de deux mois (en 2011, 2012 et 2013) - ont permis d'acquérir une compréhension fine par un suivi sur trois ans, évitant le piège d'une position d'observateur extérieur et ponctuel et, par conséquent, d'une généralisation d'aspects anecdotiques. La récolte des informations s'est basée sur plusieurs méthodes qualitatives, dont la grande majorité fait partie de l'approche méthodologique développée au regard d'une analyse située. Elles ont en particulier compris : l'observation directe des spécificités tangibles des contextes considérés comme des dynamiques en place au niveau individuel, communautaire et institutionnel ; des visites accompagnées et plusieurs rencontres avec des acteurs variés, incluant des entretiens non directifs avec des informateurs clé et des groupes focalisés conduits sur la base d'une liste de questions ouvertes. Ces activités ont été associées à une documentation, des éléments discutés et observés, par le biais de photographies et notes de terrain ainsi que par des comptes rendus des entretiens et des visites qui ont été validés auprès des participants.

Plusieurs sites ont été cycliquement visités et plusieurs acteurs rencontrés pour saisir des éventuelles évolutions du cadre contextuel et les influences des programmes analysés, comme pour questionner l'ensemble des points de vue et des expériences se rapportant à ces projets et, de manière plus large, au secteur de l'habitat en zones à risques.

Synthèse des éléments méthodologiques d'ordre quantitatif :

- Présence sur le terrain : 5 mois (2 au Bangladesh, 2 en Haïti, 1 en Turquie)
- Analyse de l'architecture et des cultures constructives vernaculaires :
15 régions en 3 pays (Bangladesh, Haïti, Turquie)
- Etude et suivi de 5 programmes d'habitat :
Préparation et réduction des risques : 1 au Bangladesh
Réhabilitation post-catastrophe : 4 en Haïti
- Analyse de 10 programmes relatifs au domaine de la construction :
Urgence, abris transitionnels : 3
Post-urgence, reconstruction permanente : 3
Post-urgence, reconstruction évolutive : 2
Réduction des risques, relocation : 1
Développement, amélioration de pratiques constructives : 1
- Entretiens avec :
20 experts internationaux
25 décideurs et responsables de projet (organismes locaux et internationaux)
35 techniciens et opérateurs de terrain
x⁵⁰ bénéficiaires des programmes considérés, constructeurs, représentants des communautés et des autorités locales, etc.

La relation avec le terrain a néanmoins imposé plusieurs contraintes, en particulier vis-à-vis des disponibilités et priorités des acteurs opérationnels, résultants dans des décalages parfois importants entre les délais et les activités prévues et celles réellement possibles. Ce qui m'a conduit à saisir d'autres opportunités qui ont permis d'acquérir des éléments supplémentaires et d'effectuer des approfondissements ultérieurs :

- le suivi du travail d'analyse effectué en juin 2012 par deux étudiants du DSA-terre au regard de différents programmes d'habitat réalisés en Haïti, dans le cadre d'un stage financé par la Fondation Abbé Pierre ;
- la participation à la définition d'une grille d'évaluation interne au regard des programmes de reconstruction d'habitations, conduit par quatre organisations haïtiennes avec le soutien de l'organisation Misereor ;
- la contribution à l'élaboration d'un module de formation à l'analyse des cultures constructives locales, s'adressant à des techniciens (ingénieurs et artisans expérimentés) d'organisations haïtiennes, dans le cadre d'un projet conduit par UN-HABITAT en Haïti au cours de l'année 2013;
- la contribution et participation à plusieurs séminaires et conférences internationales :
 - *XIth International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage - Terra 2012*, 22-27 avril 2012, à Lima (Pérou),
 - séminaire scientifique *Disaster-resistant building cultures: the ways forward*, 27-29 mai 2013, à Grenoble (France),
 - *Second International Conference Structure and Architecture - ICSA2013*, 24-26 juillet 2013, à Guimarães (Portugal),
 - *International Conference on Vernacular Heritage and Earthen Architecture - CIAV 2013 | 7th ATP | VerSus*, 16-20 octobre 2013, à Vila Nova de Cerveira (Portugal).

50 Le nombre de bénéficiaires directs, constructeurs et membres des communautés rencontrés est difficilement quantifiable avec précision, en raison de la nature propre de la méthodologie d'analyse adoptée, qui ne se focalise pas sur des échantillons démographiques et/ou professionnels préétablis, mais cherche à instaurer un dialogue avec tout individu susceptible d'apporter des informations et des considérations favorisant la compréhension du cadre et des contraintes contextuelles. Au cours du travail sur le terrain, plusieurs échanges informels ont eu lieu avec des personnes rencontrées de manière imprévue pendant des visites ou intervenant de manière ponctuelle aux rencontres communautaires. À titre indicatif, lors des analyses conduites au Bangladesh, 20 habitations par région ont été examinées de manière détaillée et pendant les entretiens avec leurs propriétaires, plusieurs autres personnes (de 1 à 5) ont parfois participé.

III.5. PRÉSENTATION DU PLAN DE LA THÈSE

Ce travail de thèse s'articule en trois parties distinctes qui reflètent les niveaux, différents mais complémentaires, auxquels la recherche s'est rapportée. Ces parties n'ont toutefois pas le même statut : la première introduit la question des actions entreprises par des organismes de coopération et d'aide humanitaire vis-à-vis de la problématique de l'habitat en contexte à risque, en définissant le cadre méthodologique, opérationnel et technique dans lequel la prise en compte des cultures constructives vernaculaires peut se produire. Elle établit le cadre de référence dans lequel s'est situé le développement des éléments principaux sur lesquels cette recherche a porté et qui sont approfondis de manière détaillée dans les deux autres parties : l'investigation des modalités d'identification située des cultures constructives vernaculaires ainsi que la caractérisation de leurs contenus et apports potentiels à une réduction de la vulnérabilité.

Chaque partie développe de manière autonome une de ces thématiques, tout en se rapportant en début et fin de chapitre à la réflexion d'ensemble constituant le « fil rouge » de cette recherche. En outre, en conclusion de chaque partie, je propose des pistes contribuant à une diffusion des résultats de ce travail entre chercheurs, praticiens et acteurs locaux, pour qu'ils puissent se rendre utiles aux groupes et individus responsables de la mise en œuvre d'activités sur le terrain ainsi qu'en charge de la construction d'environnements bâtis plus résilients.

La première partie, *Interventions en zones à risques et facteurs contextuels : approches, contenus et influences*, examine les démarches, les activités et les outils adoptés dans le cadre de programmes d'amélioration de l'habitat et de réduction de la vulnérabilité envers des aléas naturels, conduits de manière préventive ou subséquente à une catastrophe. Cette analyse s'articule sur la base de trois aspects : l'approche de projet, le produit construit et le renforcement des compétences. Pour chacun d'entre eux, j'identifie les facteurs qui influencent et déterminent la pertinence des stratégies méthodologiques et techniques mises en œuvre, leur appropriation de la part des constructeurs et populations ainsi qu'un renforcement diffus et direct des capacités locales de résilience. L'analyse débouche sur un concept qui, associant préparation, réponse et réhabilitation, peut constituer une piste pertinente à entreprendre pour améliorer la cohérence des approches et des propositions élaborées vis-à-vis des spécificités du contexte d'intervention, depuis les phases initiales d'un programme.

La deuxième partie, *Pratiques locales, risques et milieu : une méthodologie d'analyse contextuelle*, se focalise sur les modalités d'identification des cultures constructives vernaculaires par un processus d'analyse située, comme étape préalable à l'élaboration de toute activité. Je procède tout d'abord à une revue critique des méthodes et supports existants, en relation aux concepts d'analyse directe et participative, d'habitat et architecture vernaculaire ainsi que de vulnérabilité et relation aux risques. Par la suite, je présente la méthodologie d'analyse des cultures constructives locales développée du point de vue du processus de son élaboration, de son approche globale, d'une caractérisation des paramètres et supports considérés ainsi que des modalités de son application avec une référence particulière au travail effectué sur le terrain. Cette partie se conclut avec des observations au regard des facteurs d'adaptation, des modalités d'appropriation et des niveaux d'application, s'accompagnant de propositions spécifiques à ces éléments en vue d'une diffusion et utilisation de cette méthodologie dans le cadre d'initiatives relatives au bâti vernaculaire et à la résilience, dans des contextes exposés à des aléas naturels.

La troisième partie, *Cultures constructives vernaculaires et aléas naturels : éléments de résilience*, entame une investigation de la relation entre les cultures constructives vernaculaires et les aléas naturels, en se focalisant sur la caractérisation des dimensions et échelles auxquelles elle se rapporte. La notion de « culture du risque » est ici explorée en relation à sa dimension technique et constructive, en identifiant les mesures qui, de l'échelle du territoire à celle du détail constructif, ont été intégrées aux modes de concevoir et construire des bâtisseurs vernaculaires pour réduire la vulnérabilité de l'environnement bâti envers des phénomènes naturels majeurs. Cette partie se termine avec la proposition de pistes méthodologiques et pratiques pour favoriser la production et la diffusion des connaissances à l'égard des savoirs et savoir-faire vernaculaires parasinistres, en vue de contribuer à leur (re)connaissance en tant que (res)sources essentielles pour améliorer la résilience d'environnements bâtis actuels et futurs.

En guise de conclusion finale de la thèse, des considérations sont dressées au regard des limites tant de la recherche que des propositions effectuées, ouvrant également des perspectives en relation aux principaux éléments traités ainsi qu'à une réflexion du rôle possible de l'architecte dans la prise en compte des cultures constructives vernaculaires, en tant qu'observateur et acteur pluridisciplinaire facilitateur.

NOTE DE COMPLÉMENT

Les indications des références, en bibliographie et dans le texte avec le système (nom de l'auteur, date, page), utilisent le style « doctorant AE&CC » proposé par la responsable du centre de documentation de l'unité de recherche AE&CC et correspondant à la norme bibliographique internationale ISO 690. La bibliographie à la fin de ce document contient toutes les références citées, structurées en ordre alphabétique. Dans les annexes, les références et les bibliographies relatives aux différents éléments présentés sont directement introduites dans chaque document.

Plusieurs types d'images (schéma, graphiques, photos, croquis) illustrent les propos présentés dans le texte. Tous les éléments dont les sources ne sont pas référencées sont de l'auteur.

Les annexes comprennent des documents élaborés au cours de cette recherche et servant de support au développement de certains de ses parties, mais dont l'étendue ou le caractère trop spécifique ne permet pas leur intégration dans le corps principal du manuscrit de thèse. Ils sont ainsi regroupés à la fin, selon un principe correspondant aux chapitres auxquels ils se réfèrent.

PARTIE 1 /

INTERVENTIONS EN ZONES À RISQUES ET FACTEURS CONTEXTUELS : APPROCHES, CONTENUS ET INFLUENCES

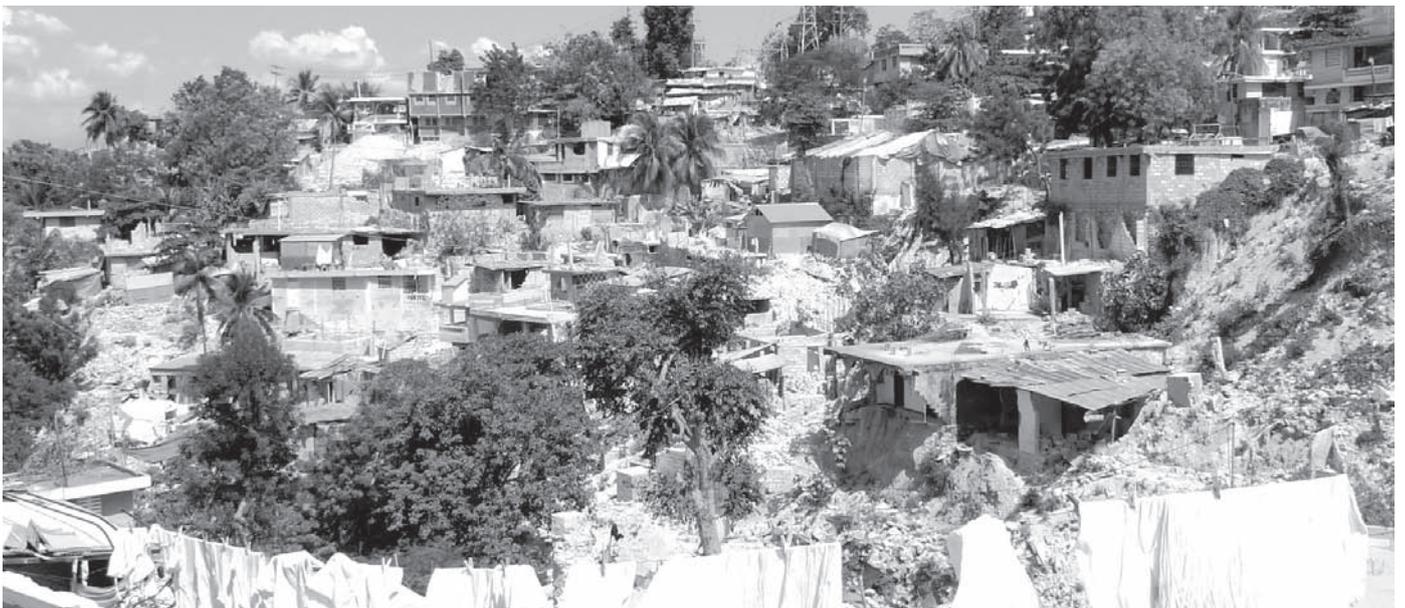


Fig.4: Haïti, Port-au-Prince, après le séisme de janvier 2010

INTRODUCTION DE LA PARTIE 1 / PROGRAMMES D'HABITAT : COMPOSANTS DE PROJET

“On the one hand, will we have, as we commonly do have, supralocal agencies which plan for and provide for people’s housing needs, with the result that the people so planned for and provided for turn into consumers or passive beneficiaries. On the other hand, if housing is treated as a verbal entity, as a means to human ends, as an activity rather than as a manufactured and packaged product, decision-making power must, of necessity, remain in the hands of the users themselves. I will go beyond that to suggest that the ideal we should strive for is a model which conceives housing as an activity in which the users – as a matter of economic, social and psychological common sense – are the principal actors”⁵¹

Le rôle et l’apport potentiel des cultures constructives vernaculaires dans le renforcement de la résilience locale sont abordés à partir d’un questionnement des pratiques actuelles. Les actions entreprises en relation au domaine de l’habitat correspondent à une multitude de programmes conduits par un nombre très important d’organismes. Certains d’entre eux adoptent, par nécessité et/ou volonté explicite, une démarche qui situe la prise en compte du contexte existant en tant qu’aspect fondateur, structurant le projet depuis son origine.

L’expression « prendre en compte » assume ici une signification particulière, plus marquée que « considérer », « intégrer » ou « tenir compte ». Ces dernières indiquent l’intégration d’un ou plusieurs aspects (p.e. certaines caractéristiques du contexte) dans un ensemble défini (le programme), ce qui sous-entend une certaine imprécision, voir marginalité, du rôle et de l’influence des premiers envers les deuxièmes (le programme inclut des éléments du contexte, mais ces derniers peuvent avoir une influence secondaire sur ses objectifs et contenus). Pour « prendre en compte », on entend en revanche un mode de concevoir et procéder qui débute avec une analyse critique du contexte, pour définir les objectifs et modalités de travail : c’est le programme qui s’inscrit dans le contexte à travers un processus de compréhension préalable et de construction d’un projet émergeant des spécificités de l’existant.

En vue de saisir le potentiel des pratiques vernaculaires dans la création et le maintien d’environnements de vie soutenables et résilients, l’identification des approches existantes fonde la compréhension des modalités et possibilités réelles, non seulement au regard de la dimension constructive des programmes auxquels elles se réfèrent, mais également du cadre méthodologique et opérationnel qui les caractérise. En fait, plusieurs facteurs interviennent dans la détermination d’une réduction effective et durable des vulnérabilités existantes. Le contenu des activités considérées et les modalités de leur mise en œuvre influencent fortement les possibilités d’appropriation, reproduction et évolution des solutions techniques proposées. D’autre part, la construction d’habitats moins vulnérables est étroitement dépendante des capacités, actuelles et futures, de populations, constructeurs et autres acteurs actifs sur le terrain.

La cohérence et l’impact sur le long terme d’activités relatives au domaine de l’habitat sont déterminées par les spécificités et la corrélation de quatre facteurs (Fig. 5). Le premier concerne le contexte, qui établit le cadre de référence, tandis que les trois autres constituent les principaux aspects caractérisant les programmes conduits par des organismes (non)gouvernementaux :

51 TURNER, John F.C., 1972. « Housing as a verb ». In : *Freedom to build*. New York : Macmillan, *op. cit.*, p.153.

- *l'approche de projet* : le positionnement global fondant les priorités et les choix stratégiques ;
- *le produit construit* : les approches et propositions technologiques relatives à la construction ;
- *le renforcement des capacités* : les activités et les supports favorisant une amélioration des pratiques constructives et de la résilience.

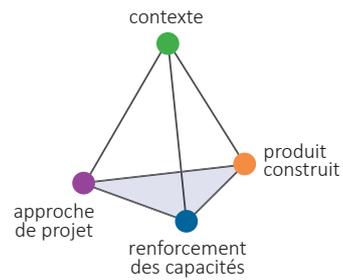


Fig.5: Composants de projet

Dans les chapitres suivants, j'approfondis ces trois derniers aspects en référence à des activités de préparation et réponse aux crises. Pour ce faire, je considère des initiatives récentes où les caractéristiques contextuelles, en terme de ressources, savoir-faires, spécificités du milieu social, construit et naturel, ont constitué des paramètres décisifs dans la définition des actions entreprises. Cette démarche vise à saisir - néanmoins sans prétention d'exhaustivité - les facteurs d'influence du cadre d'intervention sur les spécificités et l'impact d'un programme, en explicitant les différentes modalités de prise en compte des cultures constructives vernaculaires, en relation aux critères considérés, choix opérés et priorités établies par les institutions à l'origine de ces activités.

1. APPROCHES DE PROJET : STRATÉGIES ET POSITIONNEMENTS

Parmi les pratiques courantes des organismes opérationnels (OG et ONG d'aide humanitaire et/ou de développement), deux approches principales sont identifiables en relation au positionnement et à la démarche stratégique adoptés : l'une se focalise sur la fourniture d'un produit (*providing*) ; l'autre soutient un processus de développement des capacités cognitives, opérationnelles et décisionnelles de groupes et individus (*enabling*). Cette dernière approche remet en question la notion de « bénéficiaire » en tant que simple destinataire des activités mises en place, s'orientant vers une conception des acteurs locaux (populations, mais également associations, professionnels, autorités) comme partenaires de travail à impliquer, écouter et soutenir (GRÜNEWALD, 2005). La participation de différentes parties prenantes et les modalités de sa concrétisation assument un rôle déterminant, allant bien au-delà d'une simple contribution matérielle. Dans cette logique, les actions entreprises ne se limitent donc pas à une « distribution » de constructions résistantes, mais visent à constituer les conditions (environnementales, sociales, politiques, économiques et techniques) pour que les populations, les constructeurs et les organisations locales soient en mesure d'accéder et développer, de manière autonome et durable, des mesures réduisant la vulnérabilité de l'environnement bâti et humain (UNDP, 2009).

L'approche d'un projet est, par conséquent, étroitement corrélée à son principal centre d'intérêt : la réalisation de bâtiments et/ou le renforcement de capacités. Ces deux aspects ne sont pas exclusifs, mais ils peuvent être considérés simultanément en tant que composantes complémentaires d'un même projet. Toutefois, la prédominance de l'un entre eux est rapportable à l'importance variable attribuée à plusieurs facteurs influençant le déroulement et les effets (in)directs des actions entreprises (PROJET SPHÈRE, 2011) ; facteurs qui sont associables à trois niveaux distincts et interreliés⁵² :

⁵² Ces facteurs représentent les aspects sur lesquels la mise en œuvre du projet agit de manière directe et tangible, dans certains cas même quantifiable. Un quatrième niveau se rapportant à la sphère culturelle pourrait être considéré ; néanmoins les facteurs qui lui sont associables (p. e. le renforcement de l'identité culturelle, l'adéquation aux modes de vie) se rapportent à des aspects dont la pertinence et effectivité sont difficilement estimables par des tiers et directement corrélées au degré d'influence des bénéficiaires et de leur communauté dans la prise de décision et la gestion du processus de projet.

- le niveau *social*, comprenant :
 - le soutien aux dynamiques (activités, réseaux et structures) existantes et à la cohésion sociale ;
 - l'appui aux partenaires locaux pour la mise en œuvre des activités envisagées mais, surtout, dans l'acquisition et le renforcement de compétences ;
 - la création de synergies et collaborations, entre la pratique de terrain et de la recherche (p.e. support par des centres universitaires à des activités de terrain), entre acteurs locaux et internationaux (les premiers apportant une connaissance fine du contexte, les deuxièmes un appui technique et/ou financier ciblé) ainsi que parmi des organisations et groupes travaillant dans le même secteur opérationnel et/ou géographique ;
- niveau *environnemental*, en référence aux spécificités du produit construit :
 - types, production et transport des matériaux ;
 - potentiel de réutilisation de matériaux et/ou de parties de la construction suite à l'endommagement ou à la démolition de la structure ;
 - mise en place d'activités complémentaires ou de collaborations avec d'autres partenaires, pour réduire l'utilisation (p.e. recyclage des matériaux) ou assurer une durabilité (p.e. replantation) des ressources naturelles ;
- niveau *économique*, concernant :
 - les retombées économiques, au cours du programme et par la suite, dans la zone d'intervention ;
 - la création d'emplois et d'activités génératrices de revenus au-delà de la durée du programme ;
 - le développement de nouvelles filières pérennes et l'amélioration de celles existantes.

La considération de ces trois niveaux influence considérablement l'impact⁵³ à long terme d'un projet. La concrétisation de l'approche adoptée est étroitement liée à la typologie des parties prenantes, à leur système relationnel et au rôle spécifique de chacune d'entre elles dans les processus décisionnels et de gestion des activités.

53 On différencie ici impact et effet. Le terme « effet » indique *“l'incidence de l'action sur le milieu physique et humain environnant”*, conjuguant *“résultats de l'action et autres dynamiques ou contraintes provenant du milieu dans lequel se déroule l'action”* (GRAUGNARD, HEEREN, 1999, p. 10), tandis que le terme « impact » désigne des changements durables observables à long terme (OECD, 2002 ; FOLKE, 2005). En particulier, *“l'impact d'une action [...] est la situation issue de l'ensemble des changements significatifs et durables, positifs ou négatifs, prévus ou imprévus, dans la vie et l'environnement des personnes et des groupes et pour lesquels un lien de causalité direct ou indirect peut être établi avec l'action”* (GRAUGNARD, HEEREN, 1999, *op. cit.*, p. 12).

PROGRAMMES DE RÉFÉRENCE

Les acteurs, leurs modes d'interaction et degrés d'implication sont, dans ce chapitre, étudiés à partir de cinq cas qui se réfèrent à des programmes reposant sur une démarche de prise en compte des pratiques constructives locales associée à un renforcement des compétences et des capacités existantes (*enabling*). Leur analyse s'est fondée sur plusieurs critères définis au cours de cette recherche associés à d'autres couramment employés pour l'évaluation de l'impact des projets⁵⁴. Je présente ici une synthèse de leurs principales caractéristiques des cas considérés pour le développement de ce chapitre⁵⁵.

Projet 1 :

Contexte : Haïti

Objectif : Favoriser l'accès à une habitation sécurisée, solide et adaptable aux populations des quartiers défavorisés

Stratégie : Construction



- mise au point d'un modèle constructif parasinistre et économique déclinable selon la fonction du bâtiment ;
- développement d'un produit financier de type crédit logement favorisant l'accès au logement ;
- formation technique et à la gestion d'entreprise pour des micro-entreprises locales spécialisées dans la construction ;
- création de nouvelles filières de production de matériaux de construction à partir du recyclage des débris.

Projet 2 :

Contexte : Haïti

Objectif : Valoriser les architectures et ressources locales pour un habitat durable du point de vue économique, culturel, social et environnemental

Stratégie : Reconstruction de nouvelles habitations



- fourniture d'un modèle d'habitation composé d'un noyau permanent, évolutif et parasinistre dont la typologie varie selon la zone d'intervention ;
- utilisation d'un système constructif s'inspirant des pratiques existantes et de l'optimisation de certaines techniques basées sur des matériaux naturels localement disponibles ;
- création de compétences relatives aux nouvelles techniques par la formation d'artisans locaux ;
- renforcement des capacités de gestion des partenaires locaux et de l'organisation sociale des associations paysannes.

Fig.6: a) projet 1: bâtiment démonstratif, centre de concassage, Port-au-Prince (Haïti)
b) projet 2: module évolutif d'habitat, Rivière Froide (Haïti)
c) projet 3: habitation locale réparée, Cap Rouge (Haïti)
d) projet 4: habitation pilote, Gidari (Bangladesh)
e) projet 5: panneau informatif, Port-au-Prince (Haïti)

⁵⁴ Les éléments présentés découlent d'analyses détaillées effectuées sur la base d'une grille commune et présentées de manière plus exhaustive dans les annexes (cf. annexe A.1.2).

⁵⁵ Lors des analyses conduites dans le cadre de cette recherche, ces projets étaient encore en cours. Cependant, leur suivi sur plusieurs années (2010-2013) a permis d'apprécier les premiers effets au niveau local, ainsi que les facteurs ayant conduit à des changements et évolutions de contenu et d'approche.

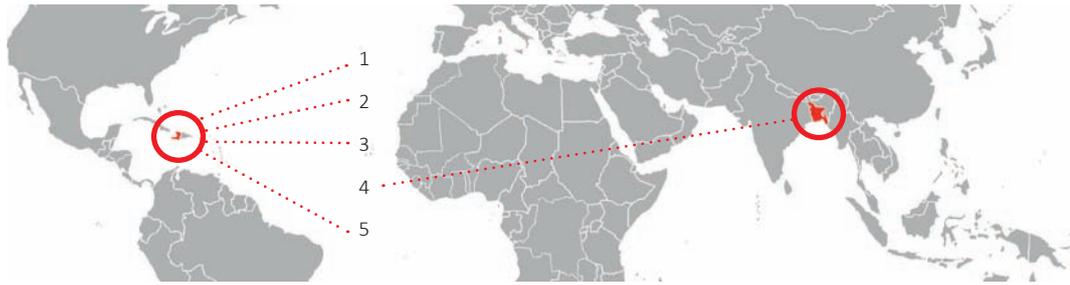


Fig.7: Localisation des programmes : Haïti et Bangladesh

Projet 3 :

Contexte : Haïti

Objectif : Contribuer à l'amélioration des conditions de vie des familles paysannes

Stratégie : Réparation d'habitats existants



- intégration aux constructions existantes de principes techniques améliorant la durabilité et la résistance des systèmes constructifs locaux ;
- appui financier et technique adapté au cas par cas ;
- formation technique d'artisans locaux ;
- renforcement des compétences de l'organisation de base dans la gestion de projet et la mise en place de processus participatifs.

Projet 4 :

Contexte : Bangladesh

Objectif : Renforcer les capacités locales et institutionnelles pour la préparation et la réponse aux crises

Stratégie : Consolidation d'habitats existants / construction d'habitations pilotes



- analyse des pratiques constructives, des ressources et des risques en différentes régions du pays ;
- développement de prototypes d'habitat post-urgence en adaptation aux spécificités de chaque zone ;
- définition et mise en œuvre de principes techniques pour la réparation et l'amélioration de durabilité et de la résistance de l'habitat des différentes zones considérées ;
- renforcement des compétences méthodologiques, opérationnelles et techniques des communautés et de l'organisation locale, par la mise en place de formations et d'un processus participatif.

Projet 5 :

Contexte : Haïti

Objectif : Améliorer la qualité des projets et des actions menées par différents organismes et contribuer au renforcement des capacités locales

Stratégie : Communication



- constitution d'un centre de compétences techniques ;
- développement de matériel informatique et didactique au regard de bonnes pratiques pour une construction parasismique en relation à une technique particulière ;
- création et amélioration des compétences techniques et pédagogiques par la formation d'artisans et de formateurs locaux ;
- appui technique et méthodologique dans le cadre de projets de reconstruction d'habitat menés par des organismes tiers.

1.1. LES PARTIES PRENANTES : NIVEAUX ET RÔLES

Différentes typologies d'acteurs participent à la conception et à la mise en œuvre d'un programme. En relation aux cas analysés, neuf catégories ont été identifiées correspondant à divers niveaux territoriaux (Tab. 1). Quelques-uns de ces acteurs se révèlent être constamment présents, tandis que la présence (ou absence) de certains d'autres est directement liée à l'approche adoptée et au centre d'intérêt (construction/capacités) des activités entreprises.



Tab.1: Catégories d'acteurs

- Autorités et décideurs : membres et/ou représentants d'organismes et de départements gouvernementaux possédant un pouvoir décisionnel sur les politiques et les approches d'aide et de construction ;
- Bailleur de fonds : institution (publique et/ou privée) finançant en totalité et/ou partiellement un programme et/ou certaines activités ;
- Organisation responsable : organisme en charge du programme, généralement assumant un rôle d'interface entre les institutions de financement et les individus, groupes et organisations présents dans la zone de travail ;
- Organisme de consultance : organisme (ONG/OG, centre de recherche, agence) fournissant un appui technique et/ou méthodologique (p.e. aide à la décision) pour la définition des spécificités du programme et des caractéristiques du produit construit ; ce rôle peut être assumé par l'organisation responsable, mais il est souvent attribué à un organisme tiers ;
- Techniciens/opérateurs : professionnels (architectes, ingénieurs) travaillant pour le secteur privé/public ou en tant qu'agents responsables d'activités de construction pour l'organisation responsable ;
- Organisation de base : association ou groupe auto-organisé fondé sur une présence et une structure organisationnelle locale (au niveau du village, localité ou zone), dont les membres proviennent d'une même communauté et/ou zone géographique ;
- Constructeurs : individus et professionnels directement impliqués dans la construction ;
- Population : habitants de la zone de travail ;
- Bénéficiaires : individus et groupes auxquels les activités du programme s'adressent de manière spécifique, incluant aussi bien le public cible d'activité de formation que les (futurs) utilisateurs d'un produit construit.

1.2. MODÈLES DE GESTION : ACTEURS ET INFLUENCES DÉCISIONNELLES

Dans les exemples considérés, trois catégories d'acteurs ont été identifiées comme récurrentes. Celles-ci sont associables à trois fonctions distinctes :

bailleur de fonds	>>>	appui financier
organisme de consultance	>>>	appui méthodologique et/ou technique
organisation responsable	>>>	gestion du projet et mise en œuvre des activités

La présence constante de ces fonctions révèle l'importance qui leur est attribuée dans le processus de projet. Leurs spécificités sont néanmoins variables en fonction du degré de contrôle assumé par le bénéficiaire dans la définition et gestion des activités. À cet égard, quatre démarches principales sont identifiables parmi les pratiques courantes d'organismes (non)gouvernementaux. Leur distinction s'effectue en relation à la catégorie d'acteurs en charge de la définition et de la gestion des différentes phases d'un projet et, en particulier, des activités liées à la construction (BARAKAT, 2003 ; JHA, DUYNE BARENSTEIN, PHELPS, et al., 2010, *op. cit.*) :

1_ gestion par l'*agence d'aide* : l'ensemble du processus est géré par l'organisme responsable ; le degré d'implication des bénéficiaires et de la population peut être très variable et les activités de construction être déléguées à des entreprises privées ;

2_ gestion par la *communauté* : appui financier et technique fournis par l'intermédiaire d'organisations communautaires, activement impliquées dans la prise de décision et dans la gestion des activités ; un appui financier et un support technique peuvent être fournis par un ou plusieurs organismes ;

3_ gestion par le *bénéficiaire avec accompagnement* : les habitants gèrent le processus de construction au niveau individuel, avec un appui financier associé à un dispositif de support technique et réglementaire pour assurer une construction de qualité ;

4_ gestion par le *bénéficiaire* : les habitants assument la gestion complète du processus de construction sur la base d'un appui financier sans aucun support technique.

Les cinq programmes de référence ont été analysés sur la base de six critères établis à partir des particularités de ces démarches, prenant en compte également le rôle des différents acteurs dans la prise de décision et la gestion des activités que leur contribution aux activités de construction (Tab. 2). Ces exemples se réfèrent à trois des quatre modèles établis et il est intéressant de noter qu'à un même modèle correspondent de fait plusieurs modalités et degrés d'implication des bénéficiaires.

GESTION PAR :		contrôle par le bénéficiaire	gestion des activités	financement de la construction	appui et suivi technique	apport de main d'oeuvre	apport de matériaux
MODELE _1	projet 1	●	●	● ●	● ●	●	●
	projet 2	● ●	● ●	●	● ●	● ●	● ●
MODELE _2	projet 3	● ● ●	●	● ●	● ●	● ●	● ●
	projet 4	● ● ●	● ●	●	● ● ●	● ●	● ●
MODELE _3	projet 5	● ● ● ●	● ●	● ● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●

Tab.2: Approches de gestion

Différentes analyses d'interventions dans le secteur de l'habitat, en particulier pour la réhabilitation post-catastrophe (SCHILDERMAN, 2004 ; DUYNE BARENSTEIN, 2006 ; MODAN, 2008), ont souligné comment les caractéristiques du modèle de gestion influencent deux aspects découlant directement des activités entreprises : la satisfaction des bénéficiaires et la réduction à long terme de leur vulnérabilité. Le premier est étroitement corrélé à l'adéquation du produit construit aux nécessités et désirs tant individuels que collectifs. En revanche le deuxième aspect est déterminé par la qualité des matériaux et de leur mise en œuvre ainsi que par la possibilité d'introduire des améliorations durables des pratiques courantes. De fait, si un apport financier est souvent indispensable, il n'est cependant pas suffisant pour assurer une construction de qualité, tant du point de vue de son adaptation aux besoins et aspirations de ses habitants que de sa durabilité et résistance structurelle.

À présent, de plus en plus d'organismes reconnaissent la nécessité de mettre davantage les bénéficiaires et les populations locales au centre du processus, tant décisionnel qu'opérationnel. Plusieurs expériences⁵⁶ ont en effet démontré le potentiel d'une telle approche, non seulement en terme d'adaptation et pertinence des ses résultats, mais également d'efficacité tant dans l'échelle d'application⁵⁷ que sur la rapidité du processus⁵⁸. L'impact des activités entreprises est directement lié au degré de participation des bénéficiaires et de la communauté dont ils font partie, mais également à une amélioration des pratiques existantes, pour laquelle une compréhension des modes de construire et des spécificités contextuelles se révèle indispensable. De fait, une relation étroite existe entre résilience, participation et prise en compte des cultures constructives locales.

1.3. LE SYSTÈME RELATIONNEL COMME SIGNIFICATION DE PARTICIPATION

Les acteurs impliqués dans un programme et le système relationnel (Tab. 4) régissant les échanges qui se produisent sont représentatifs de l'approche adoptée et du groupe cible visé en tant que destinataire direct des activités entreprises. Si la définition et le déroulement de ces dernières sont directement influencés par le type et le nombre des parties prenantes ainsi que par les interrelations subsistant entre elles, l'implication d'une multiplicité d'individus et de groupes, influençant les processus décisionnels, peut conduire à une décentralisation et à une redistribution des rôles et responsabilités.

De fait, le rôle spécifique à chaque catégorie d'acteur s'explique par les modalités d'implication dans les processus décisionnels et opérationnels du projet (Tab. 3). Plus particulièrement, l'influence que le niveau de la « base » (les bénéficiaires et l'ensemble des populations de la zone de travail) a sur la définition du cadre conceptuel d'un programme est révélatrice de l'importance attribuée aux acteurs locaux par les agents externes⁵⁹. L'approche d'un projet se rapporte, en effet, à la signification que la notion de « participation » assume au sein de celui-ci (OAKLEY, 1991 ; BYRNE, 2003 ; GROUPE URD, 2010) :

- la participation comme *moyen* pour atteindre des objectifs prédéfinis et pour réaliser les activités prévues de la manière la plus efficace et économique ; les résultats de ces activités sont de fait considérés comme plus importants que l'acte de participer (projets 1 et 2) ;

56 Parmi les exemples récents, les cas de la reconstruction au Gujarat (séisme, 2001), en Inde et au Sri Lanka (séisme et tsunami, 2004) ainsi qu'au Pakistan (séisme, 2005) sont à cet égard particulièrement représentatifs.

57 Dans la réhabilitation post-séisme au Pakistan, une approche basée sur la gestion par le « bénéficiaire avec un accompagnement technique et financier » a été adoptée pour la reconstruction de 463 128 habitations, dont 45% employant des techniques vernaculaires améliorées (ERRA, 2011).

58 Deux ans après le tsunami de 2004 dans l'Océan Indien, le 77% des 63 469 habitations reconstruites au Sri Lanka a été réalisé sur la base d'une approche impliquant activement les bénéficiaires dans la définition et la gestion des activités de reconstruction. Seulement 19% ont été réalisées selon une approche de gestion « par agence d'aide » (les 4% restant ont été réalisées en dehors d'un programme officiel). De fait, dans ce dernier cas les constructions achevées représentent 48% du total visé, tandis que dans le premier le 60% (LYONS, 2009).

59 La distinction entre acteurs locaux et agents externes s'effectue à des multiples niveaux : organisation internationale/organisation locale ; organisation locale travaillant à échelle nationale/organisation de base ; etc.

- la participation comme *but*, supposant une implication des acteurs locaux dans l'ensemble du cycle de projet sur la base d'un échange réciproque entre les deux groupes d'intervenants, autour d'un objectif commun (projet 4) ;
- la participation comme *outil* de soutien aux dynamiques et initiatives locales par un apport en matériaux, un appui financier et/ou un support technique (projets 3 et 5).

En fonction du rôle des acteurs locaux, la participation peut donc devenir un « éléments dans les objectifs du projet » ou la « dynamique fondamentale » sur laquelle le projet se construit (OAKLEY, 1991). Cette différenciation se reflète également dans le groupe cible visé par un programme (Fig. 8): le bénéficiaire, la communauté, la population au sens large. À une « décentralisation » des responsabilités correspond, de fait, un élargissement de l'échelle d'influence des activités entreprises, passant du niveau individuel à celui du collectif (LANKATILLEKE, 2010).

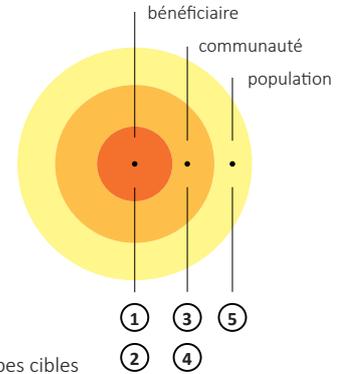
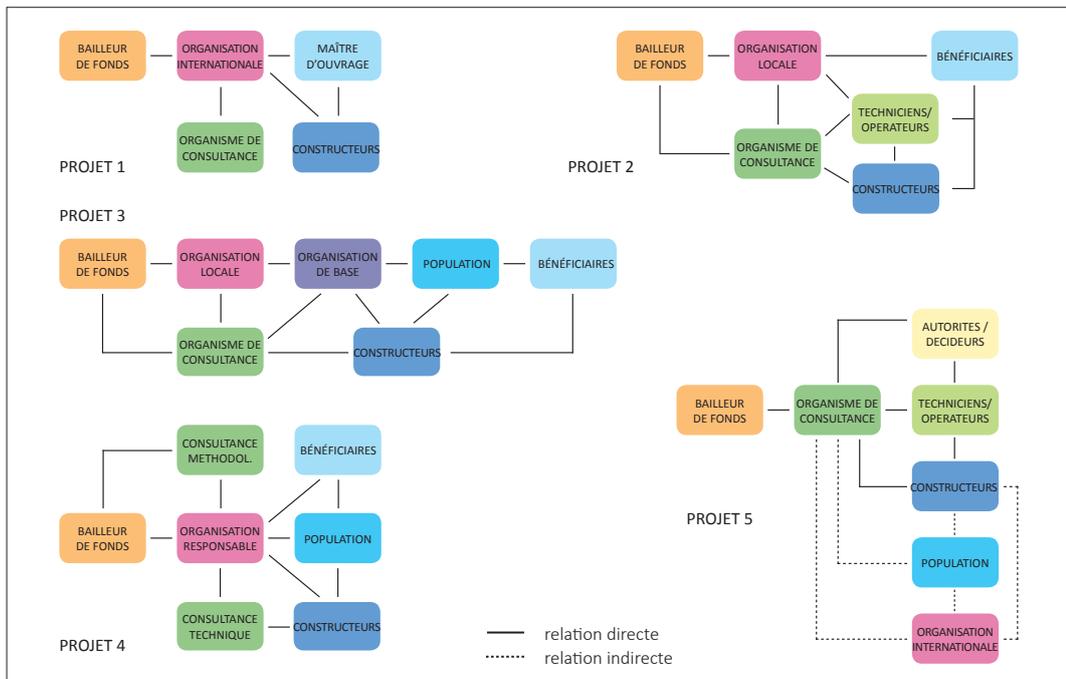


Fig.8: Groupes cibles

QUI DECIDE QUOI:	projet 1	projet 2	projet 3	projet 4	projet 5
stratégie et objectifs	●	●	● ● ● ●	● ● ●	● ● ●
modalités de mise en oeuvre	●	●	● ● ● ●	● ●	●
types d'activités à mener	● ●	● ●	● ● ●	● ● ●	●
caractéristiques du produit construit	● ○	● ● ○	● ● ●	● ● ● ● ●	● ●

● implication complète ○ implication partielle

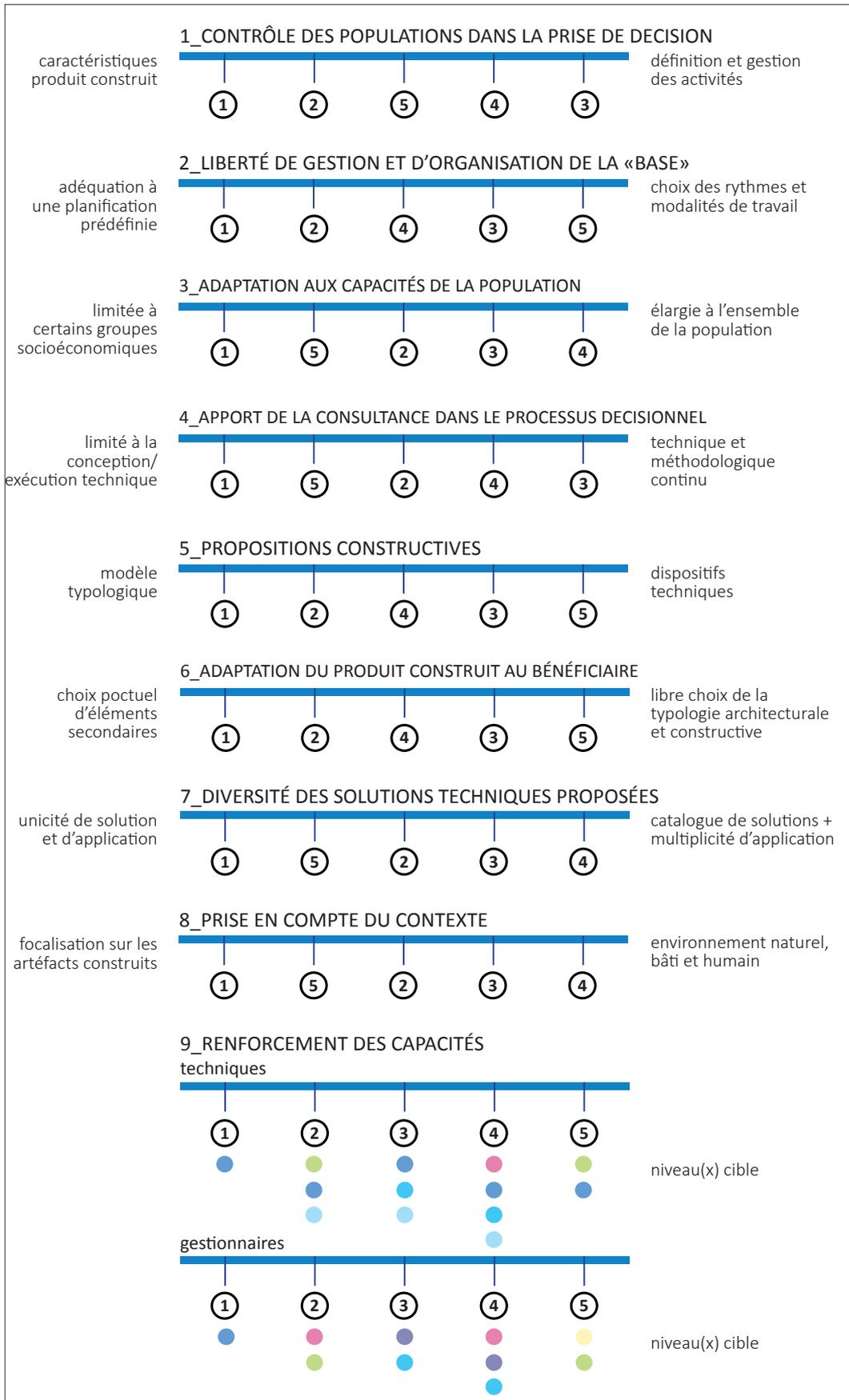
Tab.3: Niveaux décisionnels



Tab.4: Relations entre les acteurs

Légende :

- autorités / décideurs
- bailleur de fonds
- organisation responsable
- organisme de consultation
- techniciens / opérateurs
- organisation de base
- constructeurs
- population
- bénéficiaires



Tab.5: Schémas comparatifs

Légende :

- autorités / décideurs
- bailleur de fonds
- organisation responsable
- organisme de consultation
- techniciens / opérateurs
- organisation de base
- constructeurs
- population
- bénéficiaires

1.4. L'APPROCHE DE PROJET, UNE QUESTION D'ADAPTATION ET IMPLICATION

L'approche d'un projet est déterminée par un ensemble de facteurs concernant aussi bien les caractéristiques des acteurs impliqués que les paramètres et les processus décisionnels qui le structurent. Les spécificités de ces facteurs reconduisent au centre d'intérêt du projet (construction/capacités) et ont une influence sur l'impact des activités entreprises. En fait, une forte corrélation subsiste entre l'approche et les deux autres composantes d'un programme : le produit construit et le renforcement des capacités. La relation entre ces trois éléments est ici approfondie par le croisement des spécificités des approches propres aux cinq programmes considérés (Tab. 5).

De cette analyse deux aspects ressortent comme conditionnant de manière directe le potentiel des actions entreprises vis-à-vis de la construction d'un environnement bâti résilient et durable : l'adaptation des propositions constructives aux choix et modes d'habiter des bénéficiaires et des populations ; le renforcement des capacités techniques et de gestion des acteurs impliqués. À partir des cinq cas de référence, différents éléments émergent permettant la caractérisation des critères influençant ces deux aspects.

L'adaptation des propositions constructives aux choix et modes d'habiter des bénéficiaires et des populations, est directement corrélée :

- au type de propositions constructives. Les modèles typologiques se basent sur une uniformisation de certains traits récurrents dans les architectures existantes. En particulier dans le cas de modèles d'habitations, cela restreint sensiblement les possibilités d'adaptation à la diversité des modes d'habiter et des caractéristiques du site ; ce qui comporte une adaptation des habitants au produit fourni plutôt que l'adaptation de celui-ci aux nécessités et aspirations de ses occupants. De fait, plus les propositions se concentrent sur des principes et dispositifs techniques, plus les populations pourront les intégrer aux typologies architecturales qui mieux leur conviennent (Tab. 5 : lignes 5+6) ;
- à la diversité des solutions techniques proposées ainsi que leur possible application. La proposition d'une variété d'options correspondant à différents niveaux de technicité et de disponibilité financière favorise leur accessibilité à un large nombre d'individus appartenant à divers groupes sociaux et/ou économiques. Ce faisant, les nouvelles propositions s'adaptent aux capacités de chacun, ne limitant pas les choix futurs des bénéficiaires et des populations (Tab. 5 : lignes 3+7). En outre, considérer des principes d'amélioration technique comme des solutions pouvant être intégrées aussi bien à la réalisation de nouvelles constructions que lors de la consolidation/réparation de l'existant, encourage la mise en place préventive de mesures de réduction de la vulnérabilité ;
- au niveau d'influence des bénéficiaires et des populations locales dans la définition, la gestion et la mise en œuvre des activités. La liberté de décider les conditions et les modalités de travail en accord aux pratiques et modes habituels, ainsi que la possibilité de choisir parmi différentes solutions techniques favorisent une adaptation maximale du processus constructif et du produit construit aux besoins et aspirations des bénéficiaires (Tab. 5 : lignes 5+7+6) ;
- au soutien de l'existant. Fonder les choix techniques et opérationnels sur les pratiques, ressources et compétences existantes en y associant une consultance technique aux différentes phases de prise de décision contribue au développement d'un large éventail d'options, tant constructives que méthodologiques, favorisant ainsi l'accessibilité et l'adaptation aux capacités, besoins et désirs des populations (Tab. 5 : lignes 2+4+8+3).

Le *renforcement des capacités* techniques et de gestion est directement corrélé :

- au degré d'implication des parties prenantes au processus décisionnel. En effet, une forte participation à la prise de décision de la part des différents acteurs permet d'accroître les contributions et de multiplier les possibilités d'apprentissage réciproque découlant d'un échange de connaissances et compétences (Tab. 4+ Tab. 5 : ligne 9) ;
- à la proposition de dispositifs techniques plutôt que de modèles typologiques. En effet, ces derniers fournissent une image et une procédure d'application figées des solutions proposées, tandis que les premiers fournissent des « outils » laissant ouvertes les possibilités et modalités de leur mise en œuvre ; ce qui favorise davantage leur reprise et intégration dans les pratiques courantes des constructeurs locaux (Tab. 5 : lignes 5+9) ;
- à l'importance du rôle assumé par les acteurs locaux dans les processus décisionnels et opérationnels. En effet, plus l'implication de la « base » dans la définition et gestion des activités est importante, plus les capacités à échelle locale sont renforcées, tant au niveau de la construction qu'au niveau de la gestion d'activités de projet et de processus participatifs (Tab. 5 : lignes 1+9).

2. PRODUIT CONSTRUIT : TYPES D'INTERVENTIONS ET TEMPORALITÉS DE L'HABITAT

Dans la pratique architecturale ordinaire, différents critères influencent le choix du système constructif que les populations locales mettent en œuvre pour la réalisation de leur habitat (Fig. 9). Si certains se rapportent à une dimension socioculturelle (imaginaire collectif, statut social, groupe d'appartenance, etc.), quatre d'entre eux exercent une influence déterminante sur la sélection et l'adoption des technologies à employer : la disponibilité des matériaux sur le marché local ou dans l'environnement naturel proche du site de construction ; la facilité d'accès à des compétences spécifiques pour leur mise en œuvre ; l'accessibilité économique de matériaux et compétences en relation aux disponibilités financières ; la durabilité et la capacité de la structure à résister à l'impact des aléas naturels.

Dans les phases de réhabilitation post-urgence, les organismes d'aide proposent souvent des systèmes constructifs reconnus comme structurellement efficaces (car répondant à des réglementations et/ou à des critères scientifiquement validés), mais substantiellement différents de ceux couramment employés par la population locale. Bien que les activités de construction soient fréquemment associées à d'autres visant à la constitution de compétences relatives aux nouvelles solutions techniques, plusieurs cas révèlent après quelques années un retour massif aux technologies employées avant la catastrophe ; et cela principalement en raison d'une inadéquation au contexte socioculturel et environnemental et/ou d'une inaccessibilité économique, technique et matérielle des solutions proposées (JIGYASU, 2001, *op. cit.* ; BOEN, JIGYASU, 2005 ; CAIMI, HOFMANN, 2010, *op. cit.*).

L'appropriation de nouvelles mesures de réduction de la vulnérabilité du bâti est en fait directement dépendante des techniques auxquelles elles font appel. Si celles-ci se fondent sur l'utilisation de matériaux et compétences facilement et localement disponibles et si leur coût, entre matière et main d'œuvre, est équivalent à celui des technologies habituellement employées, alors les nouvelles solutions seront prises en compte par la population comme des alternatives viables, et donc adoptables, allant même au-delà de l'image sociale associée aux matériaux et techniques de construction.

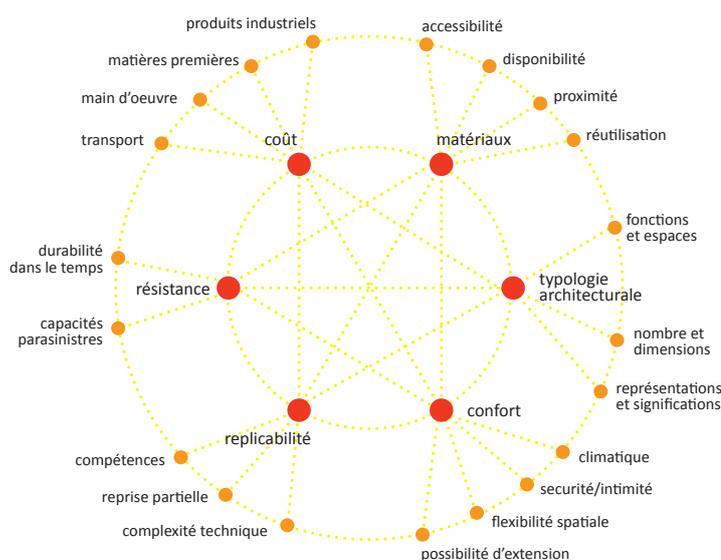


Fig.9: Critères d'adoption

Dans les constructions vernaculaires, l'équilibre entre ces facteurs est tout naturellement géré par les habitants, propriétaires et constructeurs, en balançant les aspects environnementaux, sociaux, culturels et économiques. En revanche dans le cas de programmes menés par des organismes d'aide, la priorisation et l'optimisation de certains paramètres au détriment d'autres sont généralement le résultat de décisions prises par des agents externes et/ou établies en relation à des contraintes extérieures au contexte de travail.

Les interventions relatives au domaine de l'habitat se structurent couramment en relation à des phases temporellement distinctes (avant/après la crise mais également urgence/réhabilitation), différenciation qui se reflète dans les caractéristiques du « produit construit » ainsi que dans les types d'activités entreprises. Dans les chapitres suivants, je considère ces éléments en les rapportant au potentiel de contribution des cultures constructives locales. Pour chaque phase et activité, la prise en compte de ces dernières se révèle non seulement possible mais indispensable pour assurer la pertinence des actions entreprises et pour dépasser l'écart entre court et long terme en s'inscrivant ainsi dans un logique de continuité d'utilisation, fonction et résilience.

2.1. LA CONSTRUCTION PERMANENTE, ENTRE EXISTANT ET NOUVEAU

Les interventions qui exercent l'influence la plus directe sur la vulnérabilité à long terme et sur la qualité de vie des populations affectées sont celles relatives à une construction de type permanent. Elles comprennent la réparation, la consolidation et la re-construction du bâti, effectuées aussi bien de façon préventive que suite à l'impact d'un aléa naturel. Ces différentes approches sont étroitement corrélées au degré d'exposition au risque et d'endommagement subi par la construction, ainsi qu'à la pertinence de l'investissement requis et à la volonté et capacités des populations elles-mêmes⁶⁰ (CORSELLIS, VITALE, 2010 ; SCHNEIDER, 2012). La pertinence de chaque démarche varie au cas par cas, tant entre régions différentes que dans la même zone et selon les caractéristiques du contexte. Son choix se révèle par conséquent stratégique : si d'une part il peut favoriser une accélération du processus de rétablissement (BARAKAT, 2003), d'autre part il peut également conduire à une aggravation ultérieure de la précarité et de la vulnérabilité, à court et long terme (CERASOLI, 2009 ; LABATTUT, DEPREZ, 2009, *op. cit.*).

Pour chaque type d'action, les modalités de prise en compte des modes locaux de construire et d'habiter influencent directement les caractéristiques du produit construit. De même, elles déterminent le potentiel d'accessibilité financière et technique, de réplication de la part des populations ainsi que d'intégration des nouvelles solutions technologiques dans les pratiques constructives courantes et, en particulier, leur assimilation en tant que composantes de la culture constructive locale.

La caractérisation suivante de ces trois activités se fonde sur les définitions présentes dans la littérature (BARAKAT, 2003, *op. cit.* ; CORSELLIS, VITALE, 2010, *op. cit.* ; JHA, DUYNE BARENSTEIN, PHELPS, et al., 2010, *op. cit.*) que j'associe à des exemples dérivant de programmes analysés au cours de cette recherche. Pour ces derniers des éléments techniques propres à la démarche de construction et des considérations se rapportant à un niveau méthodologique sont spécifiés. En effet, si l'impact d'un programme va bien au delà de la dimension purement technique, ses composantes méthodologiques en sont néanmoins étroitement liées.

⁶⁰ Après le séisme de 2010 en Haïti, des analyses des pratiques existantes en relation à l'habitat et aux risques ont été conduites en liaison avec la présente recherche (cf. chap. 5.9.1). Dans certaines zones rurales, celles-ci ont mis en évidence comme plusieurs propriétaires d'habitations endommagées, mais facilement réparables, ont préféré reconstruire une nouvelle maison à côté de celle préexistante, dans la plupart des cas sans même en réutiliser les matériaux. Les raisons de ce choix résident, selon les personnes interrogées (habitants, membres de la communauté, opérateurs d'organisations locales), dans des facteurs relatifs aux croyances religieuses.

RÉPARATION



Cette activité repose sur une remise en état d'un bâtiment suite à un endommagement, une dégradation ou une destruction partielle. Elle peut comprendre des ajouts et/ou modifications pour rendre la structure conforme aux normes et/ou à des principes assurant sa stabilité de manière durable. Cette démarche requiert une prise en compte des spécificités de chaque construction ainsi qu'une adaptabilité maximale des propositions techniques aux caractéristiques de l'existant. Par conséquent, elle nécessite une expertise particulière (de techniciens et/ou constructeurs) dans l'évaluation de la structure et des stratégies d'intervention.

En relation aux contraintes posées par cette approche, la démarche adoptée dans le cadre d'un projet de réparation post-séisme en Haïti⁶¹, se révèle particulièrement intéressante. Elle se fonde sur une adaptation au cas par cas, avec des interventions techniques dimensionnées aux dommages effectifs et aux nécessités de chaque bénéficiaire. Les propositions constructives ont été adaptées à chaque situation particulière, en respectant le site d'implantation et les surfaces habitables d'origine. Les matériaux employés dérivent d'une récupération des débris et des parties structurelles des habitations préexistantes ainsi que des ressources localement disponibles (en nature ou sur le marché). Les bâtiments ont été, partiellement ou complètement, démontés et remontés, en intégrant des dispositifs améliorant la durabilité et le comportement structurel, sur la base de principes nouveaux ou déjà en utilisation au niveau local, facilement intégrables aux constructions existantes et ne requérant pas des investissements économiques importants (Figs. 10 a, b et c).



Fig.10: Cap Rouge (Haïti), exemple d'intervention sur une habitation existante (crédits: O. Moles):

- dégâts causés par le séisme de 2010 ;
- travaux de réparation et amélioration de la structure originale ;
- état à travaux terminés

CONSOLIDATION



Cette activité concerne la modification préventive du bâti et/ou le renforcement de bâtiments endommagés en vue d'une amélioration de leur durabilité, résistance et résilience. Elle peut comporter des changements importants de la structure originale. Complémentaire à des interventions de réparation suivant l'impact d'un aléa, la consolidation du bâti existant nécessite néanmoins une expertise technique supplémentaire au regard des matériaux de construction et des typologies structurelles ainsi que des possibles effets induits sur le bâtiment par des aléas naturels.

⁶¹ Projet conduit par l'organisation de base Vedek avec l'appui de la Plateforme Haïtienne de Plaidoyer pour un Développement Alternatif (PAPDA) et le CRATerre-ENSAG, suite au séisme de 2010 en Haïti (cf. annexe A.1.2).

Dans le cadre d'un programme de réduction de la vulnérabilité⁶² au Bangladesh, plusieurs propositions ont été développées en accord aux spécificités des diverses zones d'intervention. Pour chaque région des dispositifs techniques particuliers ont été identifiés, en relation aux caractéristiques des typologies constructives, des ressources et des compétences existantes (Figs. 11 a et b). Ces améliorations considèrent, pour un même problème (p.e. érosion du soubassement), plusieurs options (p.e. masse d'usure, renforcement en pierres, soubassement en maçonnerie de briques) correspondantes à différents matériaux, coûts et techniques (Figs. 12 a et b). Ces propositions vont de solutions simples à moindre coût (p.e. recyclage de matériaux) à des investissements plus conséquents (p.e. utilisation de matériaux produits industriellement).



Fig.11: Région de Chittagong, adaptation à la typologie constructive (crédits: O. Moles) :
 a) habitation sur plateforme, contreventement de la structure portante ;
 b) habitation sur soubassement, masse d'usure



Fig.12: Région de Dinajpur, protection de la base des poteaux selon techniques et coûts différents :
 a) bâche en plastique et traitement avec créosote ;
 b) base en ciment.

RE-CONSTRUCTION



Pouvant s'effectuer également dans des contextes non exposés à des aléas naturels, cette activité comprend la construction *ex-novo* de nouvelles structures et/ou le remplacement de structures gravement endommagées, sur la base de dispositions réduisant les facteurs de risque, parmi lesquelles on inclut une éventuelle relocalisation.

En relation à des interventions de construction, plusieurs approches existent. Ici, j'en présente deux, l'une qui s'inspire des architectures locales pour la reconstruction post-catastrophe, l'autre qui se fonde sur une réinterprétation des techniques constructives existantes pour suggérer des pistes pour une meilleure soutenabilité dans le domaine de la construction.

Le premier cas se réfère à un programme de reconstruction *in situ*⁶³ portant sur la réalisation de modules d'habitations évolutifs et à coût modéré, se substituant aux habitations détruites ou s'ajoutant à celles encore existantes (endommagées ou intactes). Selon la région de travail, la typologie architecturale varie sur la base d'un ou deux modèles, se fondant sur un principe structurel similaire et intégrant des nouvelles techniques valorisant les ressources disponibles, ainsi que des

62 Programme conduit par Caritas Bangladesh avec un appui technique et méthodologique de la Bangladesh University of Engineering and Technology et du CRAterre-ENSAG (cf. annexe A.1.1).

63 Programme conduit dans le cadre de la reconstruction suivant le séisme de 2010 en Haïti par quatre organisations locales membres de la Plateforme d'Agroécologie et Développement Durable (PADED), en partenariat avec l'organisation allemande Misereor (cf. annexe A.1.2).

dispositions constructives améliorant la durabilité et résistance par rapport aux pratique existantes (Figs. 13 a et b).

Le deuxième cas se rapporte à la réalisation⁶⁴, dans une région non affectée par des aléas naturels majeurs, de différentes constructions à caractère public et privé proposant une revisitation des typologies architecturales locales et de nouvelles manières de mise en œuvre des techniques traditionnellement employées (Figs. 14 a et b). Cette approche vise, d'une part, à suggérer des modalités d'amélioration de la durabilité et de la performance des technologies existantes et, d'autre part, à valoriser et promouvoir le potentiel offert par certains matériaux naturels, localement associés à une image d'archaïsme et pauvreté.



Fig.13: Zone de Kenscoff (Haïti), reconstruction post-séisme : a) habitat existant (crédits: J. Hosta) ; b) habitation nouvelle



Fig.14: Bangladesh, réinterprétation de la construction en terre et bambou :
a) habitat existant ; b) nouvelle habitation ; c) école

INTERVENTIONS PERMANENTES ET APPROCHES STRATÉGIQUES : QUELQUES CONSIDÉRATIONS

Les exemples considérés permettent de dégager des éléments méthodologiques directement corrélés à la dimension technique du projet ainsi qu'à la détermination des conditions contribuant à une adaptation et appropriation des solutions techniques de la part des bénéficiaires directs et d'autres membres de la population.

Le maintien des typologies architecturales et constructives existantes (par la réparation plutôt que la construction et/ou par des propositions favorisant une évolution cohérente avec les pratiques locales) contribue à une intégration maximale de l'intervention au contexte (Fig. 15).

Le principe de *core house*⁶⁵ permet d'atteindre un grand nombre de bénéficiaires sur la base d'un

64 Projets réalisés au Bangladesh par l'organisation locale Dipshikha en partenariat avec l'architecte autrichienne Anna Heringer. Ce projet n'a pas fait l'objet d'une analyse détaillée dans le cadre de cette recherche, mais son approfondissement a été effectué lors d'une analyse de terrain en décembre 2011.

65 Construction d'un noyau habitable de base, composé d'au moins une pièce, pouvant par la suite être complété et agrandi avec des structures complémentaires (extensions, annexes, etc.). Cette approche est considérée comme se situant à mi-chemin entre la construction permanente et temporaire. Elle emploie en effet des technologies permettant la réalisation

principe d'équité (chacun reçoit le même type d'aide) et dans des temps relativement rapides (rationalisation logistique, dimension réduite de la construction). Dans le cas d'interventions post-catastrophe l'adoption de cette approche permet de fournir un espace habitable de base extensible (Fig. 16), en cas d'habitation préexistante détruite, ou supplémentaire, en cas d'habitation préexistante endommagée ; toutefois, sa flexibilité d'adaptation aux besoins effectifs (p.e. type d'espace, nombre d'occupants, etc.) reste considérablement limitée.

En revanche, la définition des interventions au cas par cas contribue de manière décisive à une adhésion des réponses aux exigences et possibilités spécifiques individuelles (p.e. variation dans la surface construite). Ce potentiel d'adaptation croît ultérieurement lors que les propositions constructives portent sur un large éventail de solutions techniques, plutôt que typologiques, s'accordant à la diversité des nécessités et des capacités (techniques et financières) et applicables à différentes typologies constructives et architecturales présentes dans la même zone.

Cette dernière approche requiert cependant une certaine souplesse du cadre de projet ainsi que des compétences particulières des acteurs qui en sont en charge. Dans la réponse à une crise, ces conditions peuvent déterminer une limitation de l'échelle du projet, en raison de la grande variabilité des paramètres en jeu. Néanmoins, la multiplication de cas se fondant sur une adaptation particularisée favorise la réponse à des besoins individuels d'un grand nombre de personnes, plutôt que leur imposer de se conformer à un seul type de construction, répondant difficilement de manière satisfaisante aux particularités de chacun. D'autre part, la flexibilité et les compétences nécessaires représentent des éléments essentiels à développer dans des activités de préparation aux crises, permettant ainsi de constituer des bases pour une réponse efficace et pertinente aux crises futures.

Si, au niveau opérationnel, cette approche demande l'établissement d'un processus de prise de décision et de gestion clair et équitable pour assurer une conformité à des exigences effectives, la variabilité de chaque situation particulière peut impliquer que l'aide prévue pour chaque bénéficiaire ne soit pas totalement utilisée ; ce qui permet, dans certains cas, l'inclusion d'un plus grand nombre de personnes qu'initialement prévu.

À ces aspects s'ajoute l'importance de la mise en œuvre préventive de mesures de réduction de la vulnérabilité du bâti permettant une amélioration de l'habitat existant ainsi qu'une diffusion de ces pratiques parmi la population, de façon à en favoriser la réutilisation dans le cas d'une réhabilitation post-catastrophe. Ce processus ne nécessite pas forcément d'investissements importants, mais au contraire peut s'appuyer sur des réalisations ponctuelles et typologiquement différentes.



Fig.15: Cap Rouge (Haïti), intégration au paysage architectural : à gauche habitation réparée, à droite habitation existante

Fig.16: Zone de Kenshoff (Haïti), extension du module de base

d'une structure permanente, toutefois les dimensions de l'espace habitable ne sont généralement pas suffisantes pour un (re)logement définitif (CORSELLIS, 2012).

2.2. NIVEAUX D'ACTION : DU DÉTAIL CONSTRUCTIF AU TERRITOIRE HABITÉ

Les types d'intervention considérés jusqu'à présent se rapportent essentiellement à l'échelle du bâtiment, voire de sa structure. L'habitat ne se constitue toutefois pas par une simple multiplication de constructions. Au contraire, il découle d'une interaction forte entre l'environnement naturel et humain dans lequel il se situe. Les caractéristiques du site (de la parcelle jusqu'au territoire) entourant une construction influent considérablement sur sa vulnérabilité, qui n'est de fait pas déterminée uniquement par les caractéristiques structurelles et physiques du bâtiment.

Les interventions des agences d'aide se focalisent souvent sur des aspects extrêmement précis et sectoriels (abris, équipements sanitaires, etc.), spécialement en situation de post-urgence. Cependant, cette démarche risque d'exaspérer des tendances de dégradation de l'environnement (p.e. déforestation) ou d'abandon de certaines pratiques permettant de réduire la vulnérabilité aux aléas ainsi que d'assurer une gestion équilibrée et durable du cadre de vie.

Le niveau d'action considéré n'est toutefois pas nécessairement déterminé par la phase d'intervention (préparation, réhabilitation, développement), mais plutôt par l'approche politique et opérationnelle adoptée par les organismes d'aide et, relativement souvent, dictée par les bailleurs de fonds. Selon les modalités d'intervention, les conditions du contexte et les éventuelles synergies avec d'autres institutions, les activités concernant l'habitat se situent à différentes échelles, allant de la proposition de solutions purement techniques et constructives jusqu'à l'intégration d'une planification et gestion à échelle territoriale. Elles peuvent même se pousser au-delà de l'application sur le terrain, s'inscrivant au niveau des politiques en matière de gestion de l'aide, de construction et d'éducation.

À partir des cas précédemment considérés, j'ai identifié cinq différents niveaux d'action (Fig. 17): la structure (p.e. dispositifs techniques intégrables aux structures existantes), l'habitation (p.e. réalisation d'un nouveau noyau habitatif), l'espace de vie (p.e. habitations intégrant des équipements sanitaires), l'environnement construit et naturel (p.e. planification communautaire du territoire), le cadre politique (p.e. validation et certification d'un système constructif).

Pour les quatre premiers niveaux, une prise en compte des cultures constructives locales s'effectue lors de la conception et de la mise en œuvre des activités, tandis que dans le cinquième niveau elle s'opère en forme de plaidoyer en vue de leur reconnaissance par les instances officielles (organismes gouvernementaux, bailleurs de fonds, etc.). La reconnaissance formelle des systèmes constructifs vernaculaires assume en effet un rôle particulièrement important car elle permet leur inclusion dans les normes et règlements de construction, dans les cursus d'enseignement et, lors de la réhabilitation après une catastrophe, elle favorise le soutien financier et technique à des initiatives de particuliers et d'organisations s'appuyant sur ces technologies⁶⁶.

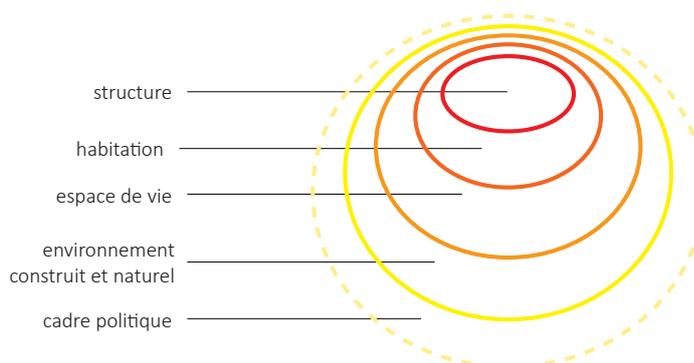


Fig.17: Niveaux d'action

66 L'exemple de la reconstruction après le séisme de 2005 au Pakistan est particulièrement significatif. Les techniques de construction officiellement approuvées pour la reconstruction se sont révélées adaptées uniquement à des zones aisément accessibles. Dans les régions de montagne, les gens n'avaient pas d'autres options que de reconstruire et/ou réparer d'eux-même leur maison avec les matériaux et les techniques locales, sans aucun support (financier et technique) de l'Etat. Un plaidoyer auprès du gouvernement pakistanais a été entrepris par des organisations internationales en vue d'une reconnaissance des systèmes constructifs vernaculaires. La validation de ces techniques a permis non seulement leur intégration parmi les critères permettant aux propriétaires d'obtenir un financement, mais également la mise en place de formation pour assurer un support technique spécifique, favorisant ainsi une amélioration et persistance des pratiques (SCHACHER, 2008b).

2.3. APRÈS LA CATASTROPHE : DU TEMPORAIRE VERS LE PERMANENT

Suite à une catastrophe, bien que le retour à une situation de (re)logement permanent représente une priorité essentielle, le recours à des solutions temporaires se révèle souvent inévitable. La réhabilitation et la réalisation de constructions durables nécessitent dans de nombreux cas un temps considérable, que ce soit pour des contraintes d'ordre économique (p.e. manque de financement), administratif (p.e. absence de titre de propriété), d'accessibilité aux sites (p.e. zones très reculées) ou de gestion du projet (p.e. détournement de fonds).

Les populations entreprennent très rapidement des initiatives pour s'assurer un minimum de sécurité, tandis que les interventions d'organismes (non)gouvernementaux sont limitées par les conditions imposées par les mécanismes et politiques de gestion, tant de la crise que des ressources financières pour y répondre. En particulier en relation à la phase d'urgence, la plupart des financements alloués par des bailleurs internationaux sont assujettis à des échéances d'utilisation à très court terme. Bien qu'il s'agisse de montants souvent très importants, les conditions auxquels ils sont soumis ne permettent pas aux organismes en charge des interventions de concevoir et mettre en œuvre des actions à long terme⁶⁷.

Lors d'une catastrophe, des interventions particulières relatives à l'habitat s'interposent donc entre le moment de l'impact de l'aléa et les activités concernant des structures permanentes. Dans la phase d'urgence, différents types d'abris sont mis en place par la population et par des organismes (non)gouvernementaux. De par leurs spécificités physiques, ces structures sont habituellement conçues pour avoir une fonction provisoire et éphémère. En relation aux produits fournis par des agences d'aide, une distinction peut être opérée entre deux types principaux d'un point de vue de leurs propriétés et durabilité. Les abris temporaires ont l'objectif de fournir un refuge dans la période immédiatement suivante une catastrophe ; ils se basent sur des principes et composants simples (p.e. tentes ou bâches en plastique) favorisant une distribution et/ou une mise en œuvre très rapide. En revanche, les abris transitionnels se caractérisent par une structure plus solide et durable (p.e. ossature en bois clôturée par une bâche), fournissant un espace habitable couvert destiné à accueillir la population dans l'attente d'une vérification de l'habitabilité des bâtiments, de leur mise en sécurité ou de l'achèvement de la construction de nouvelles habitations. Ces sont donc des structures dont l'utilisation peut varier entre quelques mois à plusieurs années.

Si les interventions relatives à une construction permanente vont directement influencer les modes de vie et la vulnérabilité à long terme des populations concernées, celles spécifiques à une phase transitoire ne sont pas de moindre importance, notamment vis-à-vis des possibilités qu'elles offrent en vue d'un passage à des solutions de (re)logement plus durables. Les typologies d'abris transitionnels habituellement fournis par les organismes d'aide se différencient selon leur fonction potentielle une fois la construction permanente achevée. Vouées à une durabilité limitée, ces structures peuvent présenter des potentiels intéressants, tant pendant qu'après leur utilisation, rapportables à quatre principes applicables distinctement ou simultanément (CORSELLIS, VITALE, 2008, 2010, *op. cit.* ; CORSELLIS, 2012, *op. cit.*). Leur définition s'appuie sur des cas concrets découlant d'observations effectuées au cours et précédemment à cette recherche, faisant ressortir les éléments, explicitement planifiés et/ou latents, favorisant une adaptabilité aux conditions sociales et contextuelles ainsi qu'une transition vers des solutions plus à long terme.

⁶⁷ Ce qui n'empêche cependant pas à certaines agences de conduire pendant plusieurs années des actions correspondantes à un type d'intervention caractérisant généralement une phase d'urgence, telles que la fourniture d'abris transitionnels. En Haïti, certaines organisations internationales étaient toujours en train de construire des structures éphémères deux ans et demi après le séisme qui a déterminé leur intervention (source : analyse de terrain 2012).



Abri évolutif ou « permanentisable » : pendant son utilisation, il peut être amélioré jusqu'à devenir une structure permanente, par l'extension spatiale et structurelle, l'entretien ou le remplacement des matériaux originaux avec des solutions plus durables.

Certains des abris fournis suite au séisme de 2010 en Haïti, reprennent les caractéristiques constructives et architecturales de l'habitat local tout en les optimisant en réponse à des questions logistiques. Constituées d'éléments préfabriqués préparés en kit et transportés sur le terrain, ces structures intègrent des dispositifs améliorant les modes de construction ordinaires, tant du point de vue de la durabilité que de la résistance structurelle. En outre, elles peuvent être pérennisées selon la même logique que les constructions vernaculaires, par l'application d'un enduit effectuable par les habitants mêmes (Figs. 18 a, b et c).



Abri réutilisable : une fois les activités de reconstruction permanente terminées, il est utilisé pour des fonctions autres que l'habiter.

Grâce à la durabilité des matériaux employés, les abris fournis après le tsunami de 2004 dans la province d'Aceh (Indonésie) ont été souvent reconvertis à d'autres usages (en particulier comme échoppes) une fois la reconstruction permanente terminée (Fig. 19a). Dans ce cas, la modularité des composants limite toutefois considérablement leur réutilisation pour d'autres types de structures.



Abris revendable : la structure peut être démontée et ses matériaux revendus.

Le surdimensionnement structurel de certains abris présente un potentiel de gain qui, bien que non intégré à la conception de la structure, est souvent saisi par les bénéficiaires. En Haïti, certains occupants ont affirmé vouloir démanteler et revendre des éléments composant la structure des abris qui leur ont été fournis (Fig. 19b). La modification de la structure de manière non prévue risque toutefois d'en affaiblir la résistance et/ou la durabilité ; de ce fait, une prise en compte d'éventuelles altérations de la structure originale résulte indispensable à anticiper lors de sa conception (SCHNEIDER, 2012, *op. cit.*).



Abri recyclable : la structure est progressivement démantelée pendant le processus de reconstruction et ses matériaux sont réutilisés dans la construction permanente.

Au fil des ans, les habitants apportent souvent des modifications de la structure originale pour en améliorer la durabilité et le confort. Ce qui a été le cas au Bangladesh où la structure primaire de l'abri a été gardée, mais l'espace habitable a été agrandi en clôturant la véranda et construisant une pièce à l'arrière, les panneaux de clôture ont été substitués par des murs solides et ils ont été utilisés pour réaliser un faux-plafond, pour réduire la chaleur causée par la couverture de la toiture en tôle (Fig. 19c).



Fig.18: Haïti: a) habitat existant ; b) abri fourni après le séisme de 2010 ; c) pérennisation de l'abri par l'application d'un enduit en ciment



Fig.19: a) Indonésie, l'abri fourni suite au tsunami de 2004 est employé comme échoppe (droite) une fois la reconstruction permanente achevée (gauche) ;
 b) Haïti, abri post-séisme, le propriétaire envisage de vendre des parties de la structure en bois ;
 c) Bangladesh, modification de l'abri fourni suite au cyclone de 2007

Les exemples présentés font émerger l'importance de situer chaque intervention dans une logique de continuité temporelle qui, lorsqu'elle puise dans les pratiques et ressources existantes, ne peut qu'apporter une contribution ultérieure au redressement des populations. Cette prise en compte se révèle particulièrement pertinente non seulement pour la reconstruction permanente, mais également dans le cas des abris transitionnels, voire même des abris temporaires. Anticiper le mode d'évolution des structures pour qu'elles soient cohérentes avec une transition vers des solutions permanentes, prévoir la réutilisation des matériaux mais également l'emploi de technologies dont la modification, réparation et entretien peuvent être effectuées de manière autonome par les habitants ainsi que permettre à des interventions et des investissements ciblant une période courte de se révéler utiles sur le long terme, sont parmi les aspects qui mettent en évidence le potentiel et l'importance d'une prise en compte des pratiques et cultures constructives locales depuis les phases initiales des interventions post-catastrophe.

2.4. DE L'URGENCE À LA (RE)CONSTRUCTION : CONSTRUIRE (DANS) LA CONTINUITÉ

Dans les pratiques courantes des organismes (non)gouvernementaux, les interventions relatives aux abris transitionnels se basent généralement sur une optimisation permettant une rationalisation et rapidité de distribution et de montage. En dépit des recommandations et lignes guides diffusées au niveau international (UNDRO, 1982 ; UN-OCHA, 2006 ; CORSELLIS, VITALE, 2008, *op. cit.*), elles s'appuient encore très souvent sur des modèles standardisés, qui répondent certes à des critères de résistance structurelle mais qui font également appel à des matériaux importés, négligeant les typologies architecturales et constructives locales. Malgré l'importante évolution qui a eu lieu dans la conception de l'aide au logement, pour de nombreuses agences l'intervention se termine avec la conclusion de la phase de distribution d'abris transitionnels (BATCHELOR, 2011). La focalisation sur ces derniers, tant au niveau opérationnel que d'affectation de ressources financières et humaines, risque donc de s'imposer au détriment d'une construction permanente⁶⁸.

Les enseignements tirés des expériences de ces dernières décennies ont conduit à des changements dans la conception des approches d'intervention et, plus particulièrement, de la transition entre urgence et réhabilitation. Dans la réponse à une crise, la fourniture d'abris transitionnels n'est plus concevable en tant que phase opérationnelle distincte, basée sur la distribution de produits préfabriqués importés depuis l'étranger, mais elle devient « une manière de procéder » (PROJET SPHÈRE, 2011, *op. cit.*), l'étape d'un processus progressif débutant avec l'apport d'une aide d'urgence initiale et s'étalant jusqu'à des solutions de (re)logement définitif.

Si dès la phase d'urgence *“les interventions effectuées dans le domaine des abris et dans les domaines connexes de l'habitat [...] doivent appuyer les stratégies d'adaptation existantes et promouvoir l'autosuffisance et l'autogestion au sein de la population concernée”* (Ibid., p. 280), l'approche adoptée, les propositions constructives élaborées ainsi que *“les spécifications des matériaux et le choix des techniques à utiliser [doivent dépendre] également de l'aptitude technique et financière de la population touchée par la catastrophe à entretenir et réparer les abris”* (Ibid., p. 301).

Au-delà de la satisfaction d'un besoin primaire et de ses caractéristiques purement techniques, le produit construit ne se limite pas à une structure pour s'abriter, mais il se réfère et intègre d'autres facteurs influençant tant la pertinence des solutions proposées par rapport au contexte que la vulnérabilité de ses habitants. Par conséquent, l'intégration à la conception de la phase d'urgence d'une future évolution vers une réhabilitation, associant la réponse à des besoins immédiats à l'anticipation d'une transition vers des solutions d'hébergement plus durables, assume une importance encore plus marquée.

DES PRATIQUES LOCALES POUR UN HABITAT RÉSILIENT

En relation aux différents types et phases d'action, la prise en compte des cultures constructives locales se révèle comme un facteur déterminant, présentant pour chacune d'entre elles un potentiel de contribution considérable vers la re-constitution d'habitats résistants, résilients et répondant aux désirs et besoins de leurs habitants.

D'une part, fonder les interventions d'urgence sur les techniques et les matériaux couramment employés ainsi que sur les capacités des populations à ré-inventer des solutions constructives à partir des ressources disponibles (p.e. recyclage de débris ou d'abris temporaires) favorise la proposition de solutions pertinentes et efficaces, en terme de coût et de rapidité de la construction. D'autre part,

⁶⁸ Dans la banlieue de Port-au-Prince (Haïti), une organisation internationale a entrepris un programme de distribution d'abris transitionnels pour reloger provisoirement la population affectée par le séisme de 2010. Les activités ont été prévues sur une période de trois ans, la même durée que la durabilité estimée des structures fournies. En fait, les premiers bénéficiaires sont contraints de chercher rapidement d'autres solutions, tandis que les derniers ont dû en trouver par leurs moyens dans l'attente de recevoir une structure qui demeure temporaire, tant en relation à sa durée de vie qu'à la fonction à laquelle elle supposée répondre : offrir un abri dans l'attente d'une solution plus durable (source : analyses de terrain, février 2011).

la prise en compte des pratiques constructives ordinaires dans la phase de post-urgence se révèle essentielle pour la conception et réalisation de nouvelles propositions architecturales et techniques s’inscrivant dans une logique d’accessibilité et de réduction de la vulnérabilité à long terme. Le recours à des technologies localement connues et maîtrisées, basées sur des compétences déjà existantes, ouvre aux communautés sinistrées la possibilité de poursuivre le processus de redressement et de réhabilitation vers des solutions de relogement appropriées, de manière quasi indépendante. Néanmoins, une diversification des solutions proposées s’avère indispensable pour répondre à la diversité existante. Concevoir les propositions constructives en tant que « palette d’options », plutôt que « paquets standardisés », prenant en compte les divers caractères socioculturels, possibilités d’investissement et niveaux de technicité me paraît à ce propos une piste innovante, laissant les populations libres de choisir celle(s) qui leur convien(nen)t le plus, en relation aux besoins et capacités de chacun.

Identifier des dispositifs techniques permettant une amélioration substantielle des constructions existantes mais également une réparation suite à l’impact d’un aléa naturel (Fig. 20). Elaborer des propositions d’abris d’urgence qui, dans leur conception et matérialité, incluent une évolution future vers des constructions permanentes capables de répondre aux exigences individuelles et aux contraintes contextuelles. La continuité des logiques et des pratiques entre avant et après la crise, entre existant et nouveau ne peut de fait s’abstraire d’une approche d’anticipation, dans laquelle les cultures constructives locales fournissent le canevas pour élaborer des nouvelles stratégies et modalités de construction d’environnements bâtis résilients.

Dans ce processus, s’appuyer sur les connaissances, capacités et ressources existantes, au niveau local, permet de situer la conception, tant de l’approche adoptée que des spécificités techniques relatives à la construction, dans la continuité des pratiques constructives actuelles et futures. Pareillement, la prise en compte des spécificités de l’habitat, des groupes et individus et du contexte dans son ensemble contribue à tisser un lien étroit entre la réponse à une situation d’urgence, la réhabilitation suivant une crise et la mise en place préventive de mesures de réduction de la vulnérabilité. Et ceci en les inscrivant dans le parcours d’évolution de la culture constructive d’une communauté.

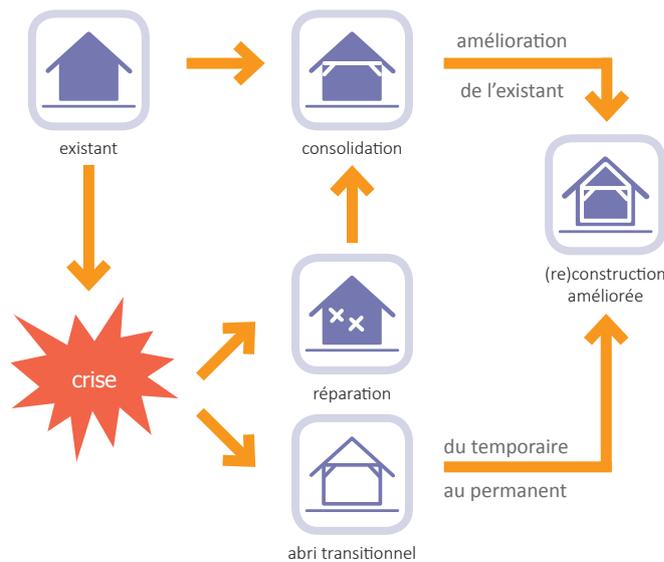


Fig.20: Phases de gestion des crises et de prise en compte des cultures constructives locales

3. RENFORCEMENT DES CAPACITÉS ET DIFFUSION DES CONNAISSANCES : DÉMARCHES ET OUTILS

Dans les régions exposées à des aléas naturels majeurs, la plupart des bâtiments composant l'environnement construit sont réalisés, presque exclusivement, grâce à l'observation directe et à l'expérience des artisans et populations locales (ARYA, 2000). Les savoirs et les compétences des constructeurs assument, par conséquent, un rôle particulièrement important dans la création et le maintien de communautés moins vulnérables. Pareillement, les aspirations et les exigences des individus influencent fortement la réalisation d'un environnement bâti plus sûr. La connaissance, de la part d'une communauté, des risques auxquels elle est exposée et des actions qu'elle peut entreprendre pour se préparer à l'impact des aléas naturels et pour en atténuer les conséquences, est donc un facteur déterminant : sans cette connaissance, elle ne peut pas se mobiliser pour se protéger.

Lors d'initiatives relatives au domaine de l'habitat, l'approche adoptée, au niveau organisationnel, décisionnel et opérationnel, ainsi que les caractéristiques physiques du produit construit ont une influence directe sur l'impact des activités entreprises. En revanche, l'importance attribuée au renforcement des compétences et capacités locales influence de manière décisive la vulnérabilité future d'une communauté.

Le concept de « compétence » se rapporte à *“un pouvoir pour agir [...] en fonction d'une situation donnée. Les compétences, savoir-faire de haut niveau, permettent d'affronter une situation singulière et complexe, en concevant, organisant, structurant, évaluant, restituant, pour inventer des réponses appropriées et ne pas reproduire des réponses stéréotypées”* (COUDEL, TONNEAU, PIRAUX, 2009, p. 4). Alors que les « capacités » sont définissables comme *“les habilités organisationnelles et techniques, les relations et les valeurs qui permettent aux pays, organisations, groupes et individus à tous les niveaux de la société d'exercer des fonctions et de réaliser leur objectifs [...] au fil du temps”* (MORGAN, 1998, p. 2, trad. A. Caimi). Elles intègrent donc aussi bien des compétences et des connaissances que des relations, des valeurs et des attitudes (MATACHI, 2006). En se rapportant aux aléas naturels, le concept de capacité se traduit dans la *“combinaison de toutes les forces et ressources disponibles au sein d'une communauté, société ou organisation qui peuvent réduire le niveau de risque, ou les effets d'une catastrophe”* (UNISDR, 2004, p. 16, trad. A. Caimi). De fait, *“la capacité n'est pas un état passif, mais partie d'un processus continu”*, étroitement lié au *“système, environnement ou contexte dans lequel les individus, les organisations et les sociétés agissent et interagissent”* (UNDP, 1998, p. 10).

Le renforcement des capacités consiste ainsi en un processus de développement de connaissances, habiletés et expériences des individus au sein d'une communauté, d'une organisation ou d'une société⁶⁹. Dans le domaine de la construction, ce processus s'appuie sur la mise en place d'activités d'apprentissage, d'enseignement et de communication permettant le développement, l'enrichissement et le perfectionnement des savoirs et savoir-faire existants. Par rapport aux capacités de résilience, il vise à déclencher une modification des comportements et des critères décisionnels considérés⁷⁰, par une prise de conscience envers les risques locaux et par l'intégration, aux pratiques quotidiennes, de mesures de réduction de la vulnérabilité favorisant l'émergence et la consolidation d'une «culture du risque» (TWIGG, 2004).

69 Selon la définition établie par l'OCDE et adoptée par différentes institutions, le renforcement des capacités est *“le processus par lesquels les individus, les organisations et la collectivité dans son ensemble libèrent, créent, renforcent, adaptent et préservent les capacités au fil des ans”* (OCDE/CAD, 2006, p. 14).

70 *“The only form of building improvement programme which has the potential to result in widespread improvements is one which changes the building decisions made by the poor in their own construction projects, designed and paid for by themselves”* (DUDLEY, HAALAND, 1993, p. 1).

De par sa définition, le renforcement des capacités ne peut s'abstraire de l'existant, en terme de compétences, mais également de pratiques et connaissances humaines ainsi que de contraintes et potentialités posées par le milieu socioculturel et naturel. Les chapitres suivants approfondissent les modalités de concrétisation de ce processus qui, bien qu'indiqué par plusieurs organismes comme étant une composante indispensable pour une réduction de la vulnérabilité à long terme, reste encore largement à étudier et à pratiquer. En raison des limites de la littérature existante au regard de cette thématique, les contenus des chapitres suivants puisent essentiellement dans des documents élaborés par des organismes internationaux ainsi que dans mon expérience et des échanges directs avec des acteurs opérationnels, parmi lesquels en particulier les membres du laboratoire CRATERRE-ENSAG.

3.1. NIVEAUX CONTEXTUELS, NIVEAUX DE CAPACITÉS

Le renforcement des capacités se rapporte à trois différents niveaux étroitement corrélés, voire interdépendants, caractérisant un même système contextuel (UNDP, 1998 ; MATACHI, 2006) :

- le niveau *individuel* : constituant le premier niveau d'action pour réduire l'exposition des individus aux aléas naturels, par la prise de connaissance et la mise en œuvre, de la part de propriétaires et habitants, de mesures constructives et/ou comportementales techniquement et financièrement accessibles permettant de diminuer la vulnérabilité envers les risques locaux ;
- le niveau *organisationnel* : se référant à des organisations ou groupes formels et/ou informels influençant une réduction de la vulnérabilité à échelle locale. Au-delà de la dimension purement technique, ce niveau inclut des aspects opérationnels relatifs à la préparation, gestion et réponse aux crises ;
- le niveau *environnemental* : comprenant les organismes responsables de la définition du cadre institutionnel, sociopolitique et économique dans lequel s'inscrivent les activités et les possibilités d'action d'individus et organisations. En particulier, cela se réfère à la mise en place de politiques de réduction des risques ainsi que de réglementations relatives au secteur de la construction.

Pour chacun de ces trois niveaux, une correspondance peut être établie avec différentes typologies d'acteurs, dont les connaissances et compétences influent sur la résilience, de l'échelle de l'individu à celle du système régissant les dynamiques et les actions au niveau contextuel (Fig. 21).



Fig.21: Niveaux de renforcement des capacités

3.2. OUTILS ET COMPÉTENCES POUR UN RENFORCEMENT DES CAPACITÉS

L'importance d'une prise de conscience de mesures de protection envers les risques existants ainsi que l'acquisition et amélioration des compétences techniques sont, depuis longtemps, reconnues comme un composant essentiel de tout programme de réduction de la vulnérabilité (BETHKE, GOOD, THOMPSON, 1997 ; UNISDR, 2007). Toutefois, si le concept de renforcement des capacités est devenu une notion incontournable à intégrer aux objectifs et contenus de nombreux projets, l'attention réelle attribuée au développement des activités qui y sont corrélées reste encore souvent marginale. L'impact effectif de la communication et de la diffusion d'informations et connaissances est, en effet, difficilement mesurable et leur efficacité n'est vérifiable que sur le long terme (TWIGG, 2004, *op. cit.* ; FOLKE, 2005). Ce qui conduit de nombreux bailleurs de fonds et organismes, opérationnels et académiques, à concentrer davantage leurs efforts (aussi bien économiques que techniques) sur le produit construit, plus facilement et rapidement visible et quantifiable. Par conséquent, les supports et les activités mises en place pour le renforcement des capacités assument fréquemment un caractère « accessoire », malgré leur influence décisive sur la compréhensibilité, la transmission et l'application des principes diffusés.

Pour assurer une pertinence des informations transmises et leur accessibilité effective de la part des différents acteurs, les outils employés nécessitent de se rapporter au contexte (institutionnel, géographique, social et construit) spécifique auquel ils se réfèrent. Cette mise en relation demande des connaissances particulières (en relation aux risques ainsi qu'aux typologies et pratiques constructives locales) et le développement de stratégies, activités et supports de communication spécifiques (SCHACHER, 2008, *op. cit.*). Si la stratégie définit l'approche globale et le(s) niveau(x) du système contextuel visé, les activités et les supports constituent les outils d'élaboration et diffusion de connaissances et compétences. Les premières définissent le type d'action tandis que les deuxièmes représentent les instruments effectifs, s'adressant à des publics particuliers, sur lesquels les activités s'appuient.

Quatre activités principales sont au fondement du processus de renforcement des capacités (Fig. 22): l'information, la sensibilisation, la démonstration et la formation.

S'adressant à chacun des niveaux identifiés, ces activités correspondent à différentes étapes caractérisant le processus de découverte, acquisition et adoption de nouvelles solutions et compétences (DUDLEY, HAALAND, 1993). Elles s'appuient sur une diversité de méthodes, employant des modes de communication mono, bi et pluri directionnels, allant d'un apprentissage passif, basé uniquement sur l'écoute et/ou la visualisation, à un apprentissage actif fondé sur l'expérience directe et la mise en application (AYSAN, CLAYTON, CORY, et al., 1995).

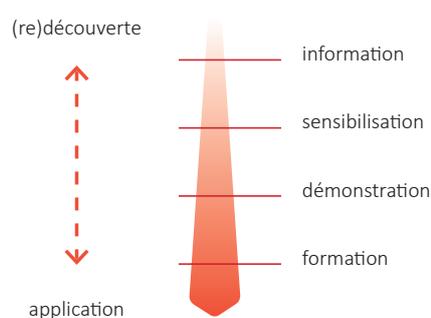


Fig.22: Étapes du processus d'apprentissage

La complémentarité de ces quatre activités s'explique tant en relation à un seul et même public qu'envers des publics variés. L'acquisition de compétences particulières associées à des nouveaux dispositifs constructifs nécessite une sensibilisation préalable au regard de leur rôle et intérêt en relation aux aléas locaux et aux pratiques existantes. Pareillement, si une formation d'artisans à des nouvelles solutions technologiques ne s'accompagne pas d'une sensibilisation des futurs maîtres d'ouvrage, envers leur fonction et avantages, leur application risque d'être très réduite, surtout lorsqu'elle implique un investissement plus important que les pratiques ordinaires. L'amélioration des connaissances et compétences de différents acteurs permet en revanche d'établir une synergie entre les décisions et les activités entreprises par chacun, favorisant une prise en compte diffuse des risques et de mesures de réduction de la vulnérabilité (MUMTAZ, MUGHAL, STEPHENSON, 2008).

Si les quatre activités mentionnées auparavant nécessitent d'être mises en place à des niveaux multiples et de manière simultanée, la différenciation des publics auxquels elles s'adressent demande une adaptation du contenu, du langage, des moyens de communication et du niveau de technicité, en relation à chaque groupe cible considéré. En conséquence, le choix, la conception et l'utilisation de supports de communication impliquent le recours à des compétences spécifiques (graphiques, techniques, communicatives) associées à une connaissance approfondie des interlocuteurs visés et du contexte de référence (p.e. modes de construction, matériaux généralement employés, modes de représentation).

3.3. ACTIVITÉS ET SUPPORTS : ENTRE CONSTRUCTION ET COMMUNICATION

En considération de l'influence que les savoirs et savoir-faire des populations, bâtisseurs, décideurs et autres acteurs ont sur la construction d'un environnement bâti effectivement et durablement résilient, il me paraît intéressant d'approfondir les spécificités relatives à chacune des quatre activités identifiées, en relation aux supports utilisables ainsi qu'au public spécifique auquel ils s'adressent. Pour ce faire, je m'intéresse essentiellement aux outils développés et mis en œuvre par des organismes non gouvernementaux, principaux canaux de diffusion et d'introduction de nouvelles connaissances et compétences. Les systèmes et mécanismes de diffusion traditionnels constituent des moyens de communication également valables ; cependant leur caractéristiques, fonctionnement et valeurs sont spécifiques à chaque milieu culturel et correspondent, souvent, à une définition de rôles bien précise (entre maître et apprenti, entre savant et apprenant). Ce qui rend assez difficiles et délicates leur identification et utilisation par des tiers, spécialement s'ils sont extérieurs au contexte de travail. Néanmoins, une complémentarité entre ces deux systèmes peut favoriser une majeure diffusion et assimilation des innovations proposées (D'ARCY, 1992 ; DUDLEY, HAALAND, 1993 ; NORTON, CHANTRY, 2008).

Les contenus considérés peuvent se référer aussi bien à des pratiques locales déjà existantes, pour en promouvoir leur reconnaissance et application, qu'à des nouvelles pratiques dérivant de la recherche scientifique et/ou de mesures courantes dans d'autres régions et pays ayant démontré leur efficacité et se révélant pertinentes du point de vue du contexte socioculturel, économique, technique et naturel.

Toutes les activités ne sont pas forcément pertinentes et cohérentes avec les objectifs d'un programme ainsi qu'avec les capacités (techniques, organisationnelles et communicatives) possédées par les acteurs et organismes responsables. Plus particulièrement, la définition de la stratégie, des activités et supports considérés pour le renforcement des capacités est représentative de l'importance qui lui est attribuée dans l'approche de projet, et notamment du centre d'intérêt (construction/capacités) spécifique au programme (cf. chap. 1.1). Par conséquent, différentes stratégies et outils de communication peuvent être adoptés dans un même contexte selon les priorités et les compétences des organismes qui sont présents. Et cela aussi bien dans le cadre d'initiatives de préparation que de réhabilitation après une catastrophe.

L'approfondissement des particularités et de la versatilité de certains outils, ainsi que la mise en évidence de la complémentarité de différentes démarches applicables simultanément dans le même contexte, me paraissent particulièrement intéressants à effectuer en relation à des exemples situés. La caractérisation de chacune des quatre activités considérées se fonde sur la définition d'un cadre théorique s'appuyant sur l'examen de plusieurs supports employés par différents organismes dans des contextes variés (BURKE, 1999 ; TWIGG, 2004, *op. cit.* ; MUMTAZ, HABIB MUGHAL, STEPHENSON, 2008 ; SCHACHER, 2008, *op. cit.* ; SHRESTHA, DIXIT, 2008 ; NSET, 2009 ; IFRC, 2011). Les informations qui en découlent sont structurées sous forme de tableaux associant à chaque outil son public cible. Leur synthèse constitue l'amorce d'un « catalogue » d'outils parmi lesquels les acteurs impliqués dans la diffusion de connaissances pourraient choisir ceux les plus appropriés en relation au contexte, aux objectifs, aux contenus et publics de référence.

INFORMATION

Diffusion d'informations permettant de prendre connaissance⁷¹ des principales caractéristiques des risques locaux et de l'existence de bonnes pratiques permettant d'atténuer et se préparer à l'impact des aléas.

Les contenus sont exposés avec des messages simples, présentés de façon permanente ou périodique (p.e. à l'approche de la saison cyclonique) dans des endroits publics relatifs à des situations de la vie quotidienne (p.e. rues, marchés, zones de passage, etc.).

Principaux outils		grand public	autoconstructeurs	artisans	entrepreneurs, fournisseurs	formateurs	techniciens	décideurs
Affiches et peintures	promouvant un seul concept ou structurées en série représentant des étapes d'un même message	●	●	●	●			
Affichage mobile	un seul message exposé sur des supports se déplaçant dans des zones différentes (p.e. sur des voitures, bus)	●	●	●	●			
Flyers et brochures	indiquant les grands principes techniques et comment trouver des informations et/ou un support supplémentaire	●	●	●	●			
Expositions	illustrant les particularités des constructions et pratiques locales, ainsi que des exemples construits dérivants de leur analyse et amélioration	●	●			●	●	●
Journaux	sous forme d'annonce « publicitaires » et/ou d'articles	●	●				●	●
Publications scientifiques	fournissant des épreuves et informations techniques						●	●
Bandes dessinées	destinées aux enfants et/ou à un public illettré	●						
Émissions radio	diffusion d'annonces ponctuelles, de débats ou d'explications à un large public, même dans des zones éloignées, au niveau local et national	●	●	●	●		●	
Réunions communautaires	informant sur les grands principes techniques et comment trouver des informations et/ou un support supplémentaires	●	●					
Info points	centres fixes ou mobiles de conseil technique	●	●	●	●		●	
Événements festifs	journées commémoratives et/ou d'information	●						
Jeux	destinés au regard de bonnes/mauvaises pratiques	●						
Plateforme web	informations et documentation technique					●	●	●

Tab.6: Outils d'information et publics cible

● prioritaire ● secondaire

⁷¹ Informer : faire savoir quelque chose à quelqu'un, porter quelque chose à la connaissance de quelqu'un (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales).

SENSIBILISATION

Diffusion de renseignements et explications succinctes favorisant une compréhension et une prise de conscience⁷² au regard des risques existants, des facteurs de vulnérabilité et des actions pouvant être entreprises, individuellement et collectivement, pour réduire l'exposition aux aléas naturels. Les informations peuvent concerner les caractéristiques des phénomènes locaux, leurs conséquences sur l'environnement naturel et construit ainsi que les facteurs déterminant la vulnérabilité des constructions, des mesures structurelles pour améliorer leur comportement et les principes régissant leur fonctionnement structurel.

Principaux outils		grand public	autoconstructeurs	artisans	entrepreneurs, fournisseurs	formateurs	techniciens	décideurs
Calendriers	supports graphiques de promotion des bonnes pratiques de construction parasismique			●	●		●	
Émission radio/TV	documentaires et séries faisant référence à des bonnes pratiques constructives et/ou comportementales	●						
Spots audio/visuels	sketch diffusables via les média (TV, radio, internet) ou lors de séances particulières		●	●	●			
Fiches illustrées	support de débats gérés par un animateur faisant ressortir les bonnes/mauvaises pratiques existantes	●	●	●				
Maquettes	support à échelle réduite pour l'explication des grands principes techniques	●	●	●	●			
Table vibrante mobile	comportement d'un ou plusieurs systèmes constructifs à échelle réduite	●	●	●	●	●	●	●
Équipes mobiles	consultation technique fournie par des techniciens sur place et au cas par cas	●	●	●	●			
Visites	nouvelles propositions constructives et/ou observation de l'existant	●	●	●	●	●	●	●
Séminaires	débats et échanges d'expériences et d'informations parmi différents acteurs					●	●	●
Représentations	récits, théâtres, chansons, etc. au regard de bonnes pratiques techniques/comportementales	●						

Tab.7: Outils de sensibilisation et publics cible

● prioritaire ● secondaire



Fig.23: a) Haïti, affiche sur la voie public pour la préparation à la saison cyclonique ;
 b) Pakistan, jeu de serpents et échelles de sensibilisation aux inondations (crédits : UN-HABITAT Pakistan);
 c) Népal, clinique mobile de consultation sur chantier pour une construction parasismique (crédits: NSET)

72 Sensibiliser : rendre sensible, réceptif, attentif à quelque chose (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales).

DÉMONSTRATION

Exposition des technologies constructives par des supports montrant⁷³ les caractéristiques structurelles, constructives et esthétiques des principes proposés. Ces supports peuvent permettre la mise en application des composantes pratiques des formations, fournir une validation scientifique et normative des propositions techniques, constituer un catalogue de solutions à disposition des décideurs, techniciens, constructeurs et du grand public.

Principaux outils		grand public	autoconstructeurs	artisans	entrepreneurs, fournisseurs	formateurs	techniciens	décideurs
Maisons pilotes	échelle et typologie architecturale similaires à celle des habitations existantes et/ou à construire	●	●	●	●		●	●
Bâtiments démonstratifs	échelle et typologie architecturale variées permet de démontrer la polyvalence des principes proposés	●	●	●	●		●	●
Modèles	à échelle 1 : 1 de parties de la construction et/ou montrant des détails généralement non visibles (p.e. axonométrie éclatée)		●	●	●	●		
Expérimentations scientifiques	des technologies vernaculaires et nouvelles propositions basées sur les techniques et matériaux locaux					●	●	●
Documentation technique	modélisation et détails des typologies architecturales et constructives					●	●	●
Analyse coûts-bénéfices	au regard des principes proposés et en comparaison avec des solutions n'incluant pas les cultures constructives locales	●	●	●	●	●	●	●
Certifications	des systèmes constructifs intégrant les matériaux locaux et les techniques vernaculaires						●	●

Tab.8: Outils de démonstration et publics cile

● prioritaire ● secondaire



Fig.24: a) Bangladesh, maquettes d'habitation pour la discussion avec les communautés (crédits: Caritas Bangladesh) ;
 b) Népal, démonstration sur table vibrante mobile des bonnes pratiques parasismiques (crédits: NSET) ;
 c) Haïti, essai sur table vibrante pour validation scientifique, projet RepairH

⁷³ Démontrer : montrer (à plusieurs personnes assemblées), fournir la preuve de quelque chose (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales).

FORMATION

Processus d'acquisition⁷⁴ de savoirs et savoir-faire, sur la base de méthodes et de pratiques d'enseignement, visant à améliorer les compétences techniques et pratiques existantes. Bien qu'une distinction puisse être opérée entre la notion de formation et d'éducation⁷⁵, le terme « formation » est ici privilégié pour indiquer l'ensemble des différents types d'enseignement : professionnels et académiques, formels et informels⁷⁶, pratiques et/ou théoriques. Les activités considérées se réfèrent essentiellement à un public adulte et concernent les trois facettes du savoir : le savoir en tant que connaissances théoriques et techniques, compétence (savoir-faire) et attitude (savoir-être). Les contenus peuvent comprendre une analyse de l'existant (constructions, pathologies et dégâts), une explication et d'application de bonnes pratiques de construction parasinistre et/ou des techniques employées pour la reconstruction.

Le caractère essentiel de cette activité est l'adoption d'une approche basée sur un effet multiplicateur fractal : « multiplicateur » pour un élargissement et une diffusion progressifs des nouvelles connaissances et compétences (Fig. 25) ; « fractal » pour une propagation de celles-ci à tous les niveaux géographiques et d'action (de l'institutionnel au terrain, du chercheur à l'artisan) impliqués dans la construction d'un environnement bâti durable et sûr (Fig. 26). En conséquence, au-delà d'aspects purement techniques, une composante fondamentale de cette activité est la formation de formateurs, c'est-à-dire la constitution de compétences spécifiques à la transmission, vérification et validation des connaissances en relation à chaque niveau. Ce principe de diffusion peut s'appuyer sur des réseaux officiels (universités, instituts de formation professionnelle, centre de construction) ou, dans le cas d'une formation informelle, sur les mécanismes habituels de transmission des connaissances (p.e. apprentissage direct de maître artisan à apprenti). En particulier dans ce dernier cas, la supervision des applications basées sur les nouveaux acquis se révèle toutefois indispensable pour assurer une ré-application cohérente des principes enseignés.

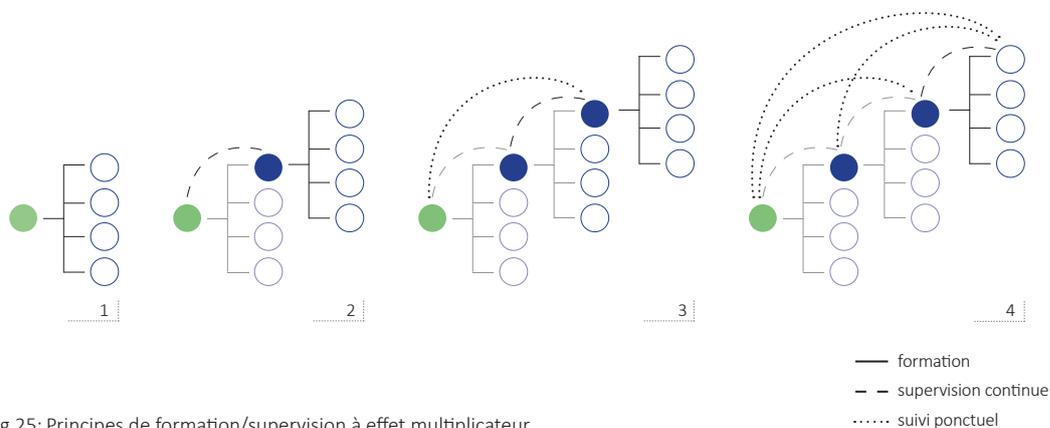


Fig.25: Principes de formation/supervision à effet multiplicateur

- 1_ formation d'artisans de la part d'un formateur technique (ingénieur, opérateur de terrain, etc.)
- 2_ les artisans formés forment, à leur tour, d'autres artisans/apprentis, avec la supervision du formateur technique
- 3+4_ les artisans forment d'autres artisans avec la supervision continue des artisans-formateurs et ponctuelle du formateur technique

⁷⁴ Former : faire acquérir à quelqu'un un niveau intellectuel, culturel, etc. en développant certaines connaissances, habitudes, manières, qualités (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales).

⁷⁵ Le premier se réfère généralement à l'acquisition de compétences et connaissances pratiques et immédiatement applicables s'adressant principalement à des adultes ; le deuxième se relate à un processus, sur le long terme, d'initiation et d'élargissement de connaissances et compétences transversales, concernant généralement un public jeune (BEMMERLEIN-LUX, BORN, XIAOLING, et al., 2003 ; ROEGIERS, 2003).

⁷⁶ Pour informelle, on entend la formation ayant lieu en dehors de cursus offerts par des instituts officiels, se déroulant principalement au cours de chantiers ou de séances sur le terrain (« formation sur le tas »).

Principaux outils		grand public	autoconstructeurs	artisans	entrepreneurs, fournisseurs	formateurs	techniciens	décideurs
Fiches pédagogiques	utilisables sur le chantier comme support d'enseignement et référence pendant la construction			●	●		●	
Manuels	graphiques : principes et étapes de construction		●	●	●			
	Techniques : incluant modélisations et calculs						●	●
Maquettes	support à échelle réduite pour l'explication des principes techniques proposés et des phases de leur exécution			●	●		●	
Modèles	à échelle 1 :1 de parties structurelles ou d'éléments spécifiques (p.e. assemblages)		●	●	●		●	
Chantiers formation	nouvelle construction, intervention sur l'existant (réparation, consolidation) et/ou réalisation de modèles à échelle réelle et de bâtiments démonstratifs			●			●	
Documentation (photo)graphique	illustrations des principes techniques et des modalités de leur mise en œuvre			●			●	
Tests de terrain	essais simples de compréhension des matériaux et/ou du comportement structurel relatifs aux principes proposés			●				
Supports vidéo	courts vidéos d'expérimentations et/ou tests de laboratoire montrant le fonctionnement de la structure ou de certains dispositifs proposés			●			●	
Mallette pédagogique	ensemble des contenus des cours et des supports théoriques et pratiques (kit d'exercices)					●	●	
Curricula de formation	professionnelle			●			●	
	académique						●	

Tab.9: Outils de formation et publics cible

● prioritaire ● secondaire

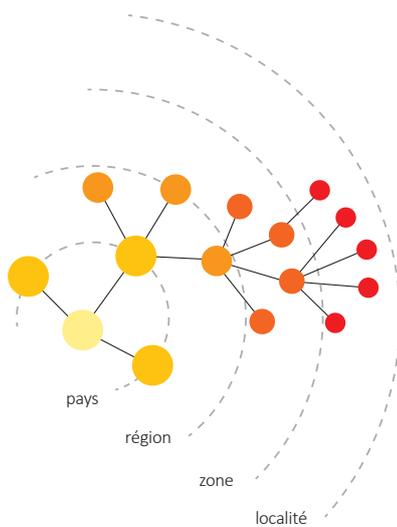


Fig.26: Principe de diffusion fractal



Fig.27: a) République Démocratique du Congo, muret d'apprentissage (crédits: O. Moles);
b) Honduras : test de reconnaissance de terres (crédits: Misereor);
c) Pakistan, modèle d'assemblage (crédits: T. Schacher)

3.4. OUTILS DE COMMUNICATION DANS LA RECONSTRUCTION POST-SÉISME EN HAÏTI

Cette synthèse s’enrichit par une analyse spécifique effectuée en relation aux quatre programmes de réhabilitation post-séisme en Haïti, considérés dans le cadre de cette recherche⁷⁷ et se référant explicitement à un renforcement des compétences et capacités à partir des pratiques existantes et à une prise en compte des cultures constructives locales. Ces projets se caractérisent par le développement de différents supports et activités en vue de l’amélioration des modes de construire courants. Les diverses approches adoptées se complètent réciproquement, en atteignant des publics différents, s’adaptant à une diversité de conditions contextuelles (zone urbaine/zone rurale) et d’exigences de projet (construction/réparation) ainsi qu’en s’appuyant en partie sur les systèmes de transmission existants (apprentissage par un maître artisan, institut de formation professionnelle, etc.). Ce dernier aspect est particulièrement important car la prise en compte d’une culture constructive ne se limite pas uniquement à des aspects techniques, mais elle intègre également les modes, réseaux et mécanismes traditionnels de transmission, diffusion et apprentissage. Les outils de communication utilisés dans ces programmes ont été synthétisés dans les deux schémas ci-dessous, le premier mettant en évidence les activités et les destinataires considérés dans chaque cas (Fig. 28) et le deuxième (Fig. 29) associant à chaque activité les supports et les publics visés (une description plus détaillée de chaque support est présentée dans les annexes : A.1.2).

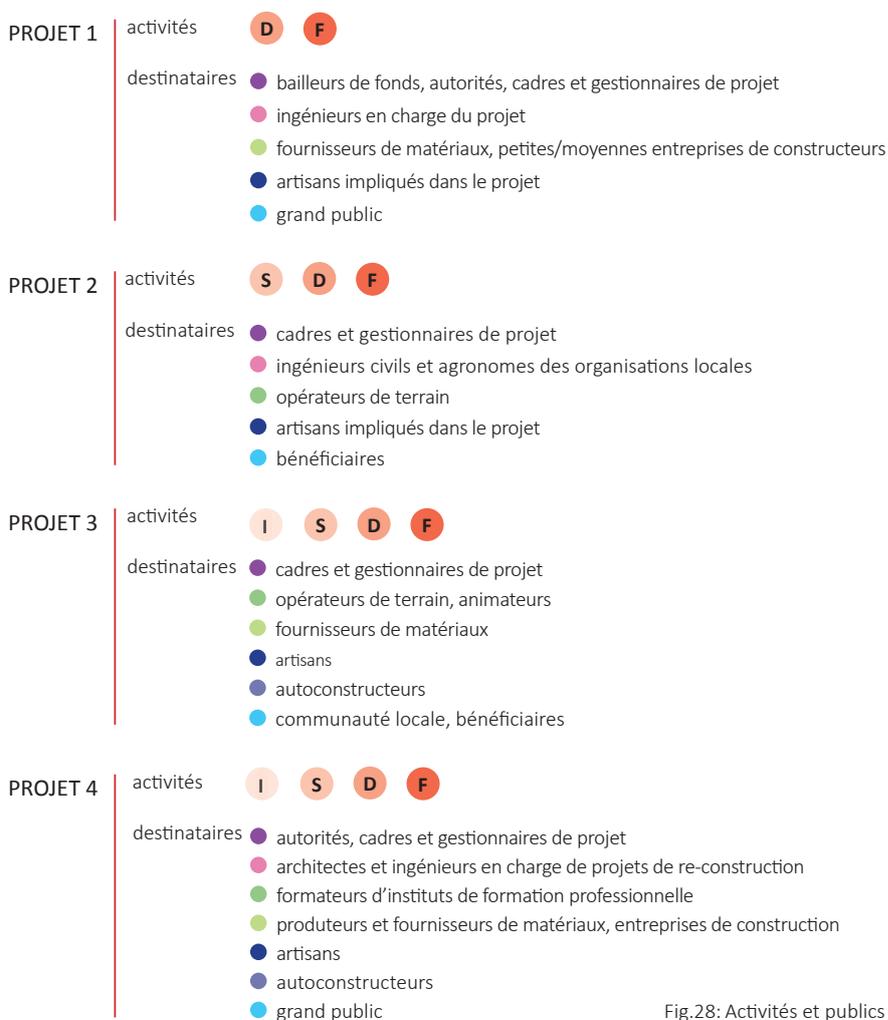


Fig.28: Activités et publics considérés par projet

⁷⁷ Ces programmes ont fait l’objet d’analyses détaillées conduites au cours de cette recherche (cf. annexes : A.1.2). Dans ces analyses, les autres composants (approche de projet, produit construit) ont été également considérés, et ils ont été présentés dans les chapitres précédents.

Outils de communication dans la reconstruction post-séisme en Haïti

INFORMATION

ÉMISSIONS RADIO
PROJET 3

RÉUNIONS COMMUNAUTAIRES
PROJET 3

EXPOSITIONS
PROJET 2

PANNEAUX D'AFFICHAGE
PROJET 4

- I** information
- S** sensibilisation
- D** démonstration
- F** formation

SENSIBILISATION

VISITES
PROJET 2

KIT DE SENSIBILISATION
PROJET 2

SÉMINAIRES
PROJET 2

SPOTS AUDIOVISUEL
PROJET 4

CALENDRIERS
PROJET 2

RENFORCEMENT DES CAPACITÉS : ACTIVITÉS ET SUPPORTS

DÉMONSTRATION

MODÈLES
PROJET 4

VALIDATIONS
PROJET 2

BÂTIMENTS DÉMONSTRATIFS

PROJET 1

PROJET 2

PROJET 3

FORMATION

FICHES PÉDAGOGIQUES
PROJET 2

MALETTE PÉDAGOGIQUE
PROJET 4

KIT POUR ARTISANS FORMÉS
PROJET 4

CHANTIERS FORMATION

MAQUETTES
PROJET 2

PROJET 1

PROJET 2

PROJET 3

PROJET 4

- décideurs
- techniciens
- formateurs
- entrepreneurs
- artisans
- autoconstructeurs
- grand public

3.5. DU RENFORCEMENT DES COMPÉTENCES AU RENFORCEMENT DES CAPACITÉS

La diffusion de savoirs et savoir-faire particuliers ainsi que la création des conditions pour leur application constituent des facteurs indispensables pour permettre un renforcement effectif des capacités des populations pour construire un cadre bâti résilient.

D'un côté, les spécificités du bâti sont fortement dépendantes des connaissances et compétences détenues par les propriétaires/habitants qui l'occupent et les individus/groupes en charge de sa construction (niveau *individuel*). D'un autre côté, les possibilités d'amélioration, mise en œuvre et innovation des pratiques existantes sont souvent étroitement corrélées aux décisions et priorités établies par les responsables de la gestion politique et économique, en particulier lors d'interventions de préparation ou réponse à des crises (niveau *environnemental*). Cette dynamique se heurte à l'écart entre la quantité et l'accessibilité des compétences effectivement disponibles et la demande, en particulier individuelle, pour la production d'objets construits. Dans nombreux pays, le nombre de techniciens et artisans disposant de connaissances spécifiques à une construction parasinistre est de loin suffisant à répondre aux besoins existants (SCHACHER, 2008, *op. cit.* ; SHRESTHA, DIXIT, 2008, *op. cit.*). Ce manque s'accroît de manière considérable suite à une catastrophe et il est amplifié par l'inaccessibilité aux technologies promues sur le marché et par des projets d'habitat ou enseignées dans des centres de formation, qui se révèlent souvent économiquement inaccessibles aux populations locales.

Une double nécessité s'explique : la diffusion d'informations détenues par un nombre restreint de techniciens et professionnels (« experts ») ; une prise de conscience de la part de la population comme de la part de techniciens, décideurs et chercheurs. Ce processus ne concerne pas uniquement des principes de construction préconisés par le génie parasinistre actuel, mais également les savoirs et pratiques vernaculaires, la compréhension des systèmes constructifs et des mesures de la réduction de la vulnérabilité élaborées par les populations ainsi que la vulgarisation et dissémination des connaissances que les milieux scientifiques ont développées à leur égard.

Pour ce faire, le niveau *organisationnel* assume un rôle de pivot entre le niveau *individuel* et le niveau *environnemental*. C'est en effet à ce niveau qui se situent les principaux « engrenages » de la diffusion des connaissances et compétences : les formateurs, opérateurs techniques et animateurs sociaux (Fig. 30). Agissant directement sur le terrain, ils jouent un rôle essentiel dans la création et la diffusion d'une conscience et de compétences parasinistres. En fait, si les opérateurs diffusent les compétences techniques parmi les constructeurs, entrepreneurs et fournisseurs locaux, les animateurs éveillent l'intérêt parmi les populations et les habitants envers des pratiques constructives et sociales de réduction de la vulnérabilité. L'implication de ces deux types d'acteurs favorise donc l'instauration d'une dynamique bidirectionnelle et itérative : d'une part, en permettant aux informations, améliorations et nouvelles solutions techniques de parvenir aux principaux créateurs de l'environnement bâti; d'autre part, en mettant en exergue les priorités, besoins et caractéristiques du contexte local, de sorte qu'ils soient intégrés dans la définition des approches, tant politiques qu'opérationnels.

Ce faisant, le processus de diffusion de connaissances et de renforcement des compétences, essentiellement techniques, s'élargit aux capacités décisionnelles et opérationnelles d'individus, organisations et institutions, favorisant une évolution des comportements sociaux et des pratiques constructives, allant même au-delà du domaine de l'habitat, en les s'inscrivant comme partie intégrante d'une démarche d'ensemble de réduction de la vulnérabilité et de ré-génération d'une « culture de la prévention ».

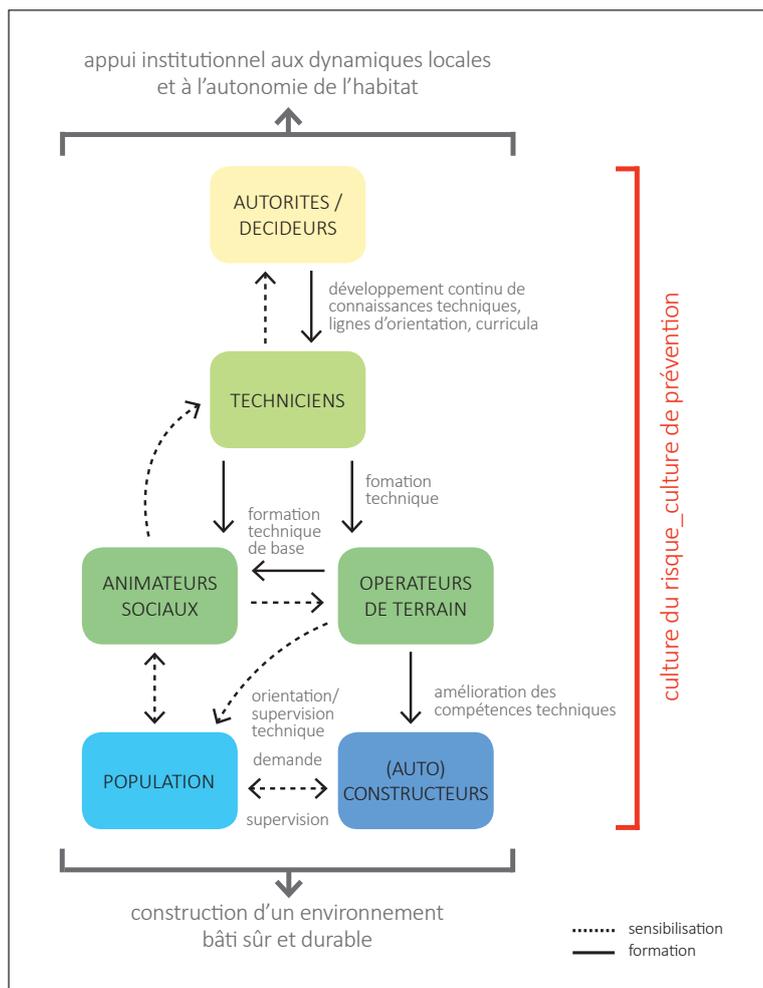


Fig.30: Échanges, sensibilisation et formation entre parties prenantes (d'après SHRESTHA, DIXIT, 2008)

CONCLUSIONS DE LA PARTIE 1 / L'HABITAT EN ZONES À RISQUES : UNE APPROCHE STRATÉGIQUE ET HOLISTIQUE ENTRE URGENCE, RÉHABILITATION ET PRÉVENTION

“The vital difference between organizations which use people and organizations which are used by people raises crucial issues at the policy level. If local decisions are made by central bodies, those decisions are bound to implement more or less standardized programs and projects for particular social groups in particular places and at particular times. But if local decisions are made by local people, those decisions must be ordered and supported by institutionalized services which must be open to all, in all places and at all times”⁷⁸

Dans les régions exposées à des aléas naturels récurrents, le processus d'évolution et d'adaptation de pratiques sociales et constructives à échelle individuelle et collective se caractérise par des phases de crise et de réhabilitation qui, se présentant tout au long de l'histoire avec des intensités variables et une fréquence régulière ou sporadique, sont parties intégrantes de la vie d'une communauté. Leur développement est représentatif de la capacité de cette dernière à faire face aux défis posés par son environnement.

LIER URGENCE, RÉHABILITATION ET PRÉPARATION POUR BÂTIR LA RÉSILIENCE LOCALE

Suite à l'impact d'un aléa naturel, un apport extérieur s'avère souvent indispensable pour faciliter la réhabilitation des habitats. Toutefois, les choix stratégiques effectués par les organismes d'aide influencent, inévitablement, les modes de vie des sinistrés et leur vulnérabilité future, contribuant à créer des opportunités pour accroître de manière durable les capacités de résilience ou, au contraire, augmentant la vulnérabilité physique et sociale existante.

Dès lors, *“il est nécessaire de repenser les projets d'habitat comme des projets de réponse à l'urgence qui influenceront un mieux vivre pérenne des populations locales”* (MOLES, 2010, p. 11), en inscrivant les interventions de réponse et réhabilitation aux crises dans la continuité de l'évolution d'une société. Ce faisant, le développement⁷⁹ assume le caractère d'un *“processus par lequel les populations améliorent leurs capacités à produire ce dont elles ont besoin et à gérer leur vie politique et sociale comme elles le souhaitent et, dans le même temps (en particulier dans des régions soumises à des catastrophes) à réduire leurs vulnérabilités immédiates et à long terme envers des événements qui menacent leur existence économique et sociopolitique”* (ANDERSON & WOODROW 1990, p.7, trad. A. Caimi). De fait, *“la qualité des interventions relatives aux abris, à l'habitat et aux articles non alimentaires dépendra largement du degré de préparation. Cette préparation est la résultante des capacités, relations et connaissances qu'ont pu développer les gouvernements, les agences humanitaires, les organisations locales de la société civile, les communautés et les individus pour anticiper les situations et gérer efficacement l'impact des dangers probables, imminents ou actuels”* (PROJET SPHÈRE 2011, op. cit., p.284).

La préparation représente l'élément charnière entre les différentes phases de vie d'une communauté, permettant d'anticiper la réponse d'urgence (p.e. définition de procédures opérationnelles et conception d'abris temporaires/transitionnels) mais également de mettre en place des mesures préventives de réduction des vulnérabilités existantes, au niveau de l'environnement naturel (p.e. plantations), bâti (p.e. consolidation des structures) et humain (p.e. sensibilisation et formation).

⁷⁸ TURNER, John F.C., 1972, op. cit., p.153.

⁷⁹ Entendu comme « évolution, épanouissement », plutôt que comme typologie ou phase d'intervention liée à des organismes tiers ou de croissance économique.

L'interconnexion et l'influence réciproque entre urgence, réhabilitation et préparation explicitent de manière évidente la nécessité de concevoir ces trois « phases » en tant que composantes d'un seul et unique processus. Si l'impératif d'une continuité des logiques et actions émerge généralement en référence aux interventions d'organismes non gouvernementaux (BUCHANAN-SMITH, MAXWELL, 1994 ; COMMISSION EUROPÉENNE, 2001, *op. cit.* ; GRÜNEWALD, 2008), elle se présente également en relation aux connaissances et actions d'individus et communautés. Au quotidien ce sont, en effet, ces derniers qui seront portés à se confronter aux risques existants, qui pourront assurer la mise en œuvre de mesures de réduction de la vulnérabilité et qui permettront le développement et la diffusion d'une vraie « culture du risque ».

CONSTRUIRE LA RÉSILIENCE, ENTRE PRODUIT ET PROCESSUS

Au travers leurs interventions, l'approche et rôle adoptés par les organismes non gouvernementaux peuvent assumer un potentiel considérable dans la constitution des fondements cognitifs, opérationnels et matériels favorisant une réduction durable de la vulnérabilité, à échelle locale, régionale et nationale. Toute intervention influe, en fait, sur les capacités immédiates et futures des différents acteurs impliqués et, de ce fait, elle peut contribuer à créer les conditions pour une autodétermination et une autonomie⁸⁰ d'individus, communautés et sociétés dans la création d'un environnement de vie résilient.

Si la résilience d'une communauté est étroitement liée à sa participation au processus de projet, cette dernière est directement corrélée à la prise en compte des spécificités contextuelles. Ces deux facteurs sont en effet liés par une relation d'interdépendance : plus le degré de contrôle et d'influence des populations concernées sur la décision, la gestion et la mise en place des activités est important, plus la prise en compte des pratiques constructives et des caractéristiques du contexte deviennent inévitables, voire indispensables. D'une part, cela implique de considérer le renforcement de la résilience locale en tant que démarche gé(né)rée par les gens, de sorte à permettre aux individus, communautés et sociétés d'être en mesure d'élaborer par eux-mêmes les modalités de leur propre résilience. D'autre part, cela implique que toute intervention favorise la création d'opportunités techniques, sociales et économiques pour que chacun ait la possibilité de choisir parmi différentes approches et solutions celles qui culturellement, techniquement, économiquement et personnellement lui conviennent le plus⁸¹. À cet égard, les cultures constructives vernaculaires présentent un potentiel et une pertinence particuliers en vue de favoriser une harmonisation des nouvelles propositions avec les pratiques et ressources existantes, tout en assurant une durabilité et une continuité de savoirs et compétences.

Développer pour chaque site des stratégies et des capacités de préparation et de réponse aux crises, sur la base d'une synergie entre les différents acteurs impliqués, ainsi que concevoir, à partir des ressources matérielles et cognitives existantes, des propositions techniques favorisant une évolution (de l'habitat existant à l'habitat futur, des abris transitionnels à un habitat permanent) des pratiques et solutions constructives vers un environnement construit et social résilient, constituent les bases indispensables pour que les individus et communautés puissent bâtir une résilience durable et autonome. Et cela à travers un processus de conscientisation d'individus et d'institutions à échelle locale et internationale.

Tant pour des interventions post-catastrophe que dans la préparation et prévention des risques, l'analyse contextuelle constitue en fait le point de départ pour toute activité en rapport à l'habitat (Fig. 31), contribuant à :

80 Autodétermination en tant que droit, possibilité et capacité à décider. Autonomie en tant que capacité à agir et gérer.

81 "As housing action depends on the actors' will and as the dominant actors in economies of scarcity are the people themselves, they must be free to make decisions which most concern them" (TURNER, 1972, p. 174).

- la définition de *procédures opérationnelles* considérant les ressources, compétences et expériences existantes pour améliorer et expérimenter des (nouveaux) modes d'intervention, spécifiques à chaque situation particulière ;
- la conception de *propositions constructives* qui, à partir des technologies localement connues, suggèrent une multiplicité d'options techniques et typologiques, en accord avec les divers caractères socioculturels, les différentes possibilités d'investissement ainsi qu'aux potentialités et contraintes existantes ;
- le *renforcement des capacités* à différents niveaux de la société, tant en relation au domaine de la construction que dans la gestion, réponse et préparation aux crises, par la consolidation et l'enrichissement des savoirs et savoir-faire et leur transmission aux générations futures.

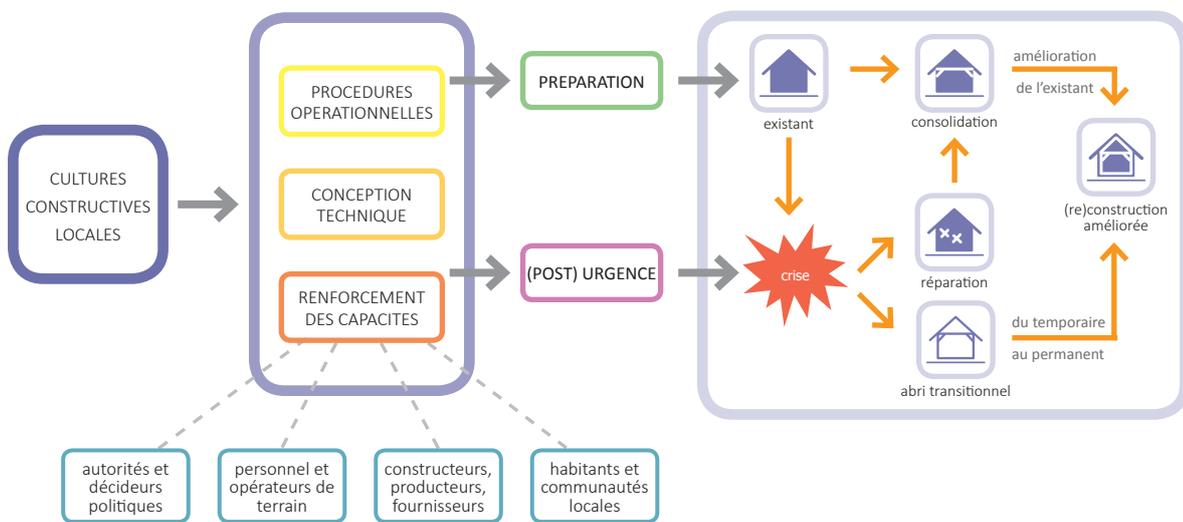


Fig.31: Les cultures constructives locales comme point de départ pour des activités dans le domaine de l'habitat en zones à risques

Dans ce processus, la mise en place d'une démarche d'analyse des spécificités contextuelles constitue le premier pas pour l'élaboration de principes méthodologiques et constructives soutenant un renforcement des capacités techniques, décisionnelles et opérationnelles face à l'impact des aléas naturels et donc, de la résilience d'une population par une régénération endogène de ses propres « capacités »⁸².

82 Le concept de « capacité » inclut potentialités et capacités, les premières donnant aux individus les moyens de faire face aux adversités et les deuxièmes leur permettant de tirer profit de leurs propres potentialités pour résister aux chocs négatifs et pour se redresser suite aux crises. "A person's « capability » refers to the alternative combinations of functionings that are feasible for her to achieve. Capability is thus a kind of freedom: the substantive freedom to achieve alternative functioning combinations (or, less formally put, the freedom to achieve various lifestyles)" (SEN, 1999, p. 75).

AXES D'APPROFONDISSEMENT / APPRÉHENDER LE VERNACULAIRE SITUÉ ET PARASINISTRE

Dans le cadre de programmes de réduction de la vulnérabilité de l'habitat, plusieurs facteurs, activités et enjeux influencent de manière directe les actions conduites et leur impact à long terme. De l'analyse des initiatives entreprises par certains organismes d'aide émergent une multiplicité d'approches qui, s'inspirant des cultures constructives vernaculaires, intègrent des interventions ponctuelles dans une continuité de pratiques. La prise en compte des cultures constructives locales n'est de fait pas une approche nouvelle : plusieurs expériences existent se référant à diverses modalités de relation entre les parties prenantes, de gestion des activités et d'amélioration des pratiques constructives. Cependant, son adoption reste encore limitée à un nombre restreint de cas.

À cet égard, deux aspects émergent comme facteurs particulièrement pertinents en vue d'accroître la prise en compte des cultures constructives vernaculaires et de bénéficier davantage du potentiel qu'elles présentent dans le renforcement de la résilience face aux aléas. Tout d'abord, cela repose sur un approfondissement de leur compréhension : d'une part en tant que processus situé en considérant leur dimension localisée et leur ancrage à un milieu naturel et humain particulier ; d'autre part en tant qu'ensemble de principes, règles et dispositifs qui, par leur caractère technique et parasinistre, constituent une référence incontournable à complément du génie parasinistre. À cet approfondissement s'associe la dissémination des connaissances existantes relatives à ce double statut des cultures constructives, facteur indispensable pour favoriser un processus de conscientisation s'élargissant à l'ensemble des acteurs prenant partie, de manière directe et indirecte, individuelle et collective, par la pratique et par la recherche, à la construction d'habitats et communautés résilients.

Ce sont ces aspects que cette recherche investigate davantage. En se structurant en deux parties distinctes, les chapitres suivants s'articulent autour du double caractère des cultures constructives vernaculaires.

La partie qui suit - partie 2- est directement corrélée à la sphère opérationnelle ; elle se rapporte aux modalités d'identification des caractéristiques de l'habitat d'une communauté ou dans une région particulière, dans un processus de compréhension de l'environnement social, culturel et naturel qui les déterminent.

La troisième partie relèvera du domaine technique, en poussant un pas plus loin la caractérisation de la dimension parasinistre des cultures constructives vernaculaires.

PARTIE 2 /

PRATIQUES LOCALES, RISQUES ET MILIEU : UNE MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE CONTEXTUELLE



Fig.32: Haïti, Les Cayes, sensibilisation de techniciens locaux à l'analyse des cultures constructives locales

INTRODUCTION DE LA PARTIE 2 / VERS UNE ANALYSE SYSTÉMIQUE

“L’élaboration de méthodologies ne doit plus seulement s’attacher à élargir l’éventail des méthodes, elle doit également reconnaître la dimension politique des choix méthodologiques ainsi que les enseignements que tirent les acteurs de la recherche et de la vulgarisation de leurs expériences”⁸³

Les constats dressés suite à de nombreuses analyses d’interventions post-catastrophe soulignent la nécessité d’augmenter l’accessibilité technique et économique des propositions constructives et de renforcer les capacités des populations et institutions à gérer et répondre aux crises. Et cela à partir des caractéristiques, savoirs et ressources des communautés habitant des régions exposées à des risques naturels (UNISDR, 2013, *op. cit.*). Ceci implique l’adoption d’une approche qui favorise une amélioration des technologies connues localement et un soutien des dynamiques déjà en place, s’appuyant sur les particularités et les potentiels propres à chaque site pour l’élaboration de principes méthodologiques et techniques cohérents avec les spécificités d’un territoire et des populations qui l’habitent. Ce processus ne peut débiter qu’avec une phase d’analyse du contexte permettant une compréhension de l’existant. Saisir les pratiques culturelles, constructives et comportementales d’une communauté ainsi que les facteurs qui influencent et façonnent son environnement bâti, constitue en fait l’étape initiale et essentielle pour la conception et la mise en œuvre d’initiatives d’amélioration de l’habitat et de la résilience locale.

Ces considérations conduisent inévitablement au questionnement des outils existants pour l’investigation d’un contexte, en faisant émerger la nécessité de disposer d’un instrument qui permette une analyse systémique des artefacts construits en les rapportant à l’univers socioculturel et au milieu naturel dans lequel ils s’inscrivent ; les concevant donc en tant que composantes d’une culture constructive.

En réponse au constat d’un « vide méthodologique » relatif à ce type d’approche, cette recherche propose une méthodologie d’analyse permettant la définition d’un cadre référentiel pour l’élaboration de démarches techniques et opérationnelles s’ancrant profondément dans les pratiques et cultures constructives propres à un lieu. Elle constitue un outil d’investigation d’un milieu à partir de l’étude des artefacts bâtis mais également par le dialogue avec les individus et les groupes qui les ont conçus et réalisés, qui les entretiennent et les habitent. En particulier dans le cas de pratiques « vivantes », encore élaborées et mises en œuvre de nos jours, ce croisement d’expériences, de compétences et de vécus se révèle indispensable pour comprendre la situation que l’on observe, de façon à établir un lien étroit entre les savoirs, les pratiques, les vulnérabilités et les résiliences passées, actuelles et futures. Selon cette approche, comprendre les caractéristiques de l’habitat et les stratégies de vie et survie d’une population, de même que reconnaître ses savoirs et savoir-faire, constituent le véritable point de départ pour une réduction durable de la vulnérabilité.

83 CORNWALL, Andrea, GUIJT, Irene, WELBOURN, Alice, 1999. « Processus de reconnaissance: défis méthodologiques posés à la recherche et à la vulgarisation agricoles ». In : *La reconnaissance du savoir rural : savoir des populations, recherche agricole et vulgarisation*. Paris : Editions Karthala. Coll. Économie et Développement. p. 158.

4. DÉMARCHES D'ANALYSE

4.1. LE DIAGNOSTIC : SIGNIFICATIONS ET ENJEUX

Comprendre un contexte, les manières dont les populations qui l'habitent perçoivent et organisent leur propre vie, les modes de production et de gestion de l'habitat dans un environnement donné, fournit des informations essentielles pour identifier les problèmes, analyser les relations causales et, ensuite, entreprendre des initiatives.

Le terme « diagnostic » appliqué au territoire désigne un processus de lecture visant à obtenir une vision détaillée et holistique d'un milieu, en identifiant les phénomènes et les spécificités, les forces et faiblesses ainsi que les grandes tendances qui lui sont propres. Cette analyse constitue rarement une fin en soi, s'intégrant dans une perspective plus vaste qui suppose l'identification de pistes d'actions en vue d'une amélioration ou de la résolution de certains aspects caractérisant la situation existante (MONNET, LANGLOIS, 2002). En effet, *“le diagnostic appliqué au milieu est l'opération qui vise à analyser et juger des modes d'utilisation de l'espace, à un moment et à une échelle donnés, en fonction d'objectifs de connaissance et de valorisation de cet espace”* (Ibid., p. 18).

Dans un processus de projet, le diagnostic représente une phase essentielle puisque c'est pendant son déroulement que s'établit la connaissance d'une réalité, à partir de laquelle des décisions seront prises et des initiatives proposées : il constitue une étape préalable à toute action permettant la formulation d'activités précises et des modalités de leur mise en œuvre. *“L'analyse de la situation d'une communauté doit être perçue dans sa globalité, sa complexité et son évolution. Globalité ne veut pas dire totalité ; le diagnostic ne peut être totalement exhaustif. Mais il doit tenir compte de l'interdépendance de ses composantes, des conséquences prévisibles et de l'incidence des changements envisagés”* (Ibid.), en intégrant également les potentiels existants et les répercussions et/ou l'évolution probable des facteurs limitants.

La conception de l'analyse d'un contexte selon une approche systémique met en évidence la particularité de toute activité humaine pouvant être étudiée en tant que produit d'un système complexe, composé de multiples éléments interconnectés et interdépendants les uns des autres. L'adoption d'une telle démarche permet de saisir les différentes facettes caractérisant la complexité de la réalité existante, en prenant également en compte d'autres aspects et domaines influant sur l'objet d'étude (BONNAL, 2011). Toutefois, le type et les modalités d'investigation ainsi que l'éventail des paramètres considérés et les compétences nécessaires sont essentiellement déterminés par la finalité et les objectifs ultimes du diagnostic. Cette analyse peut, en effet, être multisectorielle ou spécifique à un domaine (p.e. le secteur de la construction), étendue à des aspects généraux (p.e. politiques, réglementations, etc.) ou focalisée sur un ou plusieurs facteurs caractérisant ce domaine (p.e. état des constructions, typologies structurelles, etc.), à l'échelle globale (p.e. pays, région) ou locale (p.e. village). Sa mise en place correspond à une multiplicité de situations, de secteurs et perspectives d'application, qui influencent les spécificités mêmes du processus et les conditions de son déroulement.

ACTEURS, CONCEPTIONS ET RÔLES

L'activité de diagnostic ne comporte pas forcément l'intervention de personnes externes au contexte d'étude. Toutefois, de par son cadre (recherche scientifique, activités d'organismes d'aide, etc.), elle voit souvent l'implication d'individus extérieurs à la communauté concernée, voire au milieu considéré. Dans ce cas, le processus d'analyse se caractérise par une polarisation des acteurs (SCOONES, THOMPSON, 1999). D'une part, les agents « internes » ou locaux, comprennent des individus, des groupes ou l'ensemble de la population qui habitent la zone étudiée et qui constituent, dans la plupart des cas, les destinataires ultimes des actions découlant du diagnostic. D'autre part, les agents « externes », généralement à l'origine de la mise en place de cette activité, intègrent

une grande variété de milieux professionnels, qualifications et provenances⁸⁴. Le milieu d'origine de ces derniers influence fortement la démarche structurant le cadre de travail (organisation, fonctionnement et contraintes imposées par l'organisme d'appartenance), tandis que la relation entre ces deux typologies d'agents détermine le déroulement et la perspective de l'analyse.

Le diagnostic représentant souvent la première phase d'interaction entre ces deux groupes, les caractéristiques du processus d'analyse et les modalités d'interaction avec les acteurs locaux traduisent l'approche dans laquelle les intervenants extérieurs se positionnent. Le diagnostic peut donc être considéré comme *“l'opérationnalisation d'une vision plus générale [...] d'une représentation du monde [...], produite lors de l'interaction entre techniciens et populations locales au moment où la nature de leur collaboration future est en train de se définir”* (SELLAMNA, LAVIGNE-DELVILLE, 2000, p. 8).

Cette vision s'inscrit en relation à trois principales approches, apparues successivement au cours des dernières décennies. Elles se réfèrent à un processus qui fondamentalement se rapporte, et est considéré initié, par des agents externes, dont la vision détermine simultanément les rôles des différents acteurs (CHAMBERS, KENTON, ASHLEY, 2004). À l'origine une conception technique prévaut, concevant le diagnostic comme une activité conduite par des spécialistes donnant lieu à des solutions technologiques à transmettre aux populations (modèle du « transfert de technologie »). Ensuite, une conception systémique s'affirme, s'efforçant de comprendre le fonctionnement des systèmes locaux mais concentrant la définition des solutions dans les mains de l'intervenant externe. Enfin, cette évolution déboucha sur une conception participative cherchant d'aller au-delà d'une approche purement technocratique : les acteurs locaux sont censés définir eux-mêmes leurs besoins, la recherche et le développement devant se mettre à leur service. L'émergence d'une nouvelle vision n'implique pas nécessairement la disparition de celles précédentes ; au contraire, toutes les trois sont encore couramment appliquées dans des projets situés en contextes différents⁸⁵.

FACTEURS D'INFLUENCE

Plusieurs facteurs définissent le processus d'analyse s'influençant réciproquement (Fig. 33). Les paramètres à prendre en compte en tant que critères d'analyse découlent de la situation à étudier, du domaine de référence et des objectifs du diagnostic. Ces derniers influencent, et sont influencés par la démarche d'ensemble et par les contraintes posées par le cadre institutionnel (bailleur de fonds, organisme de recherche ou d'aide, gouvernemental et non). D'autre part, les acteurs concernés, leur rôle et degré d'implication sont directement déterminés par le cadre contextuel (situation existante) et conceptuel⁸⁶ (vision politique, modèle culturel) dans lequel s'inscrit le travail.

84 La différenciation entre ces deux catégories est effectuée ici par l'utilisation de l'expression « acteur local » pour indiquer tout individu, groupe ou organisation habitant dans la zone considérée (entendue en tant que territoire limité de déroulement du diagnostic), et d'« agent externe » pour indiquer toute personnes et organisme n'appartenant pas au contexte étudié (y compris provenant d'autres régions, provinces ou villes/villages). Le terme d'« agent » étant utilisé selon son sens étymologique de « personne qui exerce une action », « qui est une force agissante, un principe d'action » (Centre National des Ressources Textuelles et Lexicales).

85 À titre d'exemple :

Approche technique : reconstruction après cyclone, Orissa (Inde), Orissa Development Technocrat Forum / UNDP, 2000-2005 (CAIMI, HOFMANN, 2005, *op. cit.*) ;

Approche systémique : programme de préparation aux désastres (Bangladesh), Caritas Bangladesh, Bangladesh University of Engineering and Technology, CRAterre-ENSAG, 2011-2014 (CAIMI, 2011) ;

Approche participative : projet de réparation et reconstruction post-séisme (Haïti), Plateforme Haïtienne de Plaidoyer pour un Développement Alternatif, Vedek, CRAterre-ENSAG, 2010-2013 (MOLES, 2011, *op. cit.*).

86 Pour cadre conceptuel, on entend l'ensemble d'éléments constituant les points de repères théoriques qui orientent la manière d'approcher la problématique, la démarche et la logique des différentes étapes, en déterminant la signification et servant de référence pour l'évaluation des résultats.

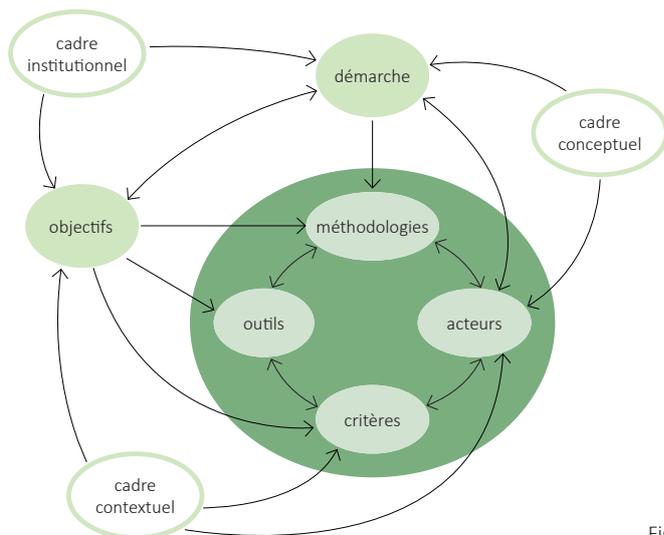


Fig.33: Interconnexions entre facteurs d'influence

Certains de ces facteurs sont des variables étroitement dépendantes de la particularité de chaque situation. Parmi eux, deux aspects caractérisent fortement le processus d'analyse, dans son déroulement et ses résultats, indépendamment du domaine de référence dans lequel il s'inscrit. L'un concerne le type de méthodologie adoptée ; l'autre, le rôle et l'interaction entre les acteurs impliqués. Ces deux facteurs sont intimement liés, tant dans la définition de leurs caractéristiques réciproques que dans les modalités de leur mise en pratique, en s'influençant mutuellement et influençant conjointement la démarche englobant l'activité de diagnostic.

En vue de la définition du cadre référentiel dans lequel inscrire le développement d'un outil d'analyse des cultures constructives locales en zones à risque, ces deux aspects se révèlent particulièrement importants : si d'une part ils constituent les moyens pour appréhender les caractéristiques de l'existant, d'autre part ils explicitent et déterminent un processus d'action et d'interrelation dont l'analyse ne constitue qu'une étape initiale.

4.2. PARTICIPATION ET INTERRELATIONS DES ACTEURS

La notion de participation assume une telle multiplicité de formes⁸⁷ qu'affirmer que toutes les sociétés, et en particulier celles vernaculaires ou traditionnelles, sont participantes devient en fait quasiment une « tautologie » (RAHNEMA, 1992). Au niveau du sens le plus large, la participation constitue la structure de base et le tissu de la vie sociale : les gens ayant toujours participé, selon des niveaux et degrés variables, à l'élaboration des stratégies de survie, à la constitution de leur propre culture et à la prise de décisions au sujet de leur développement. Pouvant en ces termes être considérées comme participatives, une série de structures et de procédures ont émergées au fil des siècles, de manière plus ou moins spontanées, pour définir et répondre aux besoins collectifs, résoudre les conflits, établir des plans d'action et effectuer les démarches nécessaires pour les réaliser⁸⁸.

⁸⁷ Participation signifie : « action de participer à quelque chose, part prise à quelque chose », mais également « contribution et association des citoyens au pouvoir » (Dictionnaire Larousse).

⁸⁸ "Whether through formal or informal organisations, autocratic or participatory means, people at the grassroots level use vernacular planning processes to define their needs and to take steps necessary to implement them" (ZAZUETA, A. 1994. A Matter of Interests: Participation, Equity and Environment in Policy-Making. Undpublished Draft. Washington D.C : World Resources Institute, cité par BASS, DALAL-CLAYTON, PRETTY, 1995, p. 29).

Bien que de nombreux individus, organismes et institutions s'accordent sur le fait que la participation est, en principe, à la fois un droit et une nécessité pratique, sa forme, ses mécanismes et ses fonctions nécessitent d'être précisément spécifiés. En effet, l'attribution au terme de « participation » de significations très différentes a déterminé, au cours de l'histoire, plusieurs paradoxes ainsi que parfois une dévaluation des formes traditionnelles et vernaculaires de pouvoir (DALAL-CLAYTON, BASS, 2002) : il a été utilisé pour indiquer une justification de l'extension du contrôle de l'Etat (RAHNEMA, 1992, *op. cit.*) ainsi qu'un renforcement des capacités et de l'autonomie locale, une légitimation de décisions prises par des agents externes comme une délégation du pouvoir décisionnel et opérationnel loin d'organismes extérieurs, la collecte de données par des experts ainsi qu'une analyse interactive effectuée par les populations elles-mêmes (PRETTY, 1995, *op. cit.*).

Dans le cadre d'activités menées par des institutions de recherche et des organismes d'aide, la notion de participation a été conceptualisée en intégrant différents éléments se référant spécifiquement au cadre de programmes de développement (PAUL, 1987 ; WORLD BANK, 1996 ; STIGLITZ, 1998) ou d'interventions en situation de crise (BYRNE, 2003, *op. cit.* ; UNHCR, 2008 ; GROUPE URD, 2010), jusqu'à une dimension quasiment politique (FALS-BORDA, 1992 ; BLANCHET, 2001 ; AMOUSSOU-GUENOU, 2003). Si certains définissent la participation comme un processus dans lequel les acteurs influencent et partagent le contrôle des activités, des décisions et des ressources, pour d'autres elle consiste dans la pleine et égale implication de tous les membres d'une communauté dans les processus décisionnels et les actions qui affectent leur vie, à la fois dans la sphère publique que privée.

Cette dualité dialectique entre la population locale et les intervenants extérieurs reste encore aujourd'hui un élément central, en particulier en raison du fait que la plupart des réflexions au regard de la participation ont été effectuées par des chercheurs et praticiens agissant en tant qu'externes au contexte de travail. La question du rôle de l'agent externe dans le processus de participation se pose de façon évidente, allant presque à assumer un caractère absolutiste : les extérieurs s'interrogent et se positionnent par rapport à leur propre rôle et influence, tandis que peu de voix nous parviennent de la part des populations directement concernées. Dès lors, la participation devient une forme d'intervention avec des fonctions précises et dont les définitions et interprétations se focalisent sur l'implication des bénéficiaires directs en relation à un cadre référentiel strictement lié à des programmes menés par des organismes d'aide ou de recherche, gouvernementaux et non (PAUL, 1987, *op. cit.*).

Les multiples significations attribuées à la notion de « participation » ainsi que les manières dont elle est interprétée et utilisée sont synthétisables selon sept catégories. Elles reflètent les différentes modalités d'interaction entre les intervenants extérieurs et la population, entre agents externes et acteurs locaux, et se réfèrent à la mise en œuvre d'activités ainsi qu'à la gestion et au déroulement de processus décisionnels et opérationnels (Tab. 10).

TYPOLOGIE	CARACTÉRISTIQUES
Participation manipulatrice	La participation est un faux-semblant, tout simplement juste une « étiquette ».
Participation passive	Les acteurs locaux sont informés de ce qui va se passer et de ce qui a été déjà décidé, ou de ce qui s'est déjà produit. Il s'agit d'annonces unilatérales effectuées par les gestionnaires administratifs ou de projet, sans attention ni prise en compte des réactions des acteurs locaux.
Participation par consultation	Les acteurs locaux sont consultés et apportent l'information sur un sujet donné, défini par les agents externes. Ces derniers ne sont pas tenus de prendre en compte les opinions des premiers, qui n'ont ni d'influence ni de pouvoir décisionnel sur l'ensemble du processus.
Participation par incitation matérielle	Les acteurs locaux fournissent des ressources nécessaires à l'exécution de l'intervention (p.e. main d'oeuvre) en échange d'une rétribution (p.e. en argent ou en nature), sans être impliqués dans la prise de décision ni dans le processus de projet. <ul style="list-style-type: none"> • L'application des technologies ou des pratiques montrées perd d'intérêt quand les mesures incitatives terminent.
Participation fonctionnelle	Les acteurs locaux apportent les matériaux, les fonds et/ou la main-d'oeuvre nécessaire à la mise en place d'une intervention. <ul style="list-style-type: none"> • La participation devient un moyen d'atteindre les objectifs du projet, notamment par une réduction des coûts. • La participation peut être interactive et impliquer une prise de décision partagée ; cependant cela tend à se produire seulement après que des décisions importantes ont été prises par des agents externes.
Participation interactive	Les acteurs locaux participent à une analyse conjointe, au développement de plans d'action, à la formation ou renforcement des institutions locales et ont une influence sur la prise de décision. <ul style="list-style-type: none"> • La participation est considérée comme un droit. • Étant donné que les acteurs locaux ont le contrôle sur les décisions et la gestion des ressources disponibles, ils ont un intérêt dans le maintien des structures ou des pratiques, même à la fin du projet.
Auto-mobilisation / initiative locale	Les acteurs locaux prennent l'initiative, en agissant indépendamment des organisations et institutions externes. Ils peuvent y faire appel pour un soutien (matériel, méthodologique, technique et/ou financier), mais gardent le contrôle sur la conception et la gestion du projet. <ul style="list-style-type: none"> • Ces sont les agents externes qui participent au projet de la population.

Tab.10: Typologies de participation (d'après ARNSTEIN, 1969 ; PRETTY, 1995, *op. cit.* ; DALAL-CLAYTON, BASS, 2002, *op. cit.*)

Sur la base de cette classification, des correspondances peuvent être établies avec les rôles et les modalités d'interaction entre acteurs locaux (population locale, bénéficiaires directes, organisations et groupes) et agents extérieurs dans le cadre d'une activité d'analyse (Tab. 11).

DEGRÉ DE PARTICIPATION	CARACTÉRISTIQUES	RÔLE DE L'AGENT EXTERNE	RÔLE DES ACTEURS LOCAUX	TYPE DE PARTICIPATION
Nul	Pas d'interaction dans la récolte de données (p.e. photographies aériennes).	manipulation	simulacre	participation comme moyen d'information
Apport d'informations	Les acteurs locaux sont sollicités pour répondre citant des faits à des questions préétablies.	recherche / planification	information	
Coopération passive	Les acteurs locaux sont sollicités pour donner des idées mais dans un processus de communication à sens unique où les problèmes, les modalités de collecte d'information et leur vérification sont définis par les agents externes.	gestion	exécution	
Consultation	Les acteurs locaux sont sollicités pour donner des idées et des opinions dans un processus de dialogue.	efficacité rationnelle	contribution	Participation symbolique
Collaboration	Les acteurs locaux et les agents externes analysent, décident et travaillent ensemble.	partenariat co-égalitaire	partenariat co-égalitaire	
Action collective	Les acteurs locaux analysent leur propre situation et prennent l'initiative d'agir ensemble.	facilitation	analyse, action, promotion	Participation comme redistribution des pouvoirs
Prise en main	Les acteurs locaux s'unissent pour chercher d'avoir plus de contrôle sur les processus décisionnels, dans une démarche explicitement politique.	appui	maîtrise, contrôle	

Tab.11: Degré de participation, modalités d'analyse et rôles (d'après : HOLLAND, 2001 ; CHAMBERS, 2006)

Selon cette catégorisation, la participation ne se relate pas à un processus uniforme, mais plutôt elle se traduit dans un *continuum* d'approches qui, dans le cadre d'une analyse de contexte, vont de la communication d'informations jusqu'à la recherche de type participatif. En référence à ces différents caractères, la relation entre la gestion de l'information (récolte, vérification, validation et possession) et le rôle des acteurs impliqués se présente sous trois formes distinctes :

- participation comme *moyen d'information* : flux d'information unidirectionnel d'un émetteur à un destinataire (public, agents externes) ;
- participation comme *symbole* : flux d'information bidirectionnel entre les coordinateurs et le public, avec un partage du contrôle sur la prise de décision ;
- participation comme *redistributions des pouvoirs* : prise en main du contrôle de la prise de décision et des ressources par les acteurs directement impliqués.

Une analyse des pratiques et cultures locales qui vise à poser les bases pour une amélioration des conditions physiques et de résilience d'une communauté, ne peut que se fonder sur une implication élevée des acteurs locaux et, plus particulièrement, des groupes et individus qui habitent, gèrent et planifient la zone considérée. Dans le processus d'habiter un lieu de la part de ces derniers, un programme n'apporte qu'une contribution spatialement et temporellement limitée. De ce fait, je considère indispensable que la finalité de la mise en place tant d'une analyse que d'un programme ne se limite pas à l'accomplissement de ses objectifs immédiats (obtention d'information, réalisation de constructions, etc.), mais qu'elle devienne un « outil » pour la population locale d'accroître ses propres compétences, en premier lieu dans la gestion de processus décisionnels et opérationnels. Par conséquent, le niveau de participation le plus réduit auquel se réfère la méthodologie d'analyse que cette recherche propose ne peut que correspondre à celui de la « consultation », tout en considérant les niveaux successifs (« collaboration », « action collective », « prise en main ») comme, sans aucun doute, plus pertinents en vue d'un renforcement des capacités et d'une amélioration effective et à long terme de la résilience d'individus et communautés.

4.3. MÉTHODOLOGIES D'ANALYSE : PRINCIPES D'APPROCHES ET DE PARTICIPATION

La mise en place d'un diagnostic est étroitement liée à la définition et à l'adoption d'une approche méthodologique structurant et orientant le processus d'étude dans ces différents composants.

Les termes de « méthode » et « méthodologie » sont souvent utilisés comme synonymes et équivalents ; cependant une différenciation profonde les distingue, en les caractérisant non tant comme deux entités complètement disjointes, mais comme étant l'une partie de l'autre. Une méthodologie se réfère à une démarche théorique, offrant "à l'utilisateur un cadre qui lui permet de sélectionner les moyens de connaître, d'analyser, de classer et d'échanger des informations sur un sujet" (CORNWALL, GUIJT, WELBOURN, 1999, p. 158). Elle représente une approche qui modèle le processus de recherche et de vulgarisation, rassemblant des méthodes et des outils spécifiques (p.e. méthodologies d'évaluation des vulnérabilités et des capacités). En revanche, les méthodes constituent les moyens effectifs de collecte d'information. Elles se rapportent à des procédures investiguant des aspects particuliers (p.e. analyse des risques) par le biais d'outils d'analyse, entendus en tant qu'instruments nécessaires à l'accomplissement d'une tâche spécifique⁸⁹.

ENTRE QUANTITATIF ET QUALITATIF

Une première différenciation entre méthodologies peut être effectuée sur la base de la typologie des éléments recherchés, étroitement corrélée aux procédés et supports de collecte d'information ainsi qu'aux objectifs ultimes de leur utilisation.

L'approche quantitative vise à obtenir des informations quantifiables, facilement organisables et comparables, à partir de l'utilisation de supports rigides (p.e. questionnaires à réponse fermée), en vue de représenter, expliquer et prédire des phénomènes (BOUCHON, 2009). Une analyse quantitative permet donc d'évaluer une situation à un moment donné, de découvrir « ce qui » se passe, par l'examen de certains événements ou de certaines de ses caractéristiques (OAKLEY, 1991, *op. cit.* ; SCHOONMAKER FREUDENBERGER, 1999).

Les méthodologies basées sur une approche qualitative visent par contre à capturer les informations non quantifiables, par l'emploi d'outils et procédés souples et ouverts permettant d'obtenir une vue d'ensemble par la description détaillée des phénomènes et des dynamiques qui intéressent le contexte étudié ainsi que par l'exploration des significations, des processus et des causes, en identifiant les origines d'une situation particulière (IFRC, 2007b, *op. cit.* ; BOUCHON, 2009, *op. cit.*). Ces deux approches sont souvent employées conjointement sur la base d'une démarche éclectique faisant correspondre le choix du type de méthodologie aux informations recherchées (FETTERS, 1999).

RÔLE ET DEGRÉ D'IMPLICATION DES ACTEURS

Une différenciation ultérieure peut être effectuée en relation aux principes régissant le processus décisionnel, de gestion et d'implication qui se rapportent à deux approches, dénotant aussi bien une démarche procédurale que le mode de prise de décision et de pilotage d'un projet (LARRISON, 2002). Selon l'approche descendante, ou « top-down », la plupart des décisions concernant les problèmes à examiner et la manière dont les informations seront utilisées sont prises par des agents externes, représentant une figure d'autorité, professionnelle et spécialisée. La prise de décision s'effectue par un décideur hiérarchiquement supérieur et se répercute ensuite sur les niveaux inférieurs, qui ont comme seule fonction celle d'exécuter des consignes (Tab. 10 : *participation passive, par consultation, par incitation matérielle et fonctionnelle*). Dans la phase de diagnostic, cela se traduit par un rôle des populations et des acteurs locaux limité à la réponse à des questions établies par des agents externes (Tab. 11 : *apport d'information, coopération passive et consultation*).

Le caractère de l'approche adoptée devient de plus en plus participatif au fur et à mesure que les populations et les autres acteurs concernés, assument un rôle central et actif tant dans la collecte des données que dans le processus décisionnel et opérationnel dans son ensemble (Tab. 11 : *collaboration*).

⁸⁹ Dans le cadre de la présente recherche, le terme « méthode » est employé pour indiquer un type de procédé (p.e. entretien structuré), tandis que le termes « outil » indique le support employé (p.e. questionnaire).

L'approche dite ascendante, ou « bottom-up », se caractérise par un fonctionnement à partir de la base, ou mieux à partir d'un grand nombre de personnes qui travaillent conjointement, provoquant l'émergence d'une décision partagée qui remonte ensuite aux niveaux hiérarchiques supérieurs. Il s'agit alors d'un pilotage démarrant des perceptions, conceptions et initiatives de l'« échelon le plus bas » (au sens hiérarchique) ou le plus « terrain » (au sens opérationnel) qui se répercutent et sont prises en compte par les échelons éloignés (Tab. 10 : *participation interactive* et *auto-mobilisation/initiative locale*). C'est donc la communauté locale qui établit le programme, ses objectifs et ses modalités de mise en œuvre, faisant partie intégrante des acteurs en charge de l'analyse ainsi que de la gestion et utilisation des informations (Tab. 11 : *action collective* et *prise en main*).

Dans un processus d'analyse, la signification et le rôle attribués aux divers intervenants déterminent les méthodes adoptées, les supports employés ainsi que les sources d'information consultées. À leur tour, ces trois aspects influencent le type d'informations qu'on pourra obtenir ainsi que leur fiabilité, niveau d'approfondissement et importance en relation aux objectifs et au cadre de travail. Une grande variété de méthodologies existe, se différenciant par l'objet d'analyse, l'étendue géographique, le niveau de participation et le rôle des acteurs impliqués ainsi que, pour certaines, par la période d'apparition et de majeure utilisation.

4.3.1. ÉLÉMENTS POUR UN CADRE MÉTHODOLOGIQUE RÉFÉRENTIEL

Dans la partie suivante, je considère six approches méthodologiques correspondant à divers degrés d'implication des acteurs locaux (population au sens large, groupes et individus) dans le processus de diagnostic d'un contexte⁹⁰. Bien que pour chaque niveau nombreux exemples existent, un choix a été effectué en considérant ceux qui, de par leur nature et modalités, se révèlent particulièrement représentatifs en relation à cet aspect. Ces exemples comprennent des approches allant de l'application d'un modèle préétabli à un processus d'apprentissage (PRETTY, GUIJT, THOMPSON, et al., 1995), de la focalisation sur l'individu à la prise en considération du groupe, de l'énumération à la comparaison, ainsi que des outils analytiques se fondant sur une communication fermée ou un échange ouvert et flexible, du support verbal au visuel intégrant différentes dimensions (spatiale, temporelle, relationnelle, causale) de la situation existante (SCHÖNHUTH, KIEVELITZ, 1995 ; RIETBERGEN-MCCRACKEN, NARAYAN-PARKER, 1998 ; GROUPE URD, 2002, *op. cit.*). Pareillement, les rôles des acteurs sont variables : de l'exclusivité des agents externes à la population locale en tant qu'acteur principal dans la conduite de l'analyse et dans la génération de données (FAO, 1997 ; CHAMBERS, 2007). Cet approfondissement est effectué en relation à trois éléments - le niveau de participation, les principes méthodologiques, les modalités de mise en œuvre - permettant la construction d'un cadre conceptuel et épistémologique de référence pour un nouveau « outil » spécifique à l'analyse des cultures constructives vernaculaires.

DEGRÉ DE PARTICIPATION	MÉTHODOLOGIES D'ANALYSE
Apport d'informations	Enquête Structurée
Coopération passive	Évaluation Rurale Rapide
Consultation	Planification des Interventions Par Objectifs
Collaboration	Évaluation Rurale Participative
Action collective	Développement Technologique Participatif
Prise en mains	Recherche-Action Participative

Tab.12: Méthodologies considérées en relation au degré de participation des acteurs locaux

⁹⁰ Au cours de cette recherche, ces différentes méthodologies ont été analysées en profondeur, sans toutefois pouvoir procéder à leur expérimentation directe. Les éléments présentés se fondent sur une revue critique de la littérature ainsi que sur les retours d'expériences conduites par des tiers. Pour des questions d'étendue, seuls les éléments principaux sont présentés de manière synthétique dans la partie qui suit.

ENQUÊTE STRUCTURÉE⁹¹

Méthodologie de récolte d'informations traduisibles en des données quantifiables permettant la définition de tendances et de modèles globaux de caractérisation et/ou de comparaison.

L'acquisition des informations s'effectue par la répétition d'une série de questions à réponse fermée ou semi-fermée à partir d'un support synthétique et structuré, dont le contenu et l'organisation sont définis au préalable (TREMBLAY, 1968). Il s'agit d'une méthodologie extractive⁹² applicable à grande échelle mais qui peut se révéler inexacte et simpliste. D'une part, les résultats obtenus dépendent de la précision et formulation des questions posées. D'autre part, la prédétermination des paramètres et des procédures ainsi que leur non modifiabilité en cours d'analyse peut conduire à ne pas considérer l'ensemble des expériences et des connaissances d'un groupe (MUKHERJEE, 1993). Le rôle des enquêteurs se réduit essentiellement à obtenir des informations préétablies sous le guide d'un questionnaire généralement fourni et développé par d'autres personnes ; les acteurs locaux sont les objets de l'investigation et ont un rôle d'entités passives (LAVIGNE-DELVILLE, 2000, *op. cit.*).

ÉVALUATION RURALE RAPIDE⁹³

Méthodologie s'adressant à des agents externes (planificateurs, chercheurs et personnel d'agences d'aide) pour leur permettre de cerner rapidement les principales caractéristiques de la situation à l'étude (KHON KAEN UNIVERSITY, 1987). La production de l'information s'articule sur un processus cumulatif et non séquentiel fondé sur un ensemble de méthodes⁹⁴ visant à établir un dialogue avec les communautés locales (CHAMBERS, 1992 ; MUKHERJEE, 1993, *op. cit.*). L'analyse se caractérise par une souplesse des modalités et des supports de travail à partir d'une série de techniques, variable au cas par cas, comprenant des entretiens conçus comme des conversations semi-structurées ainsi que des systèmes de classement et des schématisations. L'acquisition des informations repose sur des bases de type extractif avec une prédominance des agents externes dans le processus de diagnostic et une mobilisation de la connaissance des populations au service des techniciens (GUËYE, 2000) : ce sont les premiers qui récoltent et possèdent l'information, la réélaborent et décident comment l'utiliser (CAVESTRO, 2003). La qualité et la fiabilité des résultats sont fortement dépendantes des compétences spécifiques à la définition et emploi des outils d'analyse, qui ne peuvent s'acquérir que par une formation préalable et une expérience pratique (HOLTLAND, 2001, *op. cit.*).

PLANIFICATION DES INTERVENTIONS PAR OBJECTIFS⁹⁵

Méthodologie associant diagnostic et formulation de projet sur la base d'une concertation et d'une construction de consensus entre les parties prenantes. Elle s'appuie sur une modélisation linéaire de la réalité mettant en évidence les relations de cause à effet, remontant aux causes sous-jacentes et ne délimitant pas au préalable les problématiques à traiter (HOLTLAND, 2001, *op. cit.*). Le processus d'analyse se structure en deux phases réalisées progressivement sur la base de critères prédéfinis ainsi que d'une visualisation de la discussion par l'utilisation de cartes modifiables, déplaçables et combinables (LAMBALLE, 2001 ; COMMISSION EUROPÉENNE, 2004). Seules les idées des personnes présentes sont prises en compte et influencent la conception du projet, avec par conséquent un risque de partialité et de simplification des paramètres considérés (LY, 2001). Ces aspects sont accentués par l'utilisation d'une matrice qui permet difficilement de prendre en compte toute la complexité d'un contexte et limite la compréhension des dynamiques sociales ainsi que des comportements et des attitudes individuelles (COTA HHC/CA, [s.d.]). En outre, des compétences de lecture/écriture de la part des tous les participants sont indispensables pour un suivi optimal du processus de discussion et décision.

91 Également appelée : enquête par questionnaire, enquête globale, entrevue sur échantillon (TREMBLAY, 1968, *op. cit.*).

92 Les acteurs locaux ont comme unique fonction celle de source d'information tandis que les agents externes interprètent les données et tirent les conclusions (CHAMBERS, 1981).

93 Connue en milieu anglophone comme *Rapid Rural Appraisal*.

94 "*Rapid Rural Appraisal is a way of organizing people and time for collecting and analyzing information where time constraints demand decisions before a local situation can be fully understood*" (BEEBE, 1987, p. 48).

95 D'autres dénominations sont souvent utilisées pour indiquer cette approche méthodologique : Planification des Projets par Objectifs (PPO), *Objective Oriented Project Planning* (OOPP), *Ziel Orientierte Project Planung* (ZOPP) (LAMBALLE, 2001, *op. cit.*).

ÉVALUATION RURALE PARTICIPATIVE⁹⁶

Méthodologie promouvant une implication active des populations et reconnaissant l'hétérogénéité de leurs connaissances et savoirs (GUÈYE, 2000, *op. cit.*). Elle vise à saisir les caractères contextuels hétérogènes à partir de l'exclusion d'une prétention d'exhaustivité et de l'identification d'ordres de grandeur, avec l'ambition d'une analyse réalisée par les communautés elles-mêmes, les agents externes jouant un rôle de « facilitateurs »⁹⁷ (LAVIGNE-DELVILLE, 2005). La récolte des informations s'effectue à partir d'un croisement de sources, méthodes et compétences ainsi que sur la base d'une diversité et flexibilité des techniques et des supports, sélectionnés et adaptés en relation au contexte, géographique, social et opérationnel. La qualité et la fiabilité des résultats sont directement dépendantes de l'attitude de l'agent externe qui doit posséder des compétences et connaissances techniques et sociales (OLIVIER DE SARDAN, 2000) relatives à une compréhension fine des enjeux contextuels ainsi qu'à une maîtrise des dynamiques de groupe, pour une adaptation appropriée des outils et une gestion de l'influence des mécanismes socioculturels (CHAMBERS, BLACKBURN, 1996).

DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE PARTICIPATIF⁹⁸

Approche fondée sur un processus collaboratif de recherche en situation réelle, conduit conjointement par les communautés et les intervenants externes et donnant lieu à des résultats géographiquement localisés (KAIHURA, 2003). Reconnaisant la capacité d'expérimentation et innovation des populations ainsi que de l'importance que leurs connaissances assument dans la résolution de problèmes (BEBBINGTON, 1999), les agents externes encouragent les acteurs locaux à expérimenter, inventer et adapter de nouvelles formes de gestion et d'application technologique (VAN VELDHUIZEN, WATERS-BAYER, WETTASINHA, 2005). Ce processus voit l'implication de trois catégories d'acteurs : les membres de la communauté, expérimentateurs chargés de la mise en œuvre des solutions identifiées ; les chercheurs, fournissant un appui technique ; des opérateurs de terrain d'organismes d'aide, facilitateurs de l'interaction entre les parties prenantes (HUY, 2002). Cette dynamique se base sur une collaboration étroite avec des « experts locaux », individus porteurs de savoirs spécifiques qui deviennent les principaux concepteurs et diffuseurs de solutions technologiques.

RECHERCHE-ACTION PARTICIPATIVE⁹⁹

Méthodologie assumant une position explicitement politique visant à « capabiliser » et autonomiser (*empowerment*¹⁰⁰) les populations par une remise en cause des rapports de pouvoir existants et une démocratisation du savoir (ARCHER, NANDAGO, 2004). Elle se base sur le concept de « conscientisation » qui, constituant une étape du processus de prise de conscience¹⁰¹, se construit sur un lien très fort entre participation, connaissance et pouvoir. Une relation de partage mutuel se développe entre les chercheurs et les acteurs locaux, permettant la redécouverte et l'application critiques des savoirs traditionnels ainsi que la production et la diffusion de nouvelles connaissances : « la science des populations » (CORNWALL, GUIJT, WELBOURN, 1999, *op. cit.*). Le facilitateur de cet échange se situe au sein de la communauté et, au fil du temps, devient superflu : « *le processus de transformation se [poursuivant] sans la présence physique d'intervenants extérieurs, d'animateurs ou de cadres* » (Ibid., p. 174).

96 Également connue comme *Participatory Rural Appraisal*.

97 Il s'agit d'une « *growing family of approaches, methods, attitudes and beliefs that enable people to express and analyse the realities of their lives and conditions, to plan themselves what action to take and to monitor and evaluate the results* » (CHAMBERS dans IFAD, 2009, p. 8).

98 Également connu comme Développement Participatif de Technologie et, en anglais, *Participatory Technology Development*

99 La terminologie employée varie selon le contexte, toutefois si au niveau des principes méthodologiques il s'agit dans tous les cas d'une « *recherche participative qui s'unit à l'action pour transformer la réalité* » (FALS-BORDA, 1992, *op. cit.*, p. 14), les différences résident principalement dans la conception de la participation et l'importance accordée à la conscientisation politique (GÉLINEAU, 2001, *op. cit.*).

100 Au sens de « pouvoir d'agir », entendu à la fois comme une manière d'un individu d'assurer sa survie, d'exprimer son individualité et de contribuer à la régulation collective des conditions générales d'existence (LE BOSSÉ, 2003).

101 « *If the prise de conscience goes beyond the mere apprehension of a fact, and places it critically in the systems of relationships within the totality in which it exists, it transcends itself, deepens, and becomes conscientization* » (FREIRE, Paulo.1973. « Extension or Communication », cité par GÉLINEAU, 2001, *op. cit.*, p. 37).

SYNTHÈSE

La conception du rôle des acteurs impliqués, les aspects sur lesquels une analyse se concentre, les modalités par lesquelles elle est mise en place constituent le « noyau méthodologique » d'une approche de diagnostic. Des méthodologies analysées, on peut dégager quatre axes de focalisation, correspondant à autant d'objectifs (Tab. 13).

MÉTHODOLOGIES	AXES DE FOCALISATION	OBJECTIFS PRINCIPAUX
Enquête Structurée	Les données	obtenir des données exactes sur la région
Évaluation Rurale Rapide Planification des Interventions Par Objectifs	La situation	expliquer les relations de cause à effet et parvenir à une compréhension claire des problèmes et/ou opportunités présentes dans la région étudiée
Évaluation Rurale Participative Développement Technologique Participatif	Les gens	explorer le point de vue des gens, leur perception des problèmes et les pistes de résolution qu'ils envisagent
Recherche-Action Participative	Les relations sociales	analyser les relations sociales et l'accès de certains groupes aux ressources afin de développer des actions appropriées en vue d'un changement social, voire politique.

Tab.13: Méthodologies analysées, focalisation et objectifs (d'après HOLLAND, 2001)

Chaque approche méthodologique possède des caractéristiques bien distinctes et, par conséquent, se révèle plus appropriée à certaines situations et objectifs d'analyse. Cependant, en les comparant, on peut relever comment la prise en compte et la compréhension des savoirs, compétences et ressources locales sont directement proportionnelles au degré de « pouvoir d'agir » (LE BOSSÉ, 2003) et de décider des acteurs locaux, en particulier des populations, tout au long du processus. Non seulement donc dans la collecte des informations, mais également dans la définition et la gestion des activités et la prise de décision.

Toutefois, dans le processus d'analyse certaines compétences sont indispensables. Selon la démarche adoptée, les techniques et les supports à employer demandent des connaissances techniques spécifiques au domaine de référence, mais surtout des capacités de facilitation pour permettre un réel échange, dialogue et participation des acteurs, outre qu'une collecte d'informations reflétant la situation réelle et les différents points de vue des personnes concernées.

Ci après (Tab. 14), je synthétise les principaux particularités des méthodologies considérées, sur la base de paramètres que j'ai défini en vue de faire ressortir, d'une part, les spécificités propres à leurs modalités de mise en œuvre et, d'autre part, les potentialités qu'elles présentent tant en relation à une intégration du diagnostic à une démarche de projet qu'à une prise en compte dans celui-ci des savoirs et pratiques locales. Il est intéressant de noter comment ce dernier aspect est proportionnellement dépendant de l'implication des acteurs locaux : plus le pouvoir d'agir des acteurs locaux devient important, plus l'analyse devient partie d'un processus qui vise à un changement endogène durable puisant dans les capacités existantes.

MÉTHODOLOGIE	ÉLÉMENTS CLÉS	ACTEURS CIBLÉS	UTILISATEURS PRINCIPAUX	DURÉE	OUTILS ET TECHNIQUES	COMPÉTENCES NÉCESSAIRES	INTÉGRATION À UNE DÉMARCHÉ DE PROJET	PRISE EN COMPTE DES PRATIQUES LOCALES
Enquête Structurée	Investigation extractive	- chercheurs - opérateurs	- agences d'aide (OG et ONG), - universités	Quelques heures / plusieurs années (min 3mois)	Supports préétablis et structurés	++ (préparation et analyse) + (récolte des données)	+	+
Évaluation Rurale Rapide	Extraction Connaissance Optimisation	- chercheurs - opérateurs - planificateurs	- agences d'aide (OG et ONG), - universités	2-4 jours	Communication verbale semi-structurée (entretiens et conversations)	+ (collecte des informations)	+	++
Planification Interventions Par Objectifs	Analyse Planification Résolution	- opérateurs - groupes d'intérêt	- agences d'aide (OG et ONG) - bailleurs de fonds	1-7 jours	Matrices préétablis Communication visuelle	++ (animation)	+++	++
Évaluation Rurale Participative	Triangulation Facilitation Apprentissage	- chercheurs - opérateurs - représentants locaux	- agences d'aide (OG et ONG) - universités	3-10 jours	Supports flexibles et visuels (représentations graphiques, groupes de discussion, observation)	+++ (connaissances techniques et facilitation)	++	+++
Développement Technologique Participatif	Recherche Expérimentation Vulgarisation Coopération	- chercheurs - opérateurs - experts locaux	- agences d'aide (OG et ONG), - universités - groupes locaux	Plusieurs années	Apprentissage pratique Sensibilisation Appui technique	+++ (appui technique et facilitation)	++++	++++
Recherche Action Participative	Connaissance « Capabilisation » Autonomisation	- opérateurs - groupes d'entraide autoconstitués	- universités - collectivités - individus, groupes et organisations locaux	Plusieurs années	Supports interactifs (observation, questionnement, écoute)	+++ (animation, recherche, vulgarisation, médiation)	++++	++++

Légende : + : faible ; ++ : modérée ; +++ : élevée ; ++++ : déterminante ;

Tab.14: Comparatif des méthodologies analysées : principes de mise en oeuvre

degré de participation

PRINCIPES POUR UN CADRE MÉTHODOLOGIQUE ADAPTÉ

Suite à l'analyse des spécificités de ces différentes approches méthodologiques, je procède à une synthèse des éléments qui assument un caractère particulièrement relevant dans et pour le processus d'identification des spécificités propres à un contexte. Dérivant de l'ensemble des méthodologies considérées, ceux-ci permettent la définition d'un cadre méthodologique de référence en vue de l'élaboration d'un outil d'analyse des cultures constructives locales.

Approche méthodologique :

- production, appropriation, diffusion de savoirs par les acteurs locaux à partir de leurs propres connaissances et expériences ;
- analyse, évaluation et mise en œuvre conjointe par les différents acteurs impliqués ;
- participation en tant qu'apprentissage réciproque ;
- interaction et collaboration directe entre tous les acteurs ;
- rapidité relative et/ou fractionnement temporel de l'analyse pour limiter l'investissement requis par le processus de la part des différents acteurs ;
- possibilité d'interventions ponctuelles de certains acteurs au cours de l'analyse ;
- définition de modalités permettant, selon les compétences et capacités existantes, la mise en place d'un diagnostic sans le recours à certaines catégories d'acteurs (p.e. représentants du milieu scientifique) ;
- association directe entre récolte d'information, élaboration des données et définition des actions ;
- analyse des caractères contextuels hétérogènes et de leurs origines ;
- exclusion de la prétention d'exhaustivité ;
- triangulation de sources, techniques et compétences ;
- reconnaissance effective et réciproque du rôle et des compétences de chaque acteur.

Outils d'analyse :

- combinaison et adaptation des outils d'analyse au contexte géographique, social et opérationnel ;
- diversité et flexibilité des techniques et des supports de collecte de l'information ;
- association d'outils et méthodes quantitatifs et qualitatifs ;
- structuration de l'informalité ;
- communication verbale et visuelle ;
- visualisation de la discussion et des informations et utilisation de supports graphiques et modifiables.

Rôles et acteurs :

- populations locales en tant que fins connaisseurs du contexte socioculturel et naturel ;
- « experts locaux » en tant que détenteurs de savoirs et savoir-faire technologiques ;
- facilitateur en tant qu'agent intermédiaire ancré dans le contexte (opérateur de terrain, membre de la communauté, etc.) ;
- agent externe agissant en tant qu'appui à un processus endogène ;
- complémentarité et mise en valeur des compétences de chacun.

Compétences spécifiques :

- adéquation et sélection des supports en relation aux capacités et compétences, pour éviter l'exclusion ou la prédominance de certains acteurs ;
- importance de l'attitude de l'agent intermédiaire (le facilitateur), nécessitant des compétences et connaissances tant techniques que sociales ;
- formation spécifique des facilitateurs pour réduire les risques d'une application machinale et incohérente avec les principes de l'approche et les objectifs du diagnostic.

Limites opérationnelles :

- risque d'inexactitude des informations et de partialité de points de vue et paramètres considérés d'une part à l'influence du contexte et des mécanismes socioculturels et, d'autre part, aux capacités du facilitateur en relation au processus participatifs ainsi qu'aux critères considérés ;
- calibrage de l'investissement requis en relation aux capacités et disponibilités des différents acteurs.

VERS UNE MÉTHODOLOGIE PARTICIPATIVE, PARTICIPANTE ET PARTICIPÉE

Depuis le milieu des années 1970, les procédés d'analyse contextuelle ont été objet d'une évolution rapide vers des méthodologies participatives. Les six approches présentées sont en effet à la base d'une kyrielle d'autres méthodologies qui ont émergé et évolué en relation à des domaines ou problématiques spécifiques¹⁰², tout en s'alimentant réciproquement et utilisant des techniques et des supports similaires. Toutefois, la large vulgarisation de ces approches a conduit parfois à une conception instrumentaliste, en les faisant devenir des *outils* alors que ce sont à l'origine des *processus*, en se focalisant sur les techniques qui ont été réduites à des techniques « prêtes à l'emploi » appliquées de façon presque mécanique (MONNET, LANGLOIS, 2002, *op. cit.*).

Considérant le grand nombre d'approches existantes, en développer des nouvelles semblerait « n'apporter pas grande chose » à la réflexion et à la pratique de terrain. Il paraît donc plus pertinent de se concentrer sur une amélioration et un emploi optimal des méthodologies disponibles avec une attention particulière à la création et au renforcement de capacités d'analyse et de communication des acteurs qui gèrent ou animent la récolte d'informations. Ceci en vue de leur permettre d'être en mesure d'employer et adapter la gamme d'outils déjà existants à leur propre contexte, capacités et objectifs.

Certains critiques reprochent à quelques-unes des méthodologies ici considérées de « donner l'illusion du participatif » (Ibid.), car elles masquent, plus ou moins habilement, des projets présentés comme issus de la « base » mais qui ne sont finalement que des projets venant du « haut ». Si l'implication active de la population devient un élément d'influence primordiale sur la fiabilité et la pertinence du processus d'analyse, différents facteurs soulignent l'importance d'améliorer les capacités de gestion des organisations intermédiaires ainsi que la collaboration entre les différentes institutions et organismes. Et cela spécialement entre ceux disposant des capacités pour conduire une vraie analyse participative et ceux capables d'apporter des solutions de type technique. L'intérêt de s'appuyer sur des acteurs « intermédiaires » (organisation locale ou de base¹⁰³), disposant d'une certaine connaissance de la zone et/ou de la problématique, permet de mieux cibler le contenu et les modalités du diagnostic ainsi que d'équilibrer la rapidité du processus de collecte d'information et la complexité des situations. Cela crée les conditions pour une mise en perspective des démarches entreprises (tant d'analyse qu'ensuite d'application), en favorisant leur durabilité et évolutivité, sans les restreindre au cadre d'un projet ponctuel, limité par des contraintes financières et temporelles imposées par l'extérieur (bailleurs de fonds, politiques inter-nationales, etc.). Ce faisant, l'analyse d'un contexte peut favoriser une appréhension du milieu par les différents acteurs concernés, mais surtout va s'intégrer à une démarche où la phase de diagnostic constitue uniquement une des étapes d'un processus d'apprentissage et de renforcement des capacités locales.

Toutefois, c'est à travers des changements dans les « règles du jeu », des modifications significatives des modes de contrôle des décisions et des flux financiers, qu'un glissement de pouvoir et un renforcement des « capacités » de certains groupes d'acteurs peuvent avoir lieu. En cela, une démarche d'analyse qui soit *participative*, *participante* et *participée* pourrait contribuer à une prise de conscience réciproque entre acteurs locaux et agents externes, entre recherche académique et réalité de terrain, entre détenteurs de pouvoirs décisionnels, financiers et techniques et détenteurs de connaissances et capacités spécifiques.

102 Entre autres : la gestion des ressources naturelles et des sources de subsistance ; l'alphabétisation, l'éducation et l'autonomisation des adultes ; la santé et la nutrition ; la planification et développement urbain et rural ; l'établissement des droits à la terre pour les communautés indigènes ; la négociation et résolution des conflits ; l'établissement et l'analyse des politiques ; la gouvernance et la démocratie ; la réduction des risques et gestion des catastrophes.

103 Une organisation de base est un groupe auto-organisé d'individus poursuivant des intérêts communs sur base bénévole ; organisation sans but lucratif. Les organisations de base ont généralement un faible degré de formalité, mais un objectif plus large que les groupes d'entraide, les organismes communautaires ou les associations de quartier (ANHEIER, LIST, 2005).

4.4. LE BÂTI EN ZONES À RISQUES : PROCÉDURES D'ANALYSE

Indépendamment du domaine d'application, les méthodologies précédemment analysées permettent de constituer un cadre référentiel relatif aux outils et aux rôles des différents acteurs dans un processus analytique. Dans la partie suivante, j'approfondis certains aspects et modalités concernant le diagnostic dans des contextes exposés à des aléas naturels. En particulier, je considère des approches et facteurs, tant opérationnels que méthodologiques, qui contribuent à la définition d'un cadre procédural spécifique à l'analyse de la corrélation entre la culture constructive d'une communauté et les risques caractérisant le milieu qu'elle habite.

4.4.1. ÉVALUATION POST-CATASTROPHE

Suite à l'impact d'un aléa, aucune action significative ou systématique ne peut être mise en œuvre avant l'évaluation de la situation. De ce fait, le diagnostic constitue l'une des phases les plus essentielles du processus de réponse à une catastrophe. Dans ce cas, son principal objectif est d'obtenir une compréhension détaillée de la situation existante, des acteurs impliqués, des problèmes rencontrés par les populations directement ou indirectement affectées, ainsi que des stratégies qu'elles ont mis en place pour répondre à la crise. Les résultats de cette analyse contribuent à la conception des interventions à mener et doivent, par conséquent, fournir des informations sur les besoins et les demandes à traiter, les capacités locales pouvant être soutenues ainsi que les opportunités et contraintes qui affecteront la mise en œuvre des activités (GROUPE URD, 2010, *op. cit.*).

Pour permettre aux professionnels de l'humanitaire de s'orienter entre les innombrables méthodologies d'évaluation post-catastrophe, les clusters¹⁰⁴ des Nations Unies et d'autres organismes internationaux ont procédé à une amélioration et normalisation des outils d'analyse, établissant des procédures et des critères uniformes (JHA, DUYNE BARENSTEIN, PHELPS, et al., 2010, *op. cit.*). Le processus d'analyse se base essentiellement sur un ensemble prévisible d'activités et procédés, dont un certain nombre peut être établi même avant la crise afin d'accélérer la mise en place des diagnostics post-catastrophe.

À partir de la phase immédiatement suivante l'impact d'un aléa, les différents types d'évaluation se structurent avant tout en relation à une échelle temporelle. Dans un premier temps ils doivent permettre d'obtenir un aperçu global de la situation (analyse préliminaire), pour procéder le plus rapidement possible à la définition des besoins (analyse rapide) et, ensuite, acquérir le maximum d'information pour la définition et le ciblage des activités à mettre en œuvre (analyse détaillée). Ces analyses se basent généralement sur des outils de type fermé ou semi-structurés et le niveau de complexité et la spécialisation des compétences requises s'accroissent au fur et mesure du degré d'approfondissement. Si dans l'analyse immédiatement suivante la catastrophe, l'on considère que toute personne présente sur place peut être chargée du diagnostic, pour les phases successives des qualifications particulières sont retenues nécessaires. La composition de l'équipe conduisant l'analyse peut dans ces cas se constituer de (IFRC, 2008 ; CORSELLIS, VITALE, 2010, *op. cit.*) :

- généralistes : personnes expérimentées mais avec aucune formation technique spécifique qui, sur la base de lignes directrices préétablies, effectuent une analyse générale de la situation servant de base à une intervention ciblée des spécialistes. Ce sont généralement des individus appartenant à des organisations ou des communautés locales, disponibles et mobilisables dans des délais très courts ;

¹⁰⁴ Les Clusters sont des groupes d'organisations constitués en relation au différents secteurs de l'action humanitaire (construction, santé, assainissement, etc.) et établis suite à une catastrophe pour appuyer les gouvernements, les instances locales et les différents organismes intervenant dans la gestion de la crise et la coordination des acteurs (SCOTT, 2012).

- spécialistes : personnes possédant une expérience et des qualifications particulières et qui sont en mesure de rapidement identifier et recenser les éléments relatifs à leur propre domaine de compétence ;
- multidisciplinaire : regroupant des spécialistes de différents domaines et, éventuellement, des généralistes.

Bien que les procédures d'évaluation incluent, parmi les généralistes, également des membres des populations locales, l'implication des communautés affectées dans le processus de diagnostic n'est toutefois pas toujours considérée comme indispensable (Ibid.) et l'utilisation de certains outils dérivants des méthodologies participatives demeure considérablement limitée (BYRNE, 2003, *op. cit.*). Malgré les priorités et les contraintes caractérisant la phase d'urgence ne favorisent pas l'instauration immédiate de processus participatifs (SLIM, MITCHELL, 1992), la mise en place d'analyses basées sur des techniques dialogiques et participatives contribue considérablement à la pertinence et efficacité du contenu et des modalités des réponses (RAWAL, PRAJAPATI, 2007 ; GROUPE URD, 2010, *op. cit.*). De fait, tant en situation de post-catastrophe que dans des activités de préparation et réduction des risques, l'implication active des communautés, la compréhension des mécanismes et capacités de survie d'une population ainsi que la reconnaissance des initiatives locales assument un rôle déterminant. Elles permettent d'assurer l'adéquation des actions entreprises aux circonstances spécifiquement locales ainsi que de les ancrer dans une perspective à long terme, tant du point de vue des populations et des institutions les mettant en place, en favorisant une continuité entre l'urgence, le redressement et la préparation aux futures crises.

4.4.2. ANALYSE PARTICIPATIVE EN ZONES À RISQUES : L'HABITAT EN TANT QUE COMPOSANTE D'UN ENVIRONNEMENT SOCIAL

Dans cette logique, différentes approches participatives ont été développées par des organismes et agences d'aide pour soutenir un processus continu d'implication des populations locales dans la préparation et la réponse aux crises (ANDERSON, WOODROW, 1990 ; DAVIS, HAGHEBAERT, PEPPIATT, 2004). Elles s'inscrivent dans une démarche de gestion communautaire des risques reconnaissant la participation directe de différents acteurs locaux comme un facteur incontournable pour le renforcement des capacités de résilience et une réduction de la vulnérabilité sur le long terme¹⁰⁵ (ABARQUEZ, MURSHED, 2004, *op. cit.* ; CORDAID, 2007).

Certaines d'entre elles se réfèrent à des thématiques spécifiques, abordant de manière différente et complémentaire l'analyse du milieu social, construit et naturel de communautés habitant des régions exposées à des risques naturels.

Ici de suite j'en considère quatre s'appuyant sur des méthodes participatives et des supports de communication verbale et visuelle simples¹⁰⁶. Elles font ressortir des éléments qui me paraissent particulièrement pertinents pour la caractérisation d'un contexte et pour l'explicitation du rapport entre les aléas naturels affectant une région et les populations qui l'habitent. Chacune de ces approches se focalise sur des aspects particuliers qui sont, néanmoins, étroitement interdépendants (Fig. 34). L'habitat est fortement influencé par les spécificités propres à chacun de ces facteurs.

¹⁰⁵ Les dénominations varient à selon les organismes à la base du développement et mise en pratiques des méthodologies reliées à ce type d'analyse. À titre d'exemple : *Analyse participative des risques de catastrophe, Participatory Disaster Risk Assessment* (ABARQUEZ, MURSHED, 2004, *op. cit.*), *Évaluation participative des risques de désastres* (HANSFORD, 2007, *op. cit.*).

¹⁰⁶ D'autres méthodologies s'appuient sur des instruments de type analytique pour l'identification des risques et la prise de décision, utilisant des progiciels (terme dérivant de la contraction de produit et logiciel) pour la réélaboration des informations et s'adressant essentiellement à des planificateurs et gestionnaires de projet (p.e. méthodologie CRISTAL, Community-based Risk Screening Tool- Adaptation and Livelihoods).

Le bâti s'insère en effet dans un ensemble contextuel où les caractéristiques physiques de l'environnement construit se révèlent indissociables des perceptions, savoirs, pratiques et mesures existantes, tant au niveau individuel que collectif, tant à échelle communautaire qu'institutionnelle. De fait, les caractéristiques du produit construit deviennent les résultantes d'un processus socioculturel directement corrélé à la résilience globale d'une communauté.

L'implication des acteurs locaux dans le processus d'analyse est un facteur favorisant tant l'identification fiable des spécificités d'un contexte que la compréhension d'autres aspects qui participent de manière décisive à la détermination de la vulnérabilité effective d'une communauté. Dans une analyse contextuelle, et plus particulièrement dans l'analyse d'une culture constructive d'une région exposée à des aléas naturels, l'association entre la compréhension technique de l'habitat et sa dimension culturelle et sociale résulte indispensable pour saisir le rapport existant entre les risques et la résilience d'une communauté.

- Vulnérabilités et capacités

Alors que les risques peuvent être cartographiés à l'échelle internationale, nationale ou régionale, les vulnérabilités ainsi que les capacités des populations pour y faire face sont, de par leur nature, localisées et spécifiques à une certaine zone. L'analyse ciblée des vulnérabilités et capacités existantes vise à déterminer la portée et les causes de la vulnérabilité d'une communauté, à évaluer les principaux risques auxquels elle est exposée, ses capacités actuelles et les priorités locales (IFRC, 2006, *op. cit.* ; VAN AALST, CANNON, BURTON, 2008).

Méthodologie de référence : Analyse des Vulnérabilité et Capacités- AVC

- Stratégies d'ajustement et stratégies d'adaptation

Analyse se focalisant sur les vulnérabilités et les capacités de résilience d'une communauté envers des phénomènes se rapportant à deux échelles temporelles distinctes, tels que les aléas naturels et les facteurs liés au changement climatique. Elle considère donc des stratégies développées non seulement pour faire face à des crises ponctuelles, mais également en relation à des modifications progressives et lentes du milieu naturel (BROOKS, 2003 ; SMIT, WANDEL, 2006 ; DAZÉ, AMBROSE, EHRHART, 2010 ; SOMDA, FAYE, N'DJAJA OUAGA, 2011).

Méthodologie de référence : Analyse des Vulnérabilités et Capacités d'Adaptation (AVCA)

- Connaissances, attitudes et pratiques

Analyse des savoirs, systèmes de valeurs et de croyance ainsi que des manières dont ils affectent les pratiques courantes, communément partagées par un groupe d'individus (FAO, 1997 ; GUMUCIO, 2011). Elle permet d'estimer les connaissances, la perception des risques, les comportements adoptés ainsi que de cerner d'autres facteurs affectant plus fréquemment le quotidien des populations et pouvant être perçus comme des menaces plus importantes. Cette analyse favorise l'identification de personnes ou groupes sociaux ayant une méconnaissance de mesures de réduction de la vulnérabilité et l'investigation d'aspects entravant leur adoption et mise en pratique (VENTALON, DI CECCO, 2012).

Méthodologie de référence : enquête sur les Connaissances, les Attitudes et les Pratiques (CAP)

- Habitat

Analyse portant sur l'identification des risques auxquels les constructions sont exposées, des causes de leur vulnérabilité, la définition et hiérarchisation de stratégies pour améliorer la sécurité de l'habitat ainsi qu'à l'établissement d'un plan pour leur mise en œuvre. Complémentaire et conséquente à l'analyse des capacités et vulnérabilités, elle ne se rapporte pas exclusivement à une réduction des risques spécifique au domaine de la construction mais également à une amélioration des conditions de l'habitat au sens large.

Méthodologie de référence : Participatory Approach for Safe Shelter Awareness- PASSA¹⁰⁷

¹⁰⁷ Méthodologie développée et formalisée par la Fédération Internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge (IFRC, 2011).

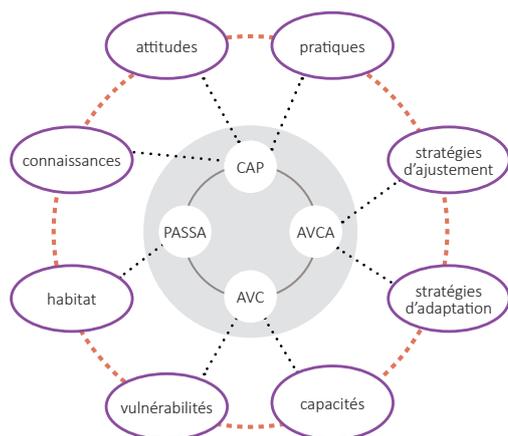


Fig.34: Méthodologies et éléments de focalisation pour une analyse participative en contextes à risques

4.4.3. ANALYSE DU BÂTI EN ZONES À RISQUES

L'étude technique du bâti en zone à risque relève essentiellement du domaine d'experts, faisant appel à des compétences spécifiques ainsi qu'à une série de procédures et paramètres homogènes¹⁰⁸.

Tant au niveau de la recherche académique qu'au niveau opérationnel, l'approche la plus diffusée se focalise sur l'analyse des technologies de construction (techniques et matériaux) et du comportement structurel des bâtiments. Les procédures existantes se rapportent à des aléas spécifiques¹⁰⁹ et concernent l'analyse de la vulnérabilité structurelle du bâti, par l'évaluation des dégâts effectifs suivant un événement particulier (PINTO, TAUCER, 2007) ou l'estimation des dommages attendus (CARDOSO, LOPES, BENTO, 2005). Ces investigations font appel aussi bien à des techniques d'analyse visuelle rapide (FEMA, 2002) établissant sur la base d'informations qualitatives une présomption de vulnérabilité, qu'à des techniques quantitatives appliquant des modèles et des procédures analytiques pour la modélisation de structures représentatives d'une typologie particulière (KARABABA, 2007 ; WILCOCK, 2009). En relation à cette dernière approche, deux démarches sont couramment adoptées se référant, l'une à la vulnérabilité prévue et l'autre à la vulnérabilité observée (COBURN, SPENCE, 2002). La première concerne l'évaluation de la performance attendue du bâti, établie sur la base de modélisations et de spécifications de conception. La deuxième consiste dans une analyse effectuée sur la base des dégâts ayant eu lieu lors des événements passés. Cette dernière est considérée la plus appropriée pour des structures réalisées sans l'implication d'un architecte et/ou d'un ingénieur (*non-engineered structures*) et/ou bâties avec des matériaux non homogènes, dont la résistance effective est difficilement calculable mais, pour lesquelles, des données substantielles concernant l'historique et les typologies de dommages peuvent exister (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2010).

Ces approches requièrent pour leur mise en œuvre une expertise spécialisée (ZACEK, 2004), relevant du domaine du génie parasismique et employant des outils et des paramètres dont le niveau de technicité permet rarement une utilisation par des non-spécialistes. De plus, dans l'étude de bâtiments vernaculaires (soit relevant du patrimoine historique que correspondant à des architectures plus récentes réalisées sans l'implication d'architectes et/ou ingénieurs), les procédures et les indicateurs de référence découlent généralement d'une adaptation de méthodes d'évaluation de structures conçues et réalisées avec le suivi d'un architecte et/ou ingénieur. Bien que reconnue et appliquée au niveau mondial, cette démarche présente néanmoins certaines limites.

¹⁰⁸ Dans la phase suivant immédiatement une catastrophe, cela se traduit par l'application de procédures d'évaluation rapide de dommages (p.e. DaLA – Damage and Loss Assessment) auxquelles peuvent suivre des évaluations plus approfondies, ciblant certains types d'aléas et/ou de typologies constructives.

¹⁰⁹ Parmi les plus courantes, on peut citer : EMS98 et FEMA310 pour l'aléa sismique ; pour les inondations, les procédures élaborées par la FEMA (agence américaine de gestion des situations d'urgence) et, pour les ouragans l'échelle Fujita.

Tout d'abord, cela peut induire une non reconnaissance du fonctionnement réel de la construction due à l'application de modèles et paramètres spécifiques à certaines typologies structurelles prenant difficilement en compte les mécanismes régissant le comportement d'une structure substantiellement différente¹¹⁰. En effet, le bâti vernaculaire non seulement ne se réfère pas, dans sa conception et réalisation, à des critères homologués, mais il se caractérise par une hétérogénéité tant structurelle (LANGENBACH, 2000) que historique (FERRIGNI, HELLY, MAURO, et al., 2005, *op. cit.*). En outre, dans la définition du niveau de vulnérabilité d'une construction, les matériaux et les techniques employés jouent souvent un rôle déterminant (FEMA, 2003). À titre d'exemple, dans le cas de l'aléa sismique, les caractéristiques constructives du système porteur vertical sont considérées comme des facteurs d'influence majeure sur les dégâts dus à un tremblement de terre (GRÜNTHAL, 2001 ; COBURN, SPENCE, 2002, *op. cit.*). En conséquence, bien que d'autres paramètres secondaires (structure horizontale, gestion du site, qualité de la construction, historique, etc.) soient également pris en compte, la classification du bâti en classes de vulnérabilité est étroitement corrélée aux technologies employées pour la structure primaire verticale. Dans les cas du bâti vernaculaire, se composant de matériaux et principes constructifs disparates, cette démarche peut conduire à une simplification réductrice du fonctionnement réel du bâti et, donc, à une détermination erronée de sa vulnérabilité.

Malgré, et à cause, de la complexité de ces systèmes, le comportement des constructions vernaculaires est rarement examiné du point de vue d'une réponse de l'ensemble structurel aux sollicitations des aléas naturels¹¹¹ (LANGENBACH, 2000), et prenant en compte les dispositions constructives intégrées à la structure pour en améliorer la capacité et pour contrebalancer des éventuelles fragilités du matériau ou du système constructif¹¹². Pareillement, l'influence des spécificités mécaniques de matériaux encore faiblement connus (p.e. terre, paille, roseaux, bambou) et le rôle qu'ils assument dans la réponse de l'ensemble structurel¹¹³ sont généralement négligés dans les études et évaluations techniques. En outre, l'extrapolation du bâtiment de son contexte altère considérablement la compréhension de son fonctionnement effectif, en particulier dans le cas du bâti historique. Ceci se compose en effet de constructions imbriquées les unes aux autres, partageant des parties structurelles, dont la synergie s'est révélée parfois déterminante dans la capacité de réponse à l'impact d'un aléa (RAMOS, LOURENÇO, 2003 ; FERRIGNI, HELLY, MAURO, et al., 2005, *op. cit.*).

En dépit des efforts croissants pour élargir la compréhension et diffuser les connaissances relatives aux architectures vernaculaires¹¹⁴, l'appréhension de ces systèmes et de leurs spécificités parasinistres reste encore limitée. Cela est particulièrement évident dans le cas d'évaluations post-catastrophes qui ne prennent en considération que de manière extrêmement restreinte les constructions réalisées sans ingénieurs/architectes, rarement investiguant les typologies de dégâts qui leur sont associées, les mécanismes de rupture et les facteurs ayant influencé leur comportement (BLONDET, VARGAS, TARQUE, 2008 ; LANGENBACH, KELLEY, SPARKS, et al., 2010).

110 "Earthquake damage has often been looked at with little understanding of what it represents in terms of loss of structural capacity. The standards applicable to reinforced concrete, where a small crack can indicate a significant weakness, are often wrongly applied to archaic systems where even large cracks may not represent the same degree of degradation or even any loss of strength. Because of the unrecognized lateral resistance provided by archaic structural elements, historical buildings are thus often forced to meet a level of lateral resistance that is, in effect, higher than that required of fully code-conforming newly constructed buildings" (LANGENBACH, 2007, p. 23).

111 "If the building is addressed as a unit, the issue can be tackled globally since the stability of stone wall structures depends more on what might be termed the collaborative action of all the structural elements than on the specific strength of each individual component" (FERRIGNI, 2005, p. 259).

112 À titre d'exemple : envers les phénomènes sismiques, l'insertion d'échelles horizontales en bois dans des murs en maçonnerie (AYTUN, 1981) ; envers les inondations, l'utilisation de briques de terre cuite dans la partie des murs en maçonnerie d'adobe exposée à l'eau (UN-HABITAT PAKISTAN, 2010).

113 À titre d'exemple : la différence entre un mortier fragile (en terre ou terre et chaux) et un mortier rigide dans le comportement d'une structure soumise à des sollicitations sismiques (LANGENBACH, 2000, *op. cit.*).

114 En particulier par le biais de recherches scientifiques, de plateformes web (p.e. World Housing Encyclopedia-EERI/IAEE) et de conférences s'adressant spécifiquement aux thématiques de la construction vernaculaire (p.e. CIAV-Conférence Internationale sur l'Architecture Vernaculaire).

Si le bâti peut être analysé en se focalisant sur ses particularités constructives et matérielles, celles-ci sont néanmoins étroitement corrélées aux spécificités du milieu naturel et humain dans lequel les artefacts construits se situent. La vulnérabilité d'un bâtiment n'est en fait pas uniquement déterminée par sa capacité de résistance, mais également par les comportements et les connaissances de ses constructeurs et utilisateurs ; influence qui se rapporte aussi bien à des aspects relatifs au processus de construction qu'à des interventions permanentes (p.e. agrandissement, réparations, etc.) et temporaires pouvant en améliorer le comportement ou, au contraire, en déterminer un affaiblissement.

Les procédures analytiques se concentrant sur une analyse structurelle tissent rarement des liens entre la sphère technique et celle socioculturelle et environnementale. Néanmoins, certaines approches, se référant essentiellement au domaine de la préservation du patrimoine, reconnaissent la forte interrelation existante entre ces différents facteurs et adoptent une démarche qui permet de faire ressortir la dimension culturelle et sociale de la relation d'une communauté aux risques ainsi que l'influence de celle-ci sur l'environnement bâti¹¹⁵ (FERRIGNI, HELLY, 1990 ; JIGYASU, 2002 ; KARABABA, 2007, *op. cit.*).

Le bâti vernaculaire et historique se fonde sur une relation étroite avec son milieu naturel et humain. Ses spécificités physiques et ses mécanismes de fonctionnement en dépendent fortement. Par conséquent, sa compréhension nécessite de s'ancrer dans la culture et la pratique de ses constructeurs et habitants ainsi que de se référer au cadre social et institutionnel dans lequel il évolue. Pour ce faire, l'analyse du bâti en zones à risques ne peut pas se limiter à une dimension purement technique, mais elle requiert l'adoption d'une démarche multidisciplinaire, comprenant les différents acteurs impliqués dans la conception, réalisation et évolution tant des artefacts construits que de l'environnement qu'ils déterminent. Dans ce processus, si des procédés normalisés permettent de répondre avec des informations quantitatives à des paramètres (essentiellement techniques) établis par des conventions et règlements, des éléments essentiels à la compréhension qualitative de l'environnement géographique, social, culturel et économique, ainsi que de la crise elle-même, ne peuvent découler que d'un dialogue avec les communautés locales.

De fait, si l'étude en profondeur des caractéristiques techniques permet de mieux saisir les principes régissant le comportement d'une structure, des procédures normalisées ne représentent cependant pas la seule manière de l'investiguer et le comprendre. Intégrer aux procédés existants d'évaluation pré et post-catastrophe, des critères et des méthodes analytiques spécifiques aux cultures et architectures vernaculaires permet d'entreprendre un processus de compréhension « directe » des particularités et du comportement de ces structures, selon la même démarche que celle adoptée pour des bâtiments, des techniques et des matériaux « scientifiquement normés ».

Pour être en mesure de saisir tant la particularité des matériaux, des principes constructifs et des dispositifs parasismiques présents dans le bâti vernaculaire, que les facteurs humains et environnementaux influençant ses spécificités et sa résilience, ces « nouvelles » approches devraient toutefois se fonder sur des codes avant tout méthodologiques que numériques (PIEROTTI, 2005) et se positionner en conscience du fait que la construction, en particulier en référence à l'habitat, ne se rapporte pas uniquement à un domaine spécialisé qui voit une gestion et une action de seuls « experts technocrates ».

115 L'approche et le travail développés par les chercheurs du Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali (CUEBC, Ravello, Italie) se situent dans cette perspective et ils sont particulièrement représentatifs de l'adoption de cette démarche. Ils visent en effet à réduire la vulnérabilité du bâti historique envers les phénomènes sismiques par la récupération de la culture sismique locale, au travers d'une investigation, compréhension et réutilisation des techniques parasismiques présentes dans les bâtiments existants, à partir d'un diagnostic allant du niveau du détail constructif à celui du territoire (FERRIGNI, 1990), et comprenant aussi bien une analyse sismo et échohistorique (PIEROTTI, ULIVIERI, 2001, *op. cit.*) que structurelle (FERRIGNI, HELLY, MAURO, et al., 2005, *op. cit.*)

4.4.4. L'ANALYSE DU BÂTI EN ZONES À RISQUES, ENTRE CULTURE ET CONSTRUIT

Certaines méthodologies participatives permettent la prise en compte de facteurs socioculturels et environnementaux corrélés et influençant l'exposition d'une communauté aux risques. Elles incluent également une évaluation du bâti, tant au regard de ses caractéristiques que de sa vulnérabilité. Pour établir un diagnostic de la situation existante, elles se basent essentiellement sur les opinions, expériences et perceptions de la population ainsi que, de manière indirecte, de celles des agents externes. Toutefois, bien qu'elles aient un impact considérable sur les actions entreprises par la suite, celles-ci ne sont pas nécessairement représentatives de la réalité effective. En effet, l'imaginaire d'une communauté, tant interne (population, autorités, etc.) qu'externe (techniciens, décideurs, bailleurs, etc.) à un contexte, peut être influencé par différents facteurs d'ordre social et culturel qui risquent de biaiser les informations obtenues et la représentation de la réalité qui en découle. Dans la définition d'un habitat sûr et résistant (ou « meilleur »), les distorsions et inexactitudes, dérivant tant de la part de la population que des opérateurs, peuvent conduire à négliger des solutions pertinentes déjà pratiquées, mais considérées comme obsolètes et « dépassées » ; ce qui, à long terme, entraîne des changements importants dans les pratiques constructives d'une communauté, allant même à aggraver sa vulnérabilité.

À ce propos, particulièrement représentatives sont les expressions de *kutch*a et *pukka*, dans la langue Hindi. La première signifie « de basse qualité, inférieure, précaire », tandis que la deuxième « de bonne qualité, solide, durable ». En relation aux constructions, le terme *kutch*a indique des structures réalisées avec des matériaux organiques (terre, bambou, bois, paille, etc.), tandis que *pukka* est employé pour des bâtiments utilisant des matériaux dérivés d'une production industrielle (AHMED, 2005 ; RASHID, 2007). En référence à la résistance ou comportement du bâti envers des aléas naturels, l'utilisation de ces termes et, de conséquence, l'adhésion aux jugements de valeurs qui y sont associés, peut avoir des conséquences considérables sur le choix des technologies à promouvoir, tant au niveau du terrain qu'au niveau institutionnel.

D'une part, les méthodologies d'analyse existantes requièrent des capacités de facilitation et animation du processus participatif. Dans la manière d'aborder la question de l'habitat, elles nécessitent également des compétences et d'une approche particulières permettant non seulement de considérer des aspects purement techniques, mais également d'effectuer avec la contribution des acteurs locaux une analyse des potentiels, faiblesses et réalités effectivement existants. D'autre part, bien qu'une analyse des facteurs inhérents aux cultures constructives locales soit parfois effectuée de manière spontanée par le personnel des organisations et instituts travaillant sur le terrain (SCHACHER, 2005 ; CORNET, 2009 ; DOULINE, BELLIN, 2010), elle s'accomplit généralement sur la base de procédures informelles, et donc, les modalités et paramètres considérés sont souvent strictement dépendants de la personne effectuant l'analyse. Toutefois, des constatations et expériences relatives à des projets de reconstruction post-catastrophe (DUYNE BARESTEIN, PITTET, 2007) ont mis en évidence la nécessité d'effectuer des évaluations spécifiques au bâti vernaculaire et, plus particulièrement, de développer des méthodologies utilisables par les opérateurs et techniciens travaillant sur le terrain et qui, plus que des procédures standardisées, soient des vraies et propres approches d'analyse (UN-HABITAT PAKISTAN, 2010).

L'analyse du bâti vernaculaire en zone à risque, des pratiques et savoir-faire qu'y sont corrélés, présente de fait un potentiel considérable, tant pour la préservation du patrimoine que dans l'identification de (nouvelles) propositions de reconstruction et d'amélioration de l'existant. L'identification des caractéristiques constructives du bâti vernaculaire et des facteurs humains et environnementaux qui influencent ses caractéristiques et vulnérabilité, ouvre une double perspective : une investigation en profondeur du fonctionnement et des mécanismes de rupture propres à ces constructions ; la mise en place d'initiatives favorisant une prise en compte effective des cultures constructives locales ainsi qu'une consolidation et un élargissement des connaissances et compétences, tant au niveau technique qu'opérationnel et institutionnel, de spécialistes, professionnels, constructeurs et habitants.

5. ANALYSER LES CULTURES CONSTRUCTIVES VERNACULAIRES EN ZONES À RISQUES : ENTRE OUTILS ET PROCESSUS

Les éléments analysés jusqu'à présent définissent le cadre référentiel dans lequel s'inscrit le contenu de ce chapitre. La partie suivante concerne une méthodologie d'analyse des cultures constructives vernaculaires, considérant de manière intégrée les objets construits, les modes de vie et les ressources présentes *in situ*. Son élaboration a constitué un des principaux axes de développement de cette recherche ; je présente ci-après ses spécificités méthodologiques et opérationnelles ainsi que le processus de sa définition.

5.1. INVESTIGATION DES CULTURES CONSTRUCTIVES VERNACULAIRES

Le développement d'une méthodologie se référant spécifiquement aux cultures constructives vernaculaires vise à répondre aux limites des procédés d'investigation, constatés tant au niveau de la pratique de terrain que de la recherche scientifique. Dans le premier cas, les procédures existantes renvoient essentiellement à l'ordre de l'opérationnel, tandis que dans le deuxième elles nécessitent la mise en œuvre par des spécialistes de secteurs particuliers. Dans les deux cas, des liens sont rarement tissés entre la sphère technique, socioculturelle et environnementale influençant les spécificités des artefacts bâtis. L'adoption de cette démarche s'est également appuyée sur des constats et des besoins exprimés par plusieurs acteurs des milieux académiques et opérationnels¹¹⁶ envers la nécessité de disposer d'outils permettant une analyse du milieu d'intervention, de sorte à favoriser la mise en œuvre d'approches de projet fondées et adaptées aux spécificités propres à chaque contexte.

PRINCIPES STRUCTURANTS

Plusieurs facteurs déterminent les fondements conceptuels de cette méthodologie. En premier lieu, une démarche participative impliquant activement les populations et les acteurs locaux dans la récolte, l'analyse et la validation des informations ainsi qu'une flexibilité et adaptation de procédés et outils aux spécificités du contexte et aux conditions de travail. Le premier aspect favorise l'établissement d'une collaboration étroite entre les parties prenantes, pouvant aller jusqu'à une prise en main complète du processus de la part des communautés concernées. Le deuxième aspect favorise l'obtention de données fiables et la constitution d'une représentation la plus réaliste possible d'un contexte/situation.

Un troisième facteur s'ajoute, influençant de manière déterminante les spécificités du cadre méthodologique : l'utilisation et le potentiel d'appropriation par des acteurs n'étant pas forcément des experts en matière de construction ou de risques. Ceux-ci incluent aussi bien des techniciens ou opérateurs d'organismes, locaux et/ou externes, que des membres d'organisations et groupes à base communautaire, sans pour autant exclure le recours à une expertise spécifique. Cette méthodologie est en effet conçue comme un support de travail et d'appui à la prise de décision, dans une logique de soutien à l'identification et mise en œuvre de stratégies et activités issues d'une compréhension approfondie du contexte¹¹⁷.

116 Parmi lesquels les représentants des suivantes institutions (entretiens conduits entre 2010 et 2013) : CRAterre (France), Bangladesh University of Engineering and Technology, UN-HABITAT, Caritas Bangladesh, institutions PADED (Haïti), Misereor (Allemagne), Département de la Coopération et du Développement (Suisse).

117 La nécessité de "*renforcer les moyens des intervenants de terrain afin de relier le développement et la réduction des risques de catastrophe*" a été reconnue comme une question prioritaire à aborder au cours des prochaines années dans les approches stratégiques des politiques gouvernementales et humanitaires de réduction des risques de catastrophe (UNISDR, 2013, *op. cit.*).

OBJECTIFS DE FONDEMENT

La méthodologie élaborée vise à établir un état des lieux des facteurs inhérents aux pratiques constructives s'étant développées dans une région particulière, en faisant ressortir les éléments - techniques et cognitifs - présentant un apport potentiel à une amélioration de l'habitat et à un renforcement de la résilience. Selon une approche systémique, cette méthodologie associe à l'étude des objets bâtis l'investigation des caractéristiques du contexte naturel et social, en prenant en compte le processus de réalisation des habitats, les ressources disponibles et les comportements et pratiques particuliers à caractère ordinaire et/ou spécifiques à la présence d'aléas naturels.

L'approche d'analyse considérée se positionne comme étape préalable à la définition de toute initiative visant à une amélioration de l'habitat et à une réduction de sa vulnérabilité, dont la logique peut également s'appliquer à des zones non affectées par des aléas naturels. Les informations qui en découlent constituent une base de données offrant des références concrètes et situées sur lesquelles fonder l'élaboration et la mise en œuvre de principes constructifs et opérationnels. L'objectif est avant tout d'appréhender la situation existante, d'établir la nécessité effective d'entreprendre des actions et, ensuite, d'identifier sur quels éléments celles-ci peuvent se fonder. En fait, la mise en place d'activités n'est pas considérée *a priori* comme une conséquence systématique de ce diagnostic qui peut, au contraire faire ressortir des problématiques prioritaires relatives à des secteurs autres que celui de l'habitat.

5.2. UNE DÉMARCHE ITÉRATIVE : ENTRE THÉORIE ET TERRAIN

L'élaboration de la présente méthodologie s'est fondée sur une approche itérative de conception, expérimentation, vérification et adaptation continues, grâce en particulier à des applications sur le terrain dans le cadre de programmes d'amélioration de l'habitat et de réduction des risques (en Haïti, au Bangladesh).

La définition du cadre méthodologique, des caractéristiques des supports et de la structuration de sa mise en place se sont basées sur des allers et retours continus entre la dimension pratique et celle théorique, une expérience nourrissant l'autre, tant dans le même contexte qu'entre situations différentes. Cette mise en situation a été effectuée en relation à deux contextes se différenciant du point de vue des dynamiques et du cadre institutionnel et contextuel de référence. Dans un cas, la recherche est allée appuyer les activités de reconstruction entreprises par des organisations locales après le séisme de janvier 2010 en Haïti (cf. annexe A.1.2). Dans l'autre, elle s'est intégrée à un programme de réduction des risques conduit par deux organismes locaux, l'un opérationnel et l'autre académique, au Bangladesh (cf. annexe A.1.1).

L'interaction avec des partenaires se caractérisant par une hétérogénéité de compétences, qualifications et expériences a permis d'approfondir certains aspects relatifs aux modalités d'acquisition et transmission de compétences associées à la démarche proposée ainsi que d'apporter une contribution directe au travail mené par les acteurs locaux et internationaux engagés dans ces programmes. Dans les deux contextes, la mise en application s'est basée sur trois étapes successives. Une première phase d'apprentissage permettant aux partenaires de se familiariser avec la méthodologie d'analyse et de l'adapter aux spécificités du contexte. Une phase opérationnelle, comprenant la mise en place effective de la démarche de diagnostic. Une phase de diffusion, au sein d'un même organisme ou entre organismes différents, favorisant simultanément le renforcement des compétences précédemment acquises et la sensibilisation de nouveaux acteurs.

Le développement de ce travail s'est en outre nourri d'échanges avec des professionnels du secteur humanitaire¹¹⁸ et du domaine de la préservation du patrimoine¹¹⁹, ainsi que d'une contribution à des projets menés par des partenaires de CRAterre dans le contexte haïtien.

Pendant la phase initiale d'élaboration, les supports d'analyse ont été testés par des membres du CRAterre dans le cadre d'un projet de réparation de l'habitat existant¹²⁰. Ces expérimentations ont permis d'identifier des faiblesses et des optimisations possibles de la méthodologie, en particulier au regard de son utilisation par des spécialistes (architectes et ingénieurs).

Dans une phase successive, certains éléments de la recherche ont servi de référence à la définition d'un module de formation à l'analyse des cultures constructives locales, s'adressant à des techniciens (ingénieurs et artisans expérimentés) d'organisations haïtiennes¹²¹. Ce qui a permis d'intégrer à la réflexion des éléments spécifiques à une adaptation des procédés et contenus aux compétences d'un public cible particulier (disposant d'une formation technique de base et/ou informelle) ainsi que des modalités de transmission et d'enseignement de la démarche d'analyse. De plus, cela a mis en évidence la nécessité d'élaborer des supports pédagogiques adaptés à différents publics et intégrés à une approche d'ensemble, allant de l'analyse de l'existant jusqu'à des solutions techniques d'amélioration de l'habitat.

La troisième contribution s'est rapportée à un travail de recherche ethnologique au regard de la notion de culture du risque associée à la production de l'habitat¹²². Dans ce cas, la méthodologie élaborée a contribué à l'intégration, dans une analyse relevant du domaine des sciences humaines et sociales, d'éléments spécifiques relatifs à l'investigation de pratiques constructives et parasinistres ainsi qu'aux systèmes et modes d'organisation de la production de l'habitat.

ÉTAPES D'ÉLABORATION

La succession de ces différentes phases et contextes d'application a permis de faire évoluer les composants méthodologiques, en intégrant au fur et mesure des éléments découlant des constatations effectuées tant dans la mise en œuvre de la méthodologie que lors des activités ultérieures entreprises par les partenaires des projets. Cette évolution a concerné tous les aspects de la méthodologie : des techniques et supports d'analyse aux pré-conditions nécessaires pour leur mise en œuvre, des paramètres considérés aux possibilités d'application, des compétences requises aux modalités de leur constitution et transmission, d'une utilisation dans le cadre de projets de terrain à l'intégration dans des modules de formation et enseignement.

Ci après je présente les principales étapes du processus d'élaboration, en mettant en évidence le contenu et les apports de chacune d'entre elles. Les éléments et contributions spécifiques à chaque contexte de mise en situation seront présentés par la suite (chap. 5.9.1).

118 Professionnels rattachés respectivement aux organismes suivants : CRAterre, Caritas Bangladesh, Secours Catholique-Caritas France, Caritas Luxembourg, Direction du Développement et de la Coopération Suisse, Fédération Internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant Rouge, Groupe URD, Misereor, UN-HABITAT.

119 Centro Europeo per i Beni Culturali de Ravello (Italie).

120 *Appui à l'amélioration physique des habitats endommagés par le séisme du 12 janvier 2010 à Cap Rouge (département du Sud Est)* ; partenaires de projet : association Vedek, PAPDA, CRAterre-ENSAG, Secours Catholique-Caritas France (2010-2011).

121 *Projet Inscrire la reconstruction dans une perspective d'amélioration durable de l'habitat et des conditions de vie de la population affectée par le séisme du 12 janvier 2010 dans le Sud Est* ; partenaires de projet : UN-HABITAT, Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), Ministère Haïtien des Travaux Publics, Transports et Communications (MTPTC), Direction du Développement et Coopération Suisse (DDC), CRAterre-ENSAG et École Atelier de Jacmel (2013).

122 GENIS, Léa, 2013. *Pou kay la ka vin pi fò. Approche ethnologique de cultures constructives parasinistres au Cap Haïtien, Haïti*. Mémoire de Master Environnement, Développement, Territoires et Sociétés. Paris : AgroParisTech Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Muséum National d'Histoire Naturelle. 2013.

1. Recherches préalables : analyse documentaire au regard des caractéristiques des supports existants, en relation à différents domaines, incluant (Fig. 35¹²³):

- des approches d'étude de l'architecture vernaculaire et des savoirs locaux corrélés à des risques naturels ;
- des procédures et manuels dérivant du champ des sciences sociales, de la préservation du patrimoine et de l'ingénierie ;
- des approches et méthodes élaborées dans le cadre d'interventions d'aide humanitaire et de coopération au développement ;
- des évaluations des risques, de la vulnérabilité et de dégâts dans les phases précédentes et postérieures à l'impact d'un aléa naturel ; ceci en relation à plusieurs types d'aléas (séismes, cyclones, inondations).

2. Conception et définition des caractéristiques principales de la méthodologie : détermination des niveaux, méthodes d'analyse et interlocuteurs considérés comme sources primaires d'informations, à partir du croisement entre les éléments découlant de la littérature, d'expériences¹²⁴ effectuées de manière indépendante à cette recherche ainsi que des retours d'un premier test effectués par des représentants du CRAterre dans le cadre d'un projet de réparation post-séisme en Haïti.

3. Adaptation des supports : modification des outils d'analyse en vue d'une mise en application au Bangladesh, pour les adapter aux objectifs du travail et aux spécificités du contexte.

- traduction en anglais ;
- références aux typologies constructives et aspects socioculturels et environnementaux locaux.

4. Mise en application 1 - Bangladesh (11-12.2011) : phase d'apprentissage de la méthodologie, réajustement des supports et phase d'appropriation par les partenaires locaux.

- adaptation du contenu : introduction des paramètres contextuels ;
- intégration de nouvelles techniques participatives ;
- redéfinition des rôles des enquêteurs ;
- définition de supports spécifiques à la mise en œuvre de l'analyse et à la restitution des informations obtenues.

5. Modification des supports : en vue d'une mise en application en Haïti, modification des outils et des modes opératoires :

- sélection des méthodes et supports en relation aux compétences des partenaires locaux ;
- intégration d'éléments spécifiques au contexte ;
- traduction en français.

6. Mise en application 2 - Haïti (04-07.2012) : phase d'expérimentation par l'organisation GADRU, modification des supports et phase opérationnelle :

- traduction des supports dans la langue locale (créole) ;
- caractérisation d'éléments spécifiques selon les appellations locales pour faciliter l'interaction avec les acteurs locaux.

123 Cette carte conceptuelle synthétise graphiquement les concepts explorés et les principales références considérées, mettant en évidence les liens qui subsistent entre les éléments traités.

124 2004 : analyse de l'architecture et des pratiques vernaculaires dans les régions de l'Orissa (Inde) exposées aux cyclones et inondations.

2006-2007 : étude de l'utilisation du bambou dans l'architecture vernaculaire (Inde).

2010 : analyse de l'architecture vernaculaire en zone sismique (Indonésie).

2012 : étude technique de l'architecture vernaculaire en zone sismique (Turquie).

7. Diffusion 1- Haïti (06.2012) : activités de sensibilisation et diffusion s'adressant aux techniciens de quatre organisations engagées dans le programme de reconstruction PADED/Misereor.

8. Affinement de la méthodologie : apport de suivantes modifications :

- définition des niveaux d'approfondissement de l'analyse en accord aux compétences des enquêteurs ;
- réélaboration des modes opératoires avec des supports spécifiques indiquant pour chaque technique les objectifs, les modes de mise en place, les sources et les informations recherchées (« mode d'emploi ») ;
- redéfinition des phases de mise en œuvre.

9. Diffusion 2 - Bangladesh (10-11.2012) : activités de formation et de diffusion d'adressant au personnel du partenaire local impliqué dans le programme, élargissant la réflexion aux conditions d'appropriation :

- définition des modalités de sensibilisation et formation d'opérateurs de terrain à la démarche et principes méthodologiques : activités et contenus, mode de déroulement, supports pédagogiques ;
- identification des facteurs favorisant/freinant la compréhension et l'acquisition de compétences ;
- définition et distribution des rôles dans un même organisme en accord aux compétences existantes.

10. Mise en application 3 - Bangladesh (10-11.2012) : phase opérationnelle d'analyse conduite de manière autonome par le partenaire local, suivie par une évaluation et validation apportant le suivant complément méthodologique :

- élaboration de guides pour des activités particulières : sélection des constructions à analyser, synthèse, restitution et vérification des informations, définition de recommandation et pistes d'action.

11. Diffusion 3 - Haïti (02.2013) : séminaire de sensibilisation et diffusion au regard de l'approche d'analyse et de valorisation des cultures constructives locales s'adressant aux représentants de quatre organisations travaillant en différentes parties du pays :

- modalités, supports et activités pour la sensibilisation de cadres et décideurs (non techniciens) ;
- principes pédagogiques pour la transmission de compétences spécifiques.

12. Mise au point de la méthodologie : réélaboration et redéfinition de l'ensemble de la méthodologie tant du point de vue de ses caractéristiques et modalités de mise en œuvre, que de sa transmission, diffusion et appropriation par des acteurs locaux et internationaux travaillant sur le terrain.

13. Diffusion 4 - Haïti (06.2013) : intégration de la méthodologie élaborée dans une mallette pédagogique pour la formation de techniciens et opérateurs de terrain ainsi que dans le cursus de formation de l'École Atelier de Jacmel (Haïti) dans le cadre d'un programme conduit par UN-HABITAT (cf. note 121).

5.3. PRINCIPES MÉTHODOLOGIQUES

La conception de la méthodologie élaborée dans le cadre de cette recherche se fonde sur des principes qui s'inspirent largement des approches participatives examinées en relation au domaine des sciences sociales et de l'aide humanitaire. Tout d'abord, elle considère qu'à partir des contraintes et potentiels existants sur place, une population a développé des savoirs et savoir-faire qui sont spécifiques aux conditions locales et dont l'élaboration est, et a été, fortement influencée par la capacité d'expérimentation et d'innovation propres à leurs concepteurs. Ces connaissances revêtent des formes multiples et complémentaires (physiques, techniques, sociales, comportementales) ; leurs particularités et diversité sont essentielles à saisir pour obtenir une compréhension approfondie de la situation existante.

Cette démarche se traduit dans une analyse qui, en plus de repérer les facteurs constants, explore les éléments variables pour appréhender les différentes facettes d'une même réalité ainsi que l'hétérogénéité des perspectives, capacités et vulnérabilités. En particulier, je considère six principes clés régissant l'ensemble du processus méthodologique d'analyse :

- la triangulation et le croisement de compétences, sources et méthodes qui, en favorisant l'acquisition, l'approfondissement et la vérification des informations, réduit les risques de biais et les omissions, en particulier pour des analyses effectuées dans des délais temporels très restreints ;
- l'itérativité du processus impliquant quatre phases successives (adaptation, mise en œuvre, vérification et validation) qui, mises en place de manière continue tout au long de l'analyse, permettent d'ajuster, réorienter, affiner les objectifs, les contenus ainsi que les modalités de travail et d'interaction entre agents externes et acteurs locaux ;
- la flexibilité et l'adaptabilité, tant des thématiques abordées que des techniques employées, aux caractéristiques du contexte et aux conditions (temps, moyens financiers, personnes impliquées et compétences disponibles) de mise en œuvre de l'analyse, par l'absence d'un protocole rigide et de modèles préétablis ainsi que par l'utilisation de méthodes et outils modifiables et combinables ;
- la hiérarchisation des priorités et une « imprécision appropriée » permettant, l'une de cibler les éléments indispensables pour ensuite les détailler au fur et mesure et/ou inclure d'autres facteurs, l'autre d'équilibrer la quantité et exactitude des informations en relation aux objectifs et conditions de mise en œuvre du diagnostic ;
- la facilitation des activités et des échanges constituant la composante la plus délicate car d'elle dépendent le type, la qualité et la fiabilité des informations obtenues mais également les caractéristiques de la relation s'instaurant entre acteurs locaux et agents externes ;
- des actions et des questions clés, les premières (observer, demander, vérifier) constituant les fondements de toute investigation et les deuxièmes (quoi ? pourquoi ? comment ? par qui ? quand ?) favorisant un approfondissement de l'état des faits, mais également les raisons, mécanismes et dynamiques qui lui sont corrélés. En particulier, la combinaison de ces actions avec ces questionnements permet de déceler des solutions et pratiques constructives, ainsi que des mesures, comportements et connaissances, qui ne sauraient autrement pas perceptibles au moment de l'analyse, ou qu'ils pourraient avoir été omis par les supports employés ou par les interlocuteurs.

LE PRINCIPE DE LA « BOÎTE À OUTILS »

Considérant la variété des méthodes existantes et des possibles situations d'application, la méthodologie élaborée ne vise pas à établir un protocole et des procédés de diagnostic rigides, mais plutôt à s'appuyer sur un variété de techniques dont le choix et l'usage sont déterminés par les objectifs de l'analyse et les conditions de sa mise en œuvre.

Le concept de la « boîte à outils » indique une vaste gamme de possibilités (méthodologiques, techniques et/ou opérationnelles), mais inclut également des explications précises quant à leurs caractéristiques et modalités de mise en place. L'intention primaire n'est donc pas de fournir un modèle à appliquer de manière systématique, voire mécanique, mais plutôt d'offrir des instruments pour identifier les approches et les procédés appropriés en relation à une situation déterminée. L'ensemble des méthodes considérées constitue une « boîte à outils », dont les composants sont à combiner en relation au type d'informations recherchées ainsi qu'aux spécificités du processus d'analyse, sans impliquer nécessairement l'emploi de tous ceux disponibles ; certaines d'entre elles peuvent être sélectionnées tout en assurant la prise en compte d'un niveau général (à l'échelle du territoire) et détaillé (échelle des constructions), ainsi que la complémentarité de critères de type technique avec ceux de type culturel et social.

En opposition à des procédures linéaires et généralisées, ce concept a été largement employé en particulier dans le secteur humanitaire (D'ARCY, 1992, *op. cit.* ; WFP, 2001 ; IFRC, 2007b, *op. cit.* ; UNHCR, [s.d.] ; ECBP, 2012). Dans le cadre d'une analyse des cultures constructives en zones à risques, il résulte être particulièrement intéressant car il permet une adaptation souple des procédés et des supports aux conditions de travail, en favorisant l'identification et la prise en compte de spécificités propres au milieu considéré. Le même principe s'applique aux compétences nécessaires et/ou disponibles, limitant les inexactitudes dues à une inadéquation des instruments employés ainsi que l'obligation de faire appel à des compétences spécialisées, parfois difficilement accessibles.

5.4. ENTRE HABITAT, SAVOIRS ET RISQUES

De nombreuses procédures d'analyse du bâti en zones à risques (FEMA, 1998 ; OAS, 2001 ; UNCHS, 2001 ; PINTO, TAUCER, 2007, *op. cit.* ; DEBRAY, 2008 ; CORSELLIS, VITALE, 2010, *op. cit.*), restreignent les paramètres considérés à l'échelle de la construction, de ses caractéristiques physiques, morphologiques et esthétiques. L'environnement proche est souvent pris en compte de manière très limitée ; encore plus rares sont les approches d'investigation corrélant l'analyse d'objets construits à celle de leur milieu, entendu au sens de contexte géographique et socioculturel.

Si le bâti peut être étudié en tant que simple artefact, il représente néanmoins une des composantes les plus explicites de l'interaction qu'une communauté entretient avec son environnement : les caractéristiques d'un territoire influent sur le milieu construit d'une communauté tandis que les aspirations, besoins, expériences et savoir-faire des individus qui l'habitent façonnent les spécificités constructives et architecturales du bâti à partir des matériaux, moyens et capacités disponibles sur place. Dans les régions affectées par des aléas naturels, les facteurs influençant l'environnement de vie d'une population s'entrelacent étroitement aux stratégies de prévention, préparation et redressement qu'elle élabore en relation aux risques localement récurrents.

L'élargissement du champ d'analyse au-delà de l'échelle du bâtiment se révèle indispensable pour appréhender la nature et les spécificités des pratiques constructives existantes, la relation qu'elles entretiennent avec leur environnement ainsi que les mécanismes qui régissent la création et l'évolution de l'habitat local. La méthodologie élaborée adopte ainsi une approche concevant le bâti comme partie intégrante et résultante d'un ensemble complexe. Elle vise à saisir les caractéristiques du milieu construit en y associant les facteurs qui l'influencent et le modèlent¹²⁵.

125 "The observation of rules and building methods can only be correctly interpreted in every case, in every situation, if they are viewed as parts of a wider behaviour pattern, as the manifestations of the "attitudes" of individuals and groups, recorded

Cette analyse se réfère à quatre axes thématiques, étroitement interconnectées entre elles, qui représentant les principaux facteurs d'influence sur l'espace habité et les capacités locales de résilience ainsi que sur l'abandon et/ou l'émergence de certaines solutions et connaissances :

- le *milieu naturel*, comprenant les caractéristiques physiques, climatiques, morphologiques et géologiques du territoire analysé ;
- l'*habitat*, dans ses caractéristiques architecturales et constructives conçu en tant que réponse aux besoins, aspirations et activités de ses occupants, mais également en tant que matérialisation d'un ensemble de technologies et matériaux ;
- les *savoirs et savoir-faire*, constituant l'expérience et la connaissance développées par une population dans le façonnement de son habitat ;
- les *ressources matérielles et immatérielles*, incluant les matériaux, les moyens et les capacités disponibles pour la réalisation et l'évolution de l'environnement construit ainsi que pour la gestion et la préparation aux crises.

De ces axes trois niveaux d'analyse découlent : le *territoire*, le *bâti*, le *processus constructif*. Ce dernier se concentrant sur les modalités de production et de gestion de l'habitat, de l'échelle d'une construction particulière jusqu'à celle de l'intégralité du milieu bâti d'une communauté. À ces aspects, un quatrième s'ajoute au regard de l'interrelation entre les aléas naturels locaux et les stratégies développées par les constructeurs et les populations locales pour y faire face (Fig. 36). C'est le niveau de la *résilience*. Se distinguant des trois autres par son caractère transversal et pluridimensionnel, il touche aussi bien la dimension technique que comportementale et cognitive, l'échelle territoriale que constructive, prenant en compte tous les précédents paramètres d'un point de vue de leur relation aux risques.

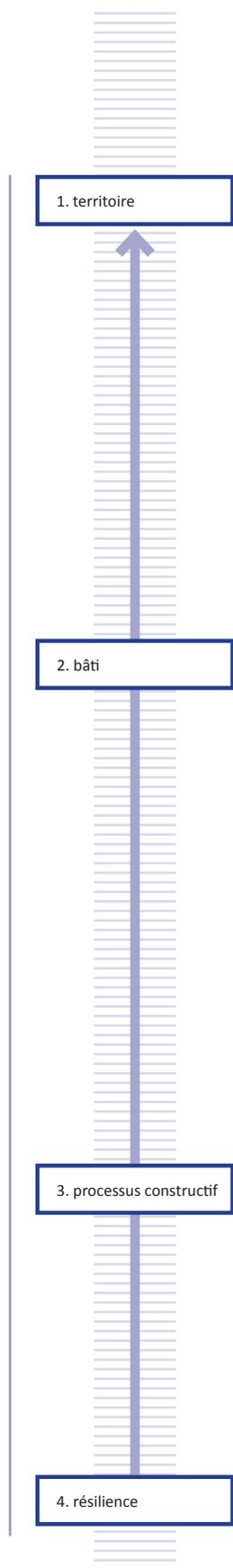
À un diagnostic de l'existant s'associe, donc, une anticipation de l'impact de futurs aléas, en identifiant les éléments techniques, logistiques et organisationnels sur lesquels appuyer des interventions post-catastrophe et de réduction préventive de la vulnérabilité. Sur la base des précédentes événements, cet élargissement du champ d'analyse inclut en particulier les ressources disponibles (matériaux réutilisables, disponibilités sur le marché local, difficulté et temps de approvisionnement) ainsi que les capacités locales, tant au niveau de la population que des organismes actifs sur le terrain, dans la gestion et la réponse à l'urgence (quantification des besoins, dimensionnement du projet, compétences existantes, synergies possibles entre organismes). Ce qui permet de prévenir des possibles facteurs de blocage, de bâtir de synergies et partenariats et d'entreprendre à l'avance des initiatives de préparation comprenant différents domaines et niveaux.

in space and time, at a certain period – in brief, what we refer to as a culture” (HELLY dans PIEROTTI, 2005, op. cit., p. 93).

AXES THÉMATIQUES



NIVEAUX



CRITÈRES

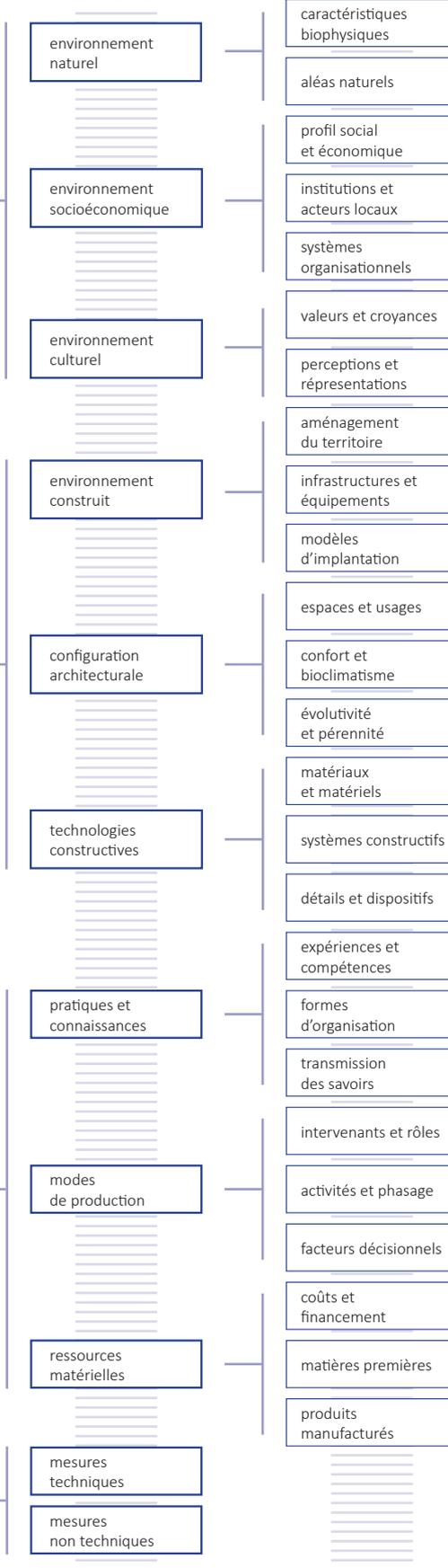


Fig.36: Éléments d'analyse

5.5. SOURCES ET RESSOURCES POUR UNE INFORMATION PARTAGÉE

Le processus de collecte et de vérification des informations se fonde sur différents types de sources, aussi bien orales qu'écrites et matérielles, pour obtenir des données tant quantitatives que qualitatives. Parmi elles, une distinction est effectuée entre les sources primaires ou directes, fournissant des données à l'état brut, nécessitant une analyse, interprétation et évaluation (documents originaux, séries de données, photographies, interviews, faits observés, etc.), et les sources secondaires ou indirectes, exprimant des informations déjà élaborées et synthétisées (publications, manuels, rapports, cartes établies par des organismes officiels, etc.). Lors d'un diagnostic, les éléments les plus détaillés et représentatifs de la situation existante dérivent principalement des observations effectuées sur place et des échanges avec les acteurs locaux. Néanmoins, les sources secondaires consentent d'établir en amont un premier aperçu du contexte, d'identifier les principaux enjeux qui le caractérisent comme de saisir des éléments à approfondir ou à valider auprès des sources primaires.

Si l'environnement naturel et bâti ainsi que la population locale peuvent être considérés comme des sources primaires indispensables, certains membres de la communauté assument un rôle particulièrement important, notamment en relation à la nature de l'information dont ils sont détenteurs. Ici de suite, je répartirai les principaux interlocuteurs considérés en relation à trois groupes principaux :

- population locale :
 - membres des communautés : hommes et femmes d'âges et milieux d'appartenance différentes
 - occupants et propriétaires des maisons
 - aînés
- professionnels de la construction :
 - artisans
 - fournisseurs de matériaux
 - entrepreneurs
- organismes :
 - autorités : locales, régionales, nationales
 - organisations et groupes actifs dans la zone à échelle communautaire, régionale, nationale, internationale

L'identification de ces acteurs a été effectuée en relation à leur implication directe dans des activités relatives à la construction et/ou dans la mise en place de mesures de réduction de la vulnérabilité. Ils se caractérisent par différents degrés d'appartenance et d'interrelation avec le milieu et possèdent des savoirs, expériences et perspectives hétérogènes, dont la prise en compte est essentielle pour assurer l'exhaustivité et la fiabilité des informations. Elles se rapportent à trois domaines distincts: le « contexte », l'« habitat » et les « aléas ».

Ci après, les informations spécifiques pouvant être apportées par les différentes sources sont synthétisées en relation à ces trois domaines (Tab. 15). Cette mise en relation a été effectuée à partir d'exemples présents dans la littérature (ABARQUEZ, MURSHED, 2004, *op. cit.* ; FONTIL, 2009, *op. cit.*) ainsi que sur la base d'expériences effectuées dans le cadre de cette recherche et de précédentes analyses.

SOURCES	DOMAINES			INFORMATIONS SPÉCIFIQUES
	contexte	habitat	aléas	
Membres de la communauté	● ● ●	● ●	● ●	<ul style="list-style-type: none"> - informations générales : démographie et groupes socioculturels ; sources de revenu ; infrastructures ; ressources ; - habitat : historique des établissements humains présents dans la zone ; évolution des zones construites et des pratiques constructives ; - aléas : zones les plus affectées ; crises et facteurs de cause ; impact sur la communauté et le territoire ; mesures prises par les différents secteurs de la communauté pour réduire leur exposition aux risques.
Occupants et propriétaires des habitations	●	● ● ●	● ●	<ul style="list-style-type: none"> - habitat : processus de construction ; facteurs déterminants le choix du site d'implantation, l'orientation, la typologie architecturale et constructive ; moyens pour réduire les coûts ; entretien ; problèmes et solutions particulières ; mode de vie ; éléments prioritaires ; - aléas : mesures adoptées avant, pendant et après l'impact ; effets sur le bâti ; connaissance du risque.
Aînées	● ●	●	● ●	<ul style="list-style-type: none"> - informations générales : historique de la communauté et des événements du passé ; - habitat : évolution des pratiques constructives et facteurs de cause ; - aléas : l'histoire des catastrophes ; événements les plus destructeurs dans la mémoire vivante, causes et effets ; évolution des phénomènes et des pratiques pour y faire face (apparition, abandon, et raisons).
Professionnels de la construction	●	● ● ●	● ● ●	<ul style="list-style-type: none"> - habitat : typologies constructives ; processus de construction ; ressources nécessaires ; problèmes récurrents et solutions mises en œuvre et envisageables ; - aléas : dommages sur le bâti et causes ; principes de renforcement, réparation, reconstruction ; dispositions spécifiques ; ressources disponibles après une catastrophe.
Représentants communautaires et des autorités	●	●	●	<ul style="list-style-type: none"> - informations générales : historique de la zone, problèmes particuliers ; - aléas : mesures pour prévenir, réduire et répondre à l'impact des aléas naturels.
Représentants d'organismes et de groupes actifs dans la zone	●	●	●	<ul style="list-style-type: none"> - informations générales : secteurs, objectifs et modalités des activités conduites ; - aléas : types d'intervention.

● indique le degré d'importance du type d'information détenu par une certaine source

Tab.15: Types d'informateurs et nature des informations

COMPÉTENCES, ATTITUDES ET DYNAMIQUES

Bien que la méthodologie élaborée ait été conçue pour des non spécialistes, l'interpellation de différentes sources et l'étude de l'environnement naturel et bâti, requièrent néanmoins des compétences particulières.

L'implication active d'acteurs et membres des communautés locales demande des capacités de facilitation pour assurer une réelle participation et animer les activités. Les méthodes considérées favorisent la consultation, souvent simultanée, de multiples interlocuteurs au cours d'une période assez limitée. En ce faisant, la dynamique d'échange qui s'instaure permet d'identifier les facteurs saillants, d'élargir les éléments considérés et, éventuellement, de recentrer les propos (BARIBEAU, 2010). Toutefois, l'interaction entre les divers acteurs, en particulier lors d'activités collectives, peut

être conditionnée par des normes et conventions sociales. De même, la qualité et l'exhaustivité des informations obtenues risquent d'être biaisées par la domination et/ou la réduite implication de certains participants et par leur influence réciproque, provoquant une conformité des réponses (Ibid. ; LECLERC, BOURASSA, PICARD, et al., 2011). Les capacités d'animation de la personne facilitant les échanges influencent donc considérablement la contribution de tous les participants, l'approfondissement des informations et leur vérification et validation par des acteurs multiples. De ce fait, le rôle de facilitateur requiert une certaine connaissance du milieu (y compris de la langue locale) ainsi que des compétences spécifiques pour la création d'un échange fondé sur la confiance et le respect mutuel. Par conséquent, ce rôle est de préférence à attribuer à un agent intermédiaire (p.e. opérateur d'organismes travaillant sur place) et/ou interne à la communauté (p.e. représentant de groupes ou d'organisations de base).

Pareillement, l'investigation des spécificités constructives d'un environnement bâti requiert des compétences techniques pour déceler les forces et faiblesses existantes, en particulier dans le cadre d'un contexte exposé à des aléas naturels majeurs. La mise en place de l'analyse implique donc la participation de techniciens (ingénieurs et architectes) disposant des connaissances nécessaires pour étudier et évaluer le cadre bâti d'un point de vue architectural et constructif.

La localisation et disponibilité de ces compétences se situent à différents niveaux, que ce soit au sein de l'organisme réalisant le diagnostic (p.e. techniciens formés aux démarches participatives et/ou opérateurs sociaux collaborant avec des techniciens), parmi les membres de la population concernée (p.e. contremaîtres, artisans) ou dans le recours à des institutions ou individus tiers (p.e. universités, centres de recherche, consultants). Toutefois, ces compétences ne sont pas nécessaires de façon continue, car les différentes phases d'analyse et les méthodes associées permettent de cibler pour chaque activité celles indispensables, en favorisant ainsi une répartition des rôles et limitant l'expertise requise. En outre, le degré de technicité des outils employés et des thématiques abordées ainsi que le niveau d'approfondissement de l'investigation s'ajustent aux compétences disponibles, par une sélection et adaptation tant des méthodes que des supports.

5.6. OUTILS POUR UNE ANALYSE PARTICIPATIVE

La méthodologie élaborée s'appuie sur le large éventail de méthodes présentes dans nombreuses approches participatives (CHAMBERS, 1992, *op. cit.* ; LY, 2001, *op. cit.* ; WFP, 2001, *op. cit.* ; IFRC, 2007a, *op. cit.* ; UNHCR, 2008, *op. cit.* ; FAO, 2011, *op. cit.* ; IFRC, 2011, *op. cit.*). Parmi celles-ci, certaines ont été identifiées comme indispensables pour obtenir un aperçu exhaustif des facteurs inhérents au domaine de l'habitat et à la vulnérabilité envers des aléas naturels. Ces procédés correspondent à deux modalités différentes et complémentaires de génération, récolte et élaboration des données (MUKHERJEE, 1993, *op. cit.* ; UNHCR, 2006, *op. cit.*) : l'une se relatant à des opérations effectuées par les agents externes, avec peu ou aucune implication des acteurs locaux ; l'autre se fondant sur une participation directe des acteurs locaux.

Les méthodes considérées s'appuient sur deux modes distincts de communication, comportant une différenciation importante des mécanismes et modalités sous-jacentes au processus communicatif (Tab. 16) : l'un se base sur un échange d'information de type verbal, tandis que l'autre emploie des moyens de visualisation et de représentation des informations utilisés directement par la population¹²⁶.

126 (note relative au tableau 17 à p. 126) Étique : point de vue propre au chercheur et à sa culture ; émique : point de vue s'appuyant sur les concepts et le système de pensée propres aux acteurs sociaux étudiés (PIKE, 1967 ; BROMBERGER, 1986).

	COMMUNICATION VERBALE	COMMUNICATION VISUELLE
interventions de l'agent externe	continues et maintenues	initiale et progressivement réduite
modalité de l'agent interne	réactive	créative
les moyens et modalités sont ceux de	l'agent externe	l'acteur local
flux d'information	séquentiel	cumulatif
les détails sont influencés par	les catégories étiques	les perceptions émiques

Tab.16: Comparaison entre modes de communication verbale et visuelle (d'après: CHAMBERS, 1992, *op. cit.*)

Chacune des méthodes s'appuie, pour sa mise en œuvre, sur des supports spécifiques assurant la récolte des informations indispensables et abordant les quatre axes thématiques selon des points de vue et des degrés d'approfondissement complémentaires. Leurs caractéristiques et modalités d'usage varient en relation à la méthode de référence, cependant trois principaux types de supports ont été considérés :

- une liste de contrôle ou guide d'entretien : comprenant une série de sujets à aborder pendant les échanges, facilitant un dialogue ouvert et fournissant les repères à partir desquels entamer et/ou orienter le débat ;
- une grille d'observation : liste permettant de cibler les facteurs à prendre en compte, et facilitant l'identification et la sélection d'éléments particuliers à approfondir ultérieurement ;
- matrices et questionnaires à réponses ouvertes et/ou semi fermées : spécifiques à des activités visant la récolte d'informations particulièrement détaillées, quantitatives et/ou comparatives ; ils permettent la collecte relativement rapide de nombreuses données et la constitution de critères communs facilitant une synthèse et confrontation des résultats obtenus.

Le principe de flexibilité à la base de cette méthodologie permet l'utilisation et/ou élaboration de supports supplémentaires, élargissant le champ d'analyse ou en détaillant des éléments particulièrement significatifs en relation aux problématiques abordées.

Les supports développés dans le cadre de cette recherche incluent des indications quant aux critères à prendre en compte et à la mise en œuvre de la méthode de référence (p.e. guide d'entretien). Les paramètres d'analyse ainsi que les modalités d'utilisation des techniques associées requièrent néanmoins des ajustements en fonction de la problématique à traiter, des moyens (économiques, temporels, humains) et des compétences disponibles ainsi que des caractéristiques de la zone considérées¹²⁷. Ces modifications peuvent se baser sur une connaissance préalable et des sources secondaires et concerner aussi bien des aspects d'ordre socioculturel (organisation sociale, ethnies particulières, modes de vie, etc.) qu'environnemental (morphologie physique, ressources, aléas et risques, etc.) ou technique (typologies d'habitat, systèmes constructifs, vulnérabilité, etc.).

En relation aux compétences et expériences des personnes en charge de l'analyse, le rôle de ces outils est double : d'une part, ils encouragent les techniciens du secteur de la construction à considérer des facteurs qui influent sur les pratiques constructives et la vulnérabilité locale (p.e. le mode de vie, les compétences et ressources disponibles) ; d'autre part, ils fournissent aux non-spécialistes des repères pour récolter des informations indispensables (p.e. les typologies architecturales et constructives existantes) au regard des spécificités de l'habitat.

¹²⁷ Une adaptation linguistique est également indispensable pour faciliter tant le travail des enquêteurs que leur interaction avec les acteurs locaux. Cette adaptation inclut une traduction des outils dans la langue locale et/ou dans une langue commune aux participants ainsi que la modification des termes employés avec l'introduction d'appellations et formulations particulières utilisées couramment dans la zone analysée.

Dans la partie suivante, les méthodes considérées dans le cadre de cette méthodologie sont présentées dans le détail. Leur définition s'est inspirée des techniques existantes dans différentes méthodologies participatives. Toutefois, à partir des principes méthodologiques de chacune, un travail de caractérisation et d'adaptation de la démarche, des objectifs, des modalités de mise en place a été effectué, en incluant également l'élaboration de supports spécifiques (cf. annexe A.2.1). Tout d'abord, une synthèse relative aux méthodes considérées permet de visualiser les principales caractéristiques en relation aux modes de communication, aux compétences nécessaires ainsi qu'aux sources d'information auxquelles elles font appel (Tab. 17). Par la suite, chaque méthode est présentée en relation à son propre cadre théorique s'accompagnant d'exemples explicitant le type d'information pouvant être obtenu en relation à des éléments dérivant des analyses effectuées au Bangladesh et en Haïti. Ces derniers ont été sélectionnés en relation à une même thématique, celle de la « résilience », ce qui permet d'explicitier la complémentarité de ces méthodes dans la compréhension et l'approfondissement des différentes facettes du même sujet.

MÉTHODES D'ANALYSE	MODE DE COMMUNICATION		COMPÉTENCES		SOURCES D'INFORMATION	DOMAINE D'APPROFONDISSEMENT		
	verbal	Visuel	facilitation	technique		contexte	habitat	risques
Cartographie	●●	●●●●	●●	●	Communauté	●●●●	●	●●●●
Observation directe		●●●●		●●	Communauté, environnement physique	●●	●●	●
Visite accompagnée	●●	●●●●	●	●●	Représentants, environnement physique	●	●●	●
Entretiens communautaires	●●●●	●	●●		Communauté	●●●●	●	●●
Entretiens individuels	●●●●		●●	●	Occupants, aînés	●	●●●●	●●●●
Entretiens avec informateurs clés	●●●●	●	●●	●●	Professionnels, représentants (communauté, autorités, ONG)	●	●●●●	●●●●
Groupe focalisé	●●●●	●●	●●●●	●●	Occupants, professionnels	●	●●●●	●●
Relevé technique	●	●		●●●●	Environnement physique	●	●●	●●

Tab.17: Caractéristiques des principales méthodes (d'après Chambers 1992, *op. cit.*; D'Arcy 1992 *op. cit.*; Pretty 2000 *op. cit.*; IFRC 2007b, *op. cit.*)

Légende : degré d'importance

- faible
- modérée
- élevée
- modérée
- élevée

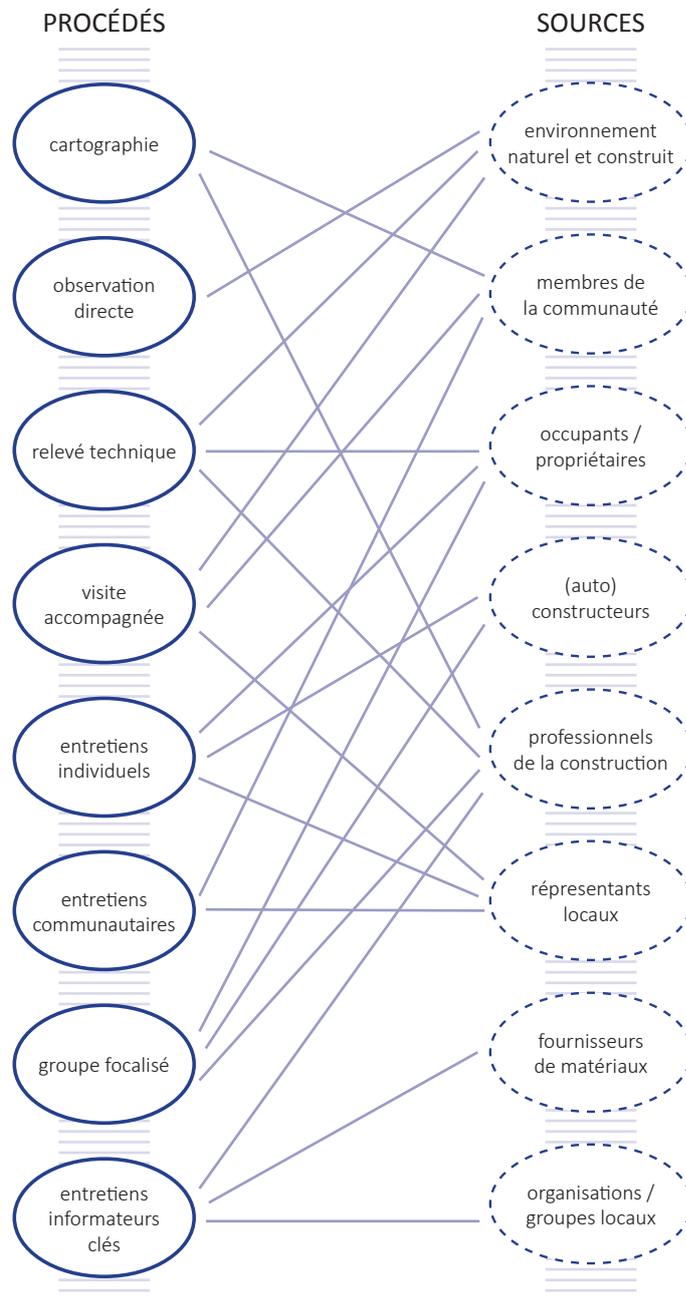


Fig.37: Procédés d'analyse et principales sources d'information

CARTOGRAPHIE

Les méthodes cartographiques se basent sur l'élaboration par un groupe de non-spécialistes de cartes à même le sol et/ou sur papier (croquis topographique), rendant visible l'association entre le territoire et une communauté sur la base d'un langage communément compris et reconnu (CHAMBERS, 2006, *op. cit.*). Elles fournissent une reproduction visuelle, sous forme de diagrammes, de la disposition géographique des éléments situés à la surface d'une région, de la perception d'une communauté de l'endroit où elle vit et de ses principales caractéristiques (MUKHERJEE, 1993, *op. cit.* ; FAO, 1997, *op. cit.*). S'appuyant sur une facilitation de la part d'agents externes et/ou internes, leur élaboration est effectuée par les membres de la communauté et conduit à la réalisation d'une ou plusieurs cartes concernant des problématiques distinctes ou, si réalisées par des groupes différents, illustrant la même thématique sous divers points de vue.

Ces cartes reflètent une vision d'un territoire qui diffère considérablement de celle de la cartographie ordinaire, en intégrant des éléments que cette dernière habituellement exclut (CHAPIN, LAMB, THRELKELD, 2005). Les informations contenues peuvent en effet être d'ordre tant quantitatif que qualitatif, cibler un sujet précis ou croiser plusieurs domaines et disciplines, illustrant aussi bien des données de type géographique que des éléments culturels et historiques.

Cette technique présente l'avantage d'être économique, indépendante de l'utilisation de technologies particulières (informatique, imagerie satellitaire, etc.) et produisant un résultat concret à disposition directe de la communauté : un outil lui permettant de communiquer les connaissances locales à des agents extérieures ainsi que d'enregistrer et archiver ces informations selon des codes de représentation et établis par les participants en accord aux systèmes de savoir local (Ibid. ; IFAD, 2009, *op. cit.*). Ces cartes constituent un support de communication accessible à un très large nombre d'utilisateurs : leur réalisation et compréhension ne requiert en effet aucune compétence spécifique (p.e. capacité de lire et écrire) (UNHCR, 2006, *op. cit.*). De plus, elles sont dynamiques car pouvant être modifiées à tout moment par les membres de la communauté et, affichées dans un lieu public, deviennent un moyen de transposition de la connaissance locale en connaissance partagée grâce à la visualisation des informations qu'elles contiennent (ABARQUEZ, MURSHED, 2004, *op. cit.* ; NOAA, 2009).

Dans le cadre d'une analyse de l'habitat en zones à risques, cette technique répond à des objectifs variés pouvant donner lieu à différents types de cartes, permettant d'obtenir une compréhension commune et une vision d'ensemble de la zone et de l'organisation de l'environnement naturel et construit :

- Carte *habitat* : caractérisant la région considérée par la définition de ses limites et des repères naturels qui la dénotent, ainsi que par la représentation et l'emplacement des voies d'accès, des habitations, infrastructures et bâtiments communautaires, ou encore de l'affectation des terres. Des codes graphiques spécifiques (p.e. des couleurs différentes) sont utilisés pour identifier, localiser et distinguer les différentes typologies de constructions ou pour définir leur état (Fig. 38). Cette distinction peut s'effectuer en relation aux matériaux utilisés (p.e. terre, pierre, brique), aux techniques de mise en œuvre, au système structurel (p.e. murs massifs en bauge ou ossature en bambou) ou encore aux typologies architecturales, en particulier quand leur différenciation s'associe à des groupes socioculturels distincts.
- Carte *ressources* caractérisant les ressources naturelles disponibles sur place, notamment celles en rapport au domaine de la construction, et indiquant le lieu de leur provenance (carrières, plantations, sources, etc.).
- Carte *risques* : spécifique à des régions exposées à des aléas naturels et favorisant l'acquisition d'importantes informations, spécialement si croisées avec la carte *habitat*. Tout d'abord, à l'échelle de la région, cela permet d'identifier les zones les plus exposées, les types de risques qui les affectent et les membres de la communauté qui sont les plus vulnérables (Fig. 41). Effectuée

sur une même carte ou dans des cartes spécifiques à chaque risque, la caractérisation des aléas (localisation, direction, etc.) se complète par la représentation des causes (p.e. rupture d'une digue) et des conséquences sur le territoire (p.e. zones inondées) et sur les constructions, définissant le degré d'endommagement (p.e. dégradation partielle, effondrement). Sur la base des expériences et événements passés, une analyse ultérieure peut être effectuée en représentant, au niveau de l'habitat, les éléments qui déterminent ou contribuent à accroître son exposition aux risques (p.e. pentes instables, site d'implantation) et ceux qui la diminuent (p.e. barrières végétales, barrages), ainsi qu'au niveau des constructions, les typologies structurelles s'étant démontrées comme les plus vulnérables.



Fig.38: Cartographie : emplacement des habitats, affectation du sol et typologies constructives : construction en terre avec toiture en tôle (brun) ou en chaume (rouge) et construction en bambou avec toiture en chaume (jaune)



Fig.39: Élaboration d'une carte de l'habitat (Inde)



Fig.40: Utilisation de la carte lors de la visite du site (Bangladesh)

Les discussions se déroulant en parallèle à l'élaboration de la carte permettent de saisir la présence de solutions de construction et d'aménagement du territoire susceptibles d'améliorer la capacité du bâti face aux risques locaux. Parallèlement, elles consentent d'approfondir les raisons sous-jacentes les choix relatifs aux technologies employées, la perception des différents membres de la communauté au regard des systèmes et matériaux de construction ainsi que les connaissances et pratiques existantes pour la gestion des risques et la réponse aux crises.

Les aléas naturels ne sont pas des phénomènes statiques, ce qui détermine une variation des risques avec le temps. Ainsi, la réalisation de plusieurs cartes relatives à des événements particuliers permet de constituer un historique des différents phénomènes, de l'évolution de leur impact et de la vulnérabilité de la communauté ainsi que d'évaluer la pertinence et le fonctionnement effectif des solutions adoptées, entre-temps, pour pallier aux problèmes constatés.

Pour faciliter la réalisation de la carte et cibler les informations recherchées, le facilitateur peut s'appuyer sur une liste synthétisant les aspects à prendre en compte. Le processus d'élaboration s'accompagne par des commentaires et des discussions entre les participants fournissant nombreux renseignements et pouvant faire ressortir des éléments supplémentaires à considérer ou approfondir. De ce fait, cette activité est une des premières à réaliser car elle fournit un support d' « orientation » pour des personnes extérieures ainsi que d'autres activités à conduire par la suite.

EXEMPLE

Contexte de référence : région de Mymensingh, Bangladesh

Différentes cartes élaborées suite à des inondations fournissent des informations particulièrement utiles pour identifier les zones les plus vulnérables comme pour comprendre la dynamique et de l'ampleur de l'impact des aléas locaux. Elles illustrent les endroits où les berges de la rivière ont cédé, en indiquant les points d'entrée et de sortie de l'eau dans la zone habitée ainsi que les dégâts subséquents. Des symboles ont été employés pour représenter les bâtiments, infrastructures (étangs, pompes d'eau potable, etc.) et autres éléments (plantation, arbres, etc.) affectés, en différenciant le niveau d'endommagement, partiel et total. Elles permettent donc de cibler les interventions de réduction de risque en relation à des zones de vulnérabilité réelle et d'établir une priorité des activités.



Fig.41: Carte des risques: zones et structures affectées, points de rupture des digues et flux de l'eau lors d'une inondation passée (Mymensingh, Dinajpur)

INDICATEURS

- Phase d'analyse : initiale
- Durée : variable (de 3-4 heures à une demi-journée) selon de l'étendue de la zone considérée
- Nombre de participants : variable (6 minimum)
- Type de participants : membres de la communauté
- Source d'information : membres de la communauté connaissant bien la zone
- Supports : liste de contrôle
- Compétences nécessaires : facilitation (1 facilitateur par groupe)

OBSERVATION DIRECTE

Consistant dans la capture intensive et systématique de phénomènes et de processus au sein de leur environnement, cette méthode permet de saisir le contexte physique, géographique et social sur la base d'un suivi attentif des faits et des pratiques des populations, sans volonté de les modifier (SCHÖNHUTH, KIEVELITZ, 1995, *op. cit.*). Elle peut correspondre à deux démarches, nullement exclusives l'une de l'autre : l'observation dirigée, basée sur un examen direct des faits par la présence sur le terrain ; l'observation participante qui consiste en une immersion dans le milieu, étudiant une communauté par l'implication directe dans ses activités (BOUCHON, 2009). Par la constatation, cette technique permet d'identifier les différences entre les affirmations et les pratiques réelles au regard de thématiques spécifiques, en mettant en relief les actions et les comportements. Toutefois, pour assurer la fiabilité et l'exactitude des informations, les résultats de l'observation directe nécessitent un croisement avec des données découlant de la mise en place d'autres méthodes et, en particulier, de celles favorisant l'expression d'une opinion et d'une explication de la part des membres de la communauté locale (MUKHERJEE, 1993, *op. cit.* ; *ibid.*). Si utilisée en parallèle à des techniques basées sur une interaction directe avec les gens (p.e. visite accompagnée, entretiens), l'observation peut générer des questions sur-le-champ suscitant des commentaires directement référés aux aspects en question (CAVESTRO, 2003, *op. cit.*). L'observation est une activité essentiellement individuelle mais qui peut être conduite simultanément par plusieurs personnes tout au long de l'analyse.

EXEMPLE

Contexte de référence : région Rivière Froide, Haïti

Des observations conduites suite au séisme de 2010 ont permis de constater le comportement et les principaux facteurs de vulnérabilité de deux systèmes constructifs caractérisant l'habitat existant. Le remplissage d'une ossature en bois avec de la maçonnerie de pierres a souvent subi un effondrement partiel ou total en raison du non respect des règles de l'art relatives à cette technique ; cependant le bon ancrage au sol de la structure a permis de préserver la toiture et éviter un effondrement complet. En revanche, avec le système utilisant comme remplissage des panneaux en lattes tressées très peu de dégâts ont été observés : seul l'enduit en terre recouvrant les panneaux a subi une fissuration et un décollement du support. Ces constats ont également été effectués par la population qui, pour la construction de structures temporaires a préféré l'utilisation de ce dernier système, plus rapide mais également plus sûr que la maçonnerie.



Fig.42: a) effondrement du remplissage en maçonnerie ; b) décollement de l'enduit et réutilisation des panneaux (gauche) (crédits: E.Cauderay)

INDICATEURS

- Phase d'analyse : tout au long
- Durée : continue
- Nombre de participants : 1 personne
- Type de participants : membres de l'équipe d'analyse
- Source d'information : environnement physique et social
- Support : grille d'observation
- Compétences nécessaires : technique

VISITE ACCOMPAGNÉE

Cette activité consiste dans la visite systématique d'une zone avec l'accompagnement de membres de la communauté qui l'habite. Elle permet d'examiner les caractéristiques physiques et sociales d'une région, les contraintes et potentialités qu'elle présente, d'établir un contact avec ses habitants et d'apprendre au regard des technologies et des pratiques locales (MUKHERJEE, 1993, *op. cit.* ; FAO, 1997, *op. cit.* ; GRENIER, 1998, *op. cit.* ; Ibid). C'est donc une technique qui facilite la collecte de nombreuses informations dans un court laps de temps, à la fois en observant l'environnement et en discutant avec les accompagnateurs, les personnes rencontrées et les membres de la communauté. Bien qu'elle ne prend en compte que la situation et les caractéristiques actuellement « observables », elle constitue un point d'entrée pour une analyse plus en profondeur (SCHOONMAKER FREUDENBERGER, 1999, *op. cit.*). Le choix des accompagnateurs influence considérablement la fiabilité des informations car selon leur compréhension, intérêt et connaissance de la zone, ils peuvent favoriser l'acquisition de données complètes et approfondies ou, au contraire, conduire à l'obtention de renseignements biaisés. La forme de synthèse la plus connue est celle d'un diagramme représentant la coupe du terrain (d'où le terme anglophone de *transect walk*) et caractérisant la zone à selon de son affectation ; néanmoins elle peut également consister en des annotations sur une carte, un rapport ou d'autres types de supports. Cette méthode est à utiliser dans la phase initiale de l'analyse comme visite de reconnaissance (BUNNING, McDONAGH, RIOUX, 2011), mais également tout au long d'un projet et, en particulier, à sa conclusion pour effectuer un évaluation et suivi des changements qui ont eu lieu.

Lors d'une analyse concernant l'habitat et son exposition aux risques naturels, la visite accompagnée est une méthode extrêmement utile pour saisir la diversité typologique du bâti existant ainsi que pour comprendre les facteurs physiques de vulnérabilité. En plus de fournir une vision d'ensemble de la zone (p.e. topographie, accessibilité), elle permet l'identification des principales caractéristiques de l'habitat (organisation de l'environnement construit, modes d'implantation, types architecturaux et constructifs, gestion et utilisation des espaces privés et communs) ainsi que d'éléments inhérents au domaine de la construction (p.e. types, localisation et distribution des ressources) et à la vulnérabilité envers les aléas (p.e. exposition au vent, proximité à des rivières ou ravines) (MONNET, LANGLOIS, 2002, *op. cit.* ; ABARQUEZ, MURSHED, 2004, *op. cit.*).

Le long du parcours, une analyse rapide des technologies constructives existantes ainsi que des courtes visites aux constructions rencontrées permettent d'identifier une éventuelle différenciation de l'habitat et des modes de construction récurrents. L'identification des typologies constructives et/ou architecturales est en effet un des objectifs clé de cette activité. La comparaison entre divers types et entre variantes du même type est le cœur de la stratégie de sélection de ceux les plus représentatifs qui, par la suite, seront étudiés de manière détaillée (p.e. avec un relevé technique ou des entretiens individuels avec les habitants). Pour faciliter ce processus, un guide d'observation fournit un appui à l'analyse et à la discussion avec les accompagnateurs et les personnes rencontrées, incluant des références des aspects à investiguer et à considérer pour la sélection d'exemples représentatifs des typologies identifiées.



Fig.43: Visite accompagnée (Bangladesh): a) visite de la zone ; b) identification des typologies constructives et sélection des habitats à analyser ; c) visite rapide et échanges avec les habitants

Dans la phase de reconnaissance initiale, des visites effectuées avec des représentants des groupes ou autorités locales disposant d'une connaissance du contexte socioculturel, permettent d'établir un premier contact avec les habitants, d'expliquer les objectifs et les modalités d'analyse et d'éventuellement s'accorder pour des rencontres ultérieures ; par la suite, d'autres observation peuvent être conduites avec l'accompagnement de personnes spécifiques qui, par leurs connaissances et expériences, peuvent contribuer à l'approfondissement de certains sujets particuliers (p.e. des artisans de la construction).

EXEMPLE

Contexte de référence : région de Mymensingh, Bangladesh

Les observations et les échanges directs avec les accompagnateurs et les habitants ont permis de identifier une solution de réparation particulière et de saisir les facteurs à son origine. Face à la recrudescence des inondations, la construction en terre massive (bauge) a été remplacée par la réalisation de structures plus légères, pour réduire une mise en danger du bâti et des ses occupants. L'utilisation de ces matériaux implique toutefois des investissements économiques que certaines franges de la population ne peuvent pas se permettre. Suite aux inondations d'août 2012, certains habitants ont utilisés des poteaux en bambou en tant que structure porteuse de la toiture en la rendant indépendante des murs en terre, susceptibles de s'effondrer lors des inondations. L'intérêt de cette solution réside dans la combinaison entre l'utilisation de matériaux très économiques et localement disponibles avec un système constructif permettant de sauvegarder les parties les plus chères de la construction (toiture), tout en assurant une protection des habitants et leur permettant de réparer rapidement leur maison, si endommagée.



Fig.44: a) construction en terre massive ; b) nouvelles pratiques constructives ; c) réparation d'une habitation en terre crue suite à une inondation

INDICATEURS

- Phase d'analyse : initiale
- Durée : variable (de 2-3 heures à une demi-journée) selon de l'étendue de la zone considérée
- Nombre de participants : entre 2 et 10 personnes
- Type de participants : membres de la communauté connaissant bien la zone
- Source d'information : accompagnateur, personnes rencontrées, environnement physique
- Support : guide d'observation
- Compétences nécessaires : facilitation + technique

ENTRETIENS SEMI-STRUCTURÉS

Basé sur l'interaction verbale, l'entretien est une méthode qui permet de saisir un phénomène ou une situation, en l'ancrant dans le point de vue et le sens attribué par les interlocuteurs (GAUTHIER, 2009). C'est une technique la plus fréquemment utilisée pour la collecte de données qualitatives et qui explore la diversité par un éventail de points de vue et d'opinions. Les entretiens semi-structurés se basent sur des entrevues qui assument la forme de conversations souples et ouvertes autour d'un thème prédéterminé (UNHCR, 2006, *op. cit.*). La spécificité des entretiens semi-structurés est en effet la construction d'un discours *in situ* à partir de questions de base qui, en exhortant l'interlocuteur à donner des exemples et des anecdotes, favorisent l'approfondissement des thématiques ciblées ainsi que l'identification de nouveaux éléments d'investigation (BOUCHON, 2009, *op. cit.*). Cette méthode permet d'établir une dynamique d'apprentissage réciproque et de co-construction de sens pouvant enclencher une réflexion et une prise de conscience de la part des interlocuteurs (GAUTHIER, 2009, *op. cit.*). Ce processus s'appuie sur des outils qui synthétisent les éléments à aborder sous forme de points ou de questions clés, dans un guide d'entretien ou un questionnaire non structuré, utilisés comme un moyen de stimuler la conversation et l'échange. Les entretiens semi-structurés sont un instrument d'investigation privilégié de faits concernant les représentations et les pratiques sociales, favorisant l'appréhension des raisons, mécanismes et perceptions à l'origine de certaines situations, comportements et usages (BLANCHET, GOTMAN, 2010).

Pendant une analyse des pratiques constructives locales, l'utilisation de ce procédé est particulièrement utile pour appréhender de manière détaillée les facteurs et les connaissances inhérentes à la construction, incluant aussi bien des composantes techniques partiellement décelables par l'observation du milieu bâti (systèmes et méthodes de construction, modes d'utilisation des matériaux, etc.), que des composants de type non-technique (savoirs, savoir-faire, facteurs décisionnels, processus de construction et d'entretien, etc.).

Cette méthode permet, en outre, d'approfondir les particularités des aléas affectant la région (types, fréquence et intensité, effet sur l'environnement et le bâti) et les stratégies d'adaptation qui ont été développées, tant au niveau du construit que des comportements individuels et collectifs, et qui peuvent exprimer une prise en compte particulière des risques. En particulier, elle favorise l'appréhension des capacités locales (p.e. modes d'organisation, mesures de préparation, réponse et redressement, recours à une assistance externe) ainsi que des dispositions existantes et possibles de réduction de la vulnérabilité et de protection des personnes, des biens et des habitats (p.e. zones de refuge, dispositifs constructifs, comportements particuliers, systèmes d'alerte).

Pour l'analyse de ces facteurs, plusieurs types d'entretiens ont été considérés, se différenciant par le nombre et le type d'interlocuteurs ainsi que par les supports employés.

ENTRETIENS COMMUNAUTAIRES

Des rencontres collectives avec les membres des communautés locales ont pour objectif de présenter le travail et les modalités d'analyse ainsi que de récolter des informations au regard de l'environnement socioculturel et naturel propre à la zone considérée. Il s'agit de renseignements concernant le profil socio-économique de la population (nombre d'habitants, activités principales, taille des ménages, organisations communautaires et systèmes d'entraide), le territoire qu'elle habite (accessibilité, infrastructures, ressources) ainsi que les caractéristiques des constructions existantes (taux d'occupation, types et dimensions, nombre et organisation des espaces, techniques et matériaux, problèmes principaux et entretien) et leur processus de construction (rôles et tâches, matériaux et artisans, solutions pour réduire les coûts, etc.).

Pareillement, des précisions au regard des aléas fournissent des renseignements détaillés au regard de l'ampleur et des conséquences de leurs impacts ainsi que des mesures adoptées collectivement pour y faire face. Et ceci en considérant également des activités conduites par des organismes ou groupes externes ; ce qui permet d'identifier les facteurs de faiblesse qui existent, même en dehors

du domaine de la construction, et de cibler les actions futures de sorte à favoriser la réponse à des besoins réels et la complémentarité avec le travail d'autres institutions.

Incluant les différents thèmes à aborder, le guide d'entretien sert aux enquêteurs comme aide-mémoire pour animer la séance et pour lancer le débat autour de sujets particuliers à développer ensuite librement en accord aux réponses et aux éléments soulevés par les participants au rencontre.

EXEMPLE

Contexte de référence : région de Dinajpur, Bangladesh

Les premiers rencontres avec la population du village de Gidari ont fait ressortir l'existence de deux situations divergentes, influençant considérablement la vulnérabilité et le mode de vie d'une partie de la population, comme la conception de leurs habitations.

Certains groupes sont installés de manière permanente dans des zones protégées par des digues et affectées par des inondations de manière occasionnelle ; en revanche d'autres, ayant perdu leurs terres, ont été contraints de s'installer temporairement sur les digues proches de la rivière. Pour réduire les dégâts et les pertes lors des fréquentes inondations, les habitations de ces derniers intègrent des dispositifs constructifs qui permettent un démontage et un déplacement rapides de la construction. Cette différence se révèle particulièrement importante à saisir pour pouvoir élaborer des propositions techniques viables et particulières à chacun de ces deux cas.



Fig.45: a) habitations en zone protégée; b) habitations sur la digue ; c) ancrage de la structure de toiture avec un assemblage permettant un démontage rapide (p.e. avec un coup de marteau)

INDICATEURS

- Phase d'analyse : initiale
- Durée : 2h30
- Nombre de participants : entre 20 et 30 personnes
- Type de participants : membres de la communauté locales
- Source d'information : représentants et membres de la communauté
- Support : guide d'entretien et/ou grille de contrôle
- Compétences nécessaires : animation + technique



Fig.46: Entretiens communautaires (Haïti) : a) réunion préliminaire avec les représentants des la communauté locale ; b) rencontre avec l'ensemble de la communauté (crédits: O. Moles)

ENTRETIENS INDIVIDUELS

Les entretiens individuels ont pour objectif d'approfondir la compréhension des facteurs liés à l'habitat et aux risques par l'investigation des pratiques, connaissances et perceptions élaborées au niveau individuel, par différentes catégories de personnes (d'âge, sexe et milieu social différents) et exprimées dans les manières de construire et concevoir le milieu bâti et les aléas affectant la zone. Ces entretiens concernent les propriétaires et les habitants des bâtiments existants pour préciser les facteurs influençant leur construction (critères décisionnels du site d'emplacement, du système constructif, des matériaux employés, etc.), leurs espaces (modes d'utilisation, évolutivité, confort), leur réalisation (compétences et ressources nécessaires, durée), ainsi que leur durabilité et entretien (problèmes récurrents, causes, solutions adoptées, fréquence et compétences nécessaires). Ces échanges permettent, en outre, de comprendre les modalités précises dont les aléas affectent le bâti et son environnement proche ainsi que d'identifier les facteurs critiques ou de force relatifs à des typologies, matériaux ou systèmes constructifs particuliers.

Le support corrélié à cette méthode assume différentes formes, selon les compétences de l'enquêteur et les objectifs de l'analyse. Il peut être constitué d'un questionnaire à réponse fermée, favorisant la collecte de données comparables et facilitant la prise en compte d'éléments particuliers, spécialement quand ceux-ci sortent du domaine de compétences de la personne réalisant l'entretien. Ou il peut se limiter à une liste de contrôle permettant de cibler les différentes questions à investiguer et des précisions à effectuer lors de la discussion avec les habitants. Ce type de support est particulièrement approprié quand l'enquêteur possède de bonnes compétences au regard des thématiques traitées et de la facilitation du dialogue, car il présente l'avantage de favoriser une discussion souple et ouverte permettant d'introduire des aspects supplémentaires découlant de l'échange avec l'interviewé. Bien que les entretiens individuels s'adressent principalement aux occupants des constructions existantes, ils peuvent être effectués de manière moins systématique avec des personnes rencontrées occasionnellement lors des visites accompagnées.

EXEMPLE

Contexte de référence : région de Khulna, Bangladesh

Les questionnements des habitants au regard de solutions adoptées pour réduire la vulnérabilité de leur propre habitation envers les cyclones ont permis de découvrir des dispositions temporaires qui, étant mises en place juste avant l'impact de ces phénomènes, n'auraient pas pu être identifiées autrement. Pour améliorer la résistance de la toiture envers les vents violents, la charpente est ancrée avec des cordes aux arbres avoisinants et les couvertures en tuiles et en chaume sont recouvertes avec des filets de pêche ou des grilles en bambou, pour en empêcher l'envol.



Fig.47: a) haubanage de la toiture ; b) stabilisation d'une toiture en chaume



Fig.48: Entretiens individuels (Bangladesh) : a) avec les habitants ; b) avec les anciens ; c) avec des personnes rencontrées pendant la visite accompagnée

EXEMPLE

Contexte de référence : région de Cap Rouge, Haïti

Lors des entretiens avec les habitants, ces derniers ont affirmé pouvoir anticiper l'imminence d'un cyclone à partir de l'observation des changements dans l'environnement naturel. En particulier, lors qu'un certain type d'arbre retourne ses feuilles ils savent qu'une tempête est imminente. Ils procèdent alors à prévenir l'ensemble de la communauté, à mettre en sécurité les biens et à faire réserve de nourriture pour être prêts à son impact. Cette connaissance est toutefois détenue principalement par les anciens qui, à une époque où les moyens de communication étaient moins répandus qu'aujourd'hui, ont appris par une lecture fine du milieu de vie à identifier les signaux d'alerte envers les dangers qu'il présente.

INDICATEURS

- Phase d'analyse : intermédiaire
- Durée : entre 30 min et 1h
- Nombre de participants : 1 à 2 personnes
- Type de participants : membres de la communauté locale
- Source d'information : propriétaires, habitants, constructeurs et représentants de la communauté
- Support : questionnaire et/ou liste de contrôle
- Compétences nécessaires : facilitation + technique

ENTRETIENS AVEC DES INFORMATEURS CLÉS

Certains individus sont considérés comme des « informateurs clés » en raison de leurs compétences, expériences ou connaissances particulières relatives aux problématiques abordées. Ces personnes peuvent être représentatives de catégories sociales et/ou professionnelles spécifiques et sont détentrices d'informations permettant d'éclairer ou approfondir des questions précises (SCHÖNHUTH, KIEVELITZ, 1995, *op. cit.*). Dans un diagnostic concernant le bâti, les interlocuteurs privilégiés de ces rencontres sont les professionnels de la construction (artisans, maçons, charpentiers, couvreurs, etc.) couramment impliqués dans la réalisation de l'habitat et connaissant les différentes options constructives existantes et mises en œuvre par la population locale.

Ces entretiens se déroulent de manière individuelle, ou en petit groupe, et ont pour objectif de récolter des informations détaillées qui pourraient ne pas être connues par la communauté au sens large. La présence d'artisans appartenant à différents corps de métier permet de bénéficier simultanément de l'expertise de chacun d'entre eux ainsi que de comprendre les étapes et les modalités de déroulement et d'organisation d'un chantier.

Les rencontres avec les professionnels locaux s'appuient sur une ou plusieurs matrices pour recenser les matériaux utilisés en les croisant, par parties de la construction, avec les quantités, le temps et la main d'œuvre nécessaires à la réalisation d'une maison, dont le type a été préalablement défini en relation aux principales typologies existantes localement. L'estimation du coût d'un bâtiment et de ses différentes parties fournit un ordre de grandeur au regard du prix total (parfois difficile à obtenir des habitants mêmes) et, donc, des investissements que la population est disposée et/ou est en mesure d'effectuer. À ce propos, des personnes ayant récemment réalisé leur habitation peuvent également être impliquées pour vérifier les quantitatifs et les prix les plus récents.

Les informateurs clés peuvent également inclure des représentants d'autorités ou de collectivités disposant d'informations relatives aux aspects administratifs et politiques ainsi qu'à des

problématiques spécifiques à certains groupes ou secteurs de la population. De même, les fournisseurs de matériaux ou d'autres services (OG et ONG) ont également une influence sur les conditions et les pratiques locales. En conséquence, des entretiens spécifiques avec ces autres acteurs contribuent à obtenir une vision la plus complète possible des différents facteurs, enjeux et potentiels existants.

Des supports supplémentaires peuvent être employés. À titre d'exemple, des fiches spécifiques relatives aux fournisseurs de matériaux, aux caractéristiques des matières disponibles localement ou, encore, au profil et compétences d'acteurs (ONG et OG, groupes communautaires et associations de base) actifs sur place peuvent être élaborées pour compléter les données concernant les ressources existantes.

EXEMPLE

Contexte de référence : région de Cap Rouge, Haïti

Le rencontre avec des représentant de l'organisation de base Vedek a permis d'apprendre l'existence d'un comité « risque de désastre » qui, depuis 2009, est actif dans la préparation et gestion des crises au niveau local. Ce groupe effectue des activités de sensibilisation de la population à la préparation et réduction de la vulnérabilité et, lors d'une crise, il est en charge de la gestion de l'alerte et de l'évaluation des dégâts et des relations avec les autorités pour l'apport de l'aide nécessaire. L'identification d'un tel acteur, ancré solidement dans la communauté locale, constitue un facteur essentiel à prendre en compte dans des activités visant à un renforcement des capacités locales, outre à représenter une ressource précieuse dans la relation avec la population locale.



Fig.49: Sensibilisation de la communauté et dialogue auprès des habitants

INDICATEURS

- Phase d'analyse : conclusive
- Durée : entre 1h et 2h
- Nombre de participants : de 1 jusqu'à 3-4 personnes
- Type de participants : personnes ayant des connaissances particulières au regard de la thématique traitée
- Source d'information : professionnels de la construction et autres informateurs clé
- Support : matrice + fiches spécifiques
- Compétences nécessaires : facilitation + technique



Fig.50: Entretiens avec informateurs clés (Bangladesh) : a) questions au regard des matériaux de construction lors d'un rencontre pendant une visite accompagnée ; b) discussions avec un groupe d'artisans à propos des coûts et des étapes de construction

GRUPE FOCALISÉ

Le groupe focalisé (en anglais *focus group*)¹²⁸ est une méthode basée sur des conversations centrées autour de thématiques précises, effectuées par un ou plusieurs groupes homogènes (TOURÉ, 2010 ; LECLERC, BOURASSA, PICARD, et al., 2011, *op. cit.*). Cette technique fait appel à un nombre restreint de personnes, sélectionnées en raison de leurs connaissances au regard du sujet traité (SCHÖNHUTH, KIEVELITZ, 1995, *op. cit.* ; RIETBERGEN-MCCRACKEN, NARAYAN-PARKER, 1998, , *op. cit.*). Ces rencontres se caractérisent par le développement d'une conversation orientée (NEOGI, 2001), encourageant les participants à puiser dans leurs propres expériences et connaissances, favorisant ainsi la production d'informations mais également de significations communes (DAVILA, DOMINGUEZ, 2010). Par l'expression des multiples savoirs, perceptions et explications, l'échange qui se met en place consent d'obtenir un éventail de perspectives et points de vue de personnes ayant des expériences semblables ; ce qui se révèle particulièrement utile pour la compréhension des pratiques locales, notamment en vue de la mise en place d'un programme visant à susciter un changement de comportement à partir des connaissances et attitudes déjà existantes (BOUCHON, 2009, *op. cit.*).

Dans l'analyse du domaine de l'habitat en zones à risque, cette méthode a comme objectif principal la récolte de renseignements précis sur le secteur de la construction ainsi que sur les compétences et ressources disponibles. De ce fait, la discussion regroupe différentes personnes qui, par leur intérêt ou profession, sont porteuses d'informations spécifiques en relation à ces sujets et qui de manière continue et/ou ponctuelle sont directement impliquées dans la réalisation et l'entretien des habitations. Cela comprend aussi bien des artisans, des constructeurs et autoconstructeurs que des personnes en charge de tâches particulières et des habitants, d'âges, sexes et milieux différents. Les thématiques traitées concernent trois niveaux : les caractéristiques des bâtiments existants, les ressources disponibles et les aléas naturels.

Au cours de la discussion, les différentes typologies constructives présentes localement sont détaillées en prenant en compte leurs caractéristiques spécifiques, les modalités de leur réalisation et entretien ainsi que les facteurs à l'origine de l'apparition ou abandon de certaines pratiques constructives et, donc, de leur évolution.

Par rapport aux ressources locales, les éléments à approfondir concernent aussi bien les matériaux employés ou disponibles que les compétences et savoir-faire existants.

En relation aux aléas, la discussion vise à comprendre les manières dont ils affectent le bâti et les dispositions prises localement pour réparer les constructions (parties intéressées, type de travaux et d'investissement économique nécessaire, fréquence, compétences nécessaires) et améliorer leur comportement (renforcements, détails et dispositions constructives spécifiques, mesures permanentes et temporaires, solutions mises en œuvre et envisageables).

Ces échanges s'appuient sur un guide d'entretien, composé d'une liste de sujets à aborder et/ou de questions ouvertes, favorisant la génération d'une discussion spontanée parmi les membres du groupe et d'orienter les débats sur la base d'un processus de questionnement séquentiel non rigide (NEOGI, 2001, *op. cit.*).



Fig.51: Groupes focalisés : a) rencontre avec des artisans, des propriétaires, des autoconstructeurs et des femmes responsables de l'entretien des habitats (Bangladesh) ; b) les constructions existantes sont supports de la discussion avec des artisans et des propriétaires, c) explication des problèmes de construction devant une habitation en chantier (Haïti)

128 À selon du domaine d'application, de la langue et de l'époque historique, cette technique a été associée à des appellations multiples (TOURÉ, 2010, *op. cit.* ; LECLERC, BOURASSA, PICARD, et al., 2011, *op. cit.*) : *focused interviews*, entretiens de groupe, entretiens collectifs, groupes centrés sur la discussion, entretien focalisé, etc.

EXEMPLE

Contexte de référence : région de Sylhet, Bangladesh

Les discussions réunissant les artisans locaux ainsi que quelques habitants de la zone ont permis de comprendre les raisons d'une différence des typologies constructives existantes et, en particulier, leur adaptation en relation à l'exposition au risque. Historiquement, les habitations étaient réalisées entièrement en bauge. Suite à une augmentation des inondations, les structures en terre ont été substituées par une ossature en bambou et un remplissage léger, pour éviter l'effondrement et la mise en danger des occupants. Ce type de construction s'avère être toutefois moins durable et moins agréable à vivre. Ainsi, dans les zones moins fréquemment affectées une nouvelle solution constructive hybride a été adoptée : une ossature en bambou pour préserver la toiture et des murs en terre avec une hauteur limitée pour améliorer le confort intérieur tout en réduisant les risques de blessure grave en cas d'effondrement. Dans les zones non affectées, la construction en bauge continue à être utilisée.

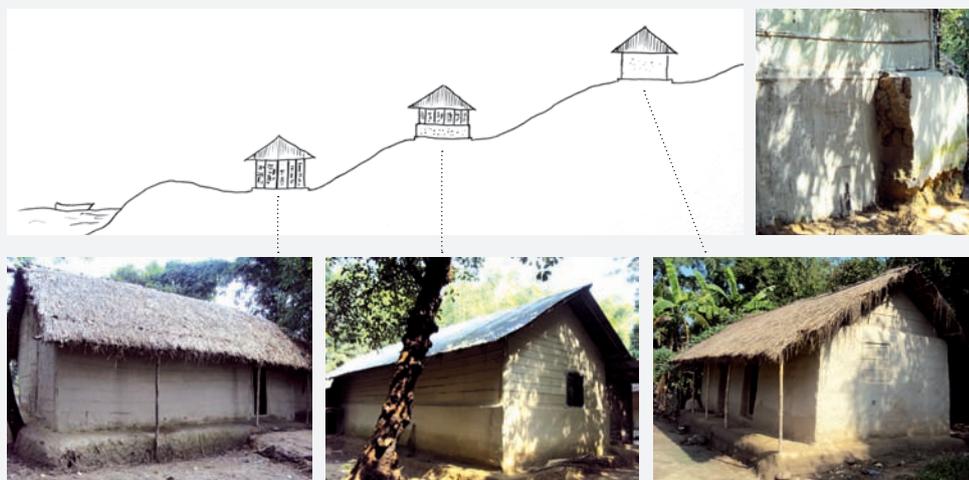


Fig.52: a) croquis : typologies constructives selon site d'implantation ; b) demi mur endommagé par une inondation temporairement remplacé par un panneau avec enduit ; c) structure légère en zone très exposée ; d) demi mur en terre et structure indépendant soutenant la toiture en zone moyennement exposée ; e) construction en terre massive en zone faiblement exposée

INDICATEURS

- Phase d'analyse : intermédiaire et conclusive
- Durée : maximum 2h
- Nombre de participants : entre 6 et 12 personnes
- Type de participants : groupes et individus impliqués dans des activités du secteur de la construction
- Source d'information : artisans, autoconstructeurs, habitants
- Support : guide d'entretien et/ou liste de contrôle
- Compétences nécessaires : animation + technique

RELEVÉ TECHNIQUE

Dans l'analyse d'un milieu construit, l'étude détaillée de certaines constructions répond à des objectifs multiples, prenant en compte aussi bien les aspects architecturaux que constructifs, pour une analyse qui va de l'échelle du site à celle du détail.

Tout d'abord, cela permet de comprendre les types, l'utilisation et les caractéristiques des espaces qui composent l'habitat local, à l'échelle de l'habitation comme de son environnement proche. Ensuite, elle investigate les caractéristiques techniques, déterminant les pratiques corrélées à chaque typologie constructive, évaluant sa vulnérabilité envers les aléas locaux par l'identification des éléments critiques, des rythmes et facteurs de dégradation, de la résistance et durabilité des matériaux et des systèmes employés (BENSON, TWIGG, 2007, *op. cit.* ; RAWAL, PRAJAPATI, 2007, *op. cit.*). Des informations à caractère plus général sont également recherchées, au regard de la qualité des matériaux et de la main d'œuvre, de l'état et historique des constructions.

Ce procédé se base sur l'utilisation de fiches qui établissent des critères communs à l'analyse des différentes constructions détaillant, avec des croquis et des annotations, les techniques, les matériaux et les pathologies pour chaque partie de la construction ainsi qu'un dimensionnement de l'ensemble du bâtiment et de ses éléments structurels. Ces paramètres comprennent également des aspects spécifiques à la manière dont les aléas affectent le bâtiment et ses environs qui permettent de déterminer, pour chaque typologie constructive, les facteurs d'affaiblissement ou d'amélioration du comportement structurel et de la durabilité ainsi que des dispositions particulières dont la raison peut être directement liée à des facteurs culturels ou de protection envers les phénomènes naturels ou d'autres agents externes.

Le degré de technicité et d'approfondissement de ce type d'analyse s'accorde aux compétences des enquêteurs et aux objectifs du travail. Les supports élaborés assurent un niveau minimum de qualité des informations recueillies, permettant à des opérateurs ne disposant pas des qualifications spécifiques à la construction (p.e. provenant du domaine de sciences sociales ou agraires) d'identifier les éléments essentiels de l'habitat existant (typologies architecturales, dimensions des espaces, matériaux employés, etc.). Par contre, si des compétences plus avancées sont disponibles, l'investigation peut détailler des éléments spécifiques en développant des outils supplémentaires ou en adaptant et/ou utilisant des supports corrélés à des procédures existantes (p.e. évaluation de la vulnérabilité sismique). Cette méthode peut s'accompagner d'entretiens individuels avec les habitants ou des artisans, permettant d'investiguer encore plus en profondeur les spécificités des constructions analysées.

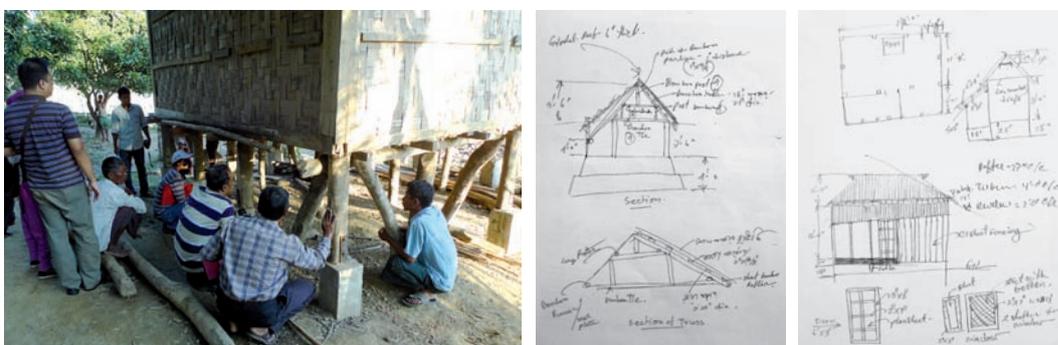


Fig.53: Relevé technique (Bangladesh) : a) compréhension de la structure ;
b et c) mensuration et caractérisation des différentes parties de la construction

EXEMPLE

Contexte de référence : zone de Grande Rivière, Haïti

L'analyse des habitations dans la zone de Grande Rivière a permis de constater comme certains éléments architecturaux ne répondent pas uniquement à des nécessités fonctionnelles ou esthétiques, mais constituent également des dispositifs réduisant la vulnérabilité envers les aléas affectant la région (cyclones et séismes) : des frises décoratives ornant les pignons brisent le flux du vent minimisant les dépressions susceptibles de décoller la couverture ; un grenier fermé apporte une plus grande résistance à la toiture, en réduisant les risques d'arrachement ; la clôture de la galerie avec des planches positionnées en croix solidarise la structure qui, même en cas d'écroulement du soubassement en maçonnerie, maintient une certaine cohérence et évite l'effondrement.



Fig.54: a) clôture de la galerie agissant comme contreventement ; b) frise décorative brise-vent (pour la toiture et la galerie) et grenier fermé avec toiture à deux pentes

INDICATEURS

- Phase d'analyse : intermédiaire
- Durée : de 30min à 1h par construction
- Nombre de participants : entre 1 et 2 personnes
- Type de participants : membres de l'équipe d'analyse
- Source d'information : constructions et leur environnement proche, habitants et/ou propriétaires
- Support : fiche technique
- Compétences nécessaires : technique



Fig.55: Analyse de l'habitat individuel (Haïti): a) dessins techniques ; b) relevé des éléments particuliers ; c) entretien avec les habitants

MÉTHODES COMPLÉMENTAIRES

Les méthodes présentées dans la partie précédente constituent les principaux outils permettant d'obtenir une vision approfondie d'un contexte, en relation au domaine de l'habitat et aux aléas naturels locaux. Toutefois, l'utilisation d'autres méthodes basées sur des principes participatifs permet de détailler davantage certains aspects, selon le temps et les ressources disponibles, engageant parfois déjà depuis la phase de diagnostic un processus de sensibilisation et de prise de conscience à l'égard de problématiques particulières (D'ARCY, 1992, *op. cit.*).

Considérées ici comme complémentaires à celles précédemment illustrées, ces méthodes se distinguent essentiellement en relation au mode de communication auquel elles font appel ainsi qu'au type de procédé mis en œuvre (Tab. 18). D'une part, celles basées sur une communication de type verbal intègrent des composants de la culture locale (histoires, comptes et légendes, proverbes et poèmes, etc.) pouvant offrir des indications tant sur des épisodes passés que sur des savoirs liés à des stratégies de préparation et réaction aux risques (DEKENS, 2007, *op. cit.* ; YULIANTO, 2009). D'autre part, celles basées sur la visualisation des informations par l'utilisation de diagrammes ou matrices permettent d'investiguer les événements significatifs s'étant produits ou se produisant dans la communauté ainsi que les changements survenus au fil du temps. Ces méthodes visent en particulier à caractériser la nature, la fréquence et l'évolution de ces épisodes, les conséquences sur l'habitat et l'environnement ainsi que les liens de causalité avec les comportements adoptés par la population et les capacités dont elle dispose (VROLIJKS, 1998 ; BENSON, TWIGG, 2007, *op. cit.* ; IFRC, 2007b, *op. cit.*).

Certains outils permettent en outre de croiser l'échelle temporelle et/ou spatiale avec des tendances, activités et disponibilités des ressources (ligne du temps, calendrier saisonnier, profil d'activités quotidiennes, carte de mobilité), de décrire des priorités et des préférences (classement par préférence, par paires, par matrice), d'exprimer des liens de relation, des contraintes et des possibles solutions (arborescence de problèmes, diagramme de Venn) ou encore d'évaluer les capacités individuelles et collectives ainsi que d'identifier les aspects de l'habitat qui, selon la population, déterminent sa vulnérabilité (MUKHERJEE, 1993, *op. cit.* ; FAO, 1997, *op. cit.* ; ABARQUEZ, MURSHED, 2004, *op. cit.* ; UNHCR, 2006, *op. cit.* ; IFRC, 2011, *op. cit.*).

MÉTHODES		MODE DE COMMUNICATION		COMPÉTENCES	
		verbal	visuel	facilitation	technique
principales	Cartographie	●●	●●●●	●●	●
	Observation directe		●●●●		●●
	Visite accompagnée	●●	●●●●	●	●●
	Entretiens communautaires	●●●●	●	●●	
	Entretiens individuels	●●●●		●●	●
	Entretiens avec informateurs clés	●●●●	●	●●	●●
	Groupe focalisé	●●●●	●●	●●●●	●●
	Relevé technique	●	●		●●●●
complémentaires	Ligne du temps, calendrier saisonnier, profils d'activité	●●	●●●●	●●	
	Classements et notations	●	●●●●	●●	●
	Diagrammes (Venn, réseaux, systèmes, etc.)	●	●●●●	●●●●	●
	Arborescence des problèmes	●	●●●●	●●●●	●●
	Matrices	●●	●	●●●●	●
	Cartes à classer et pictogrammes	●	●●●●	●●	●
	Supports traditionnels (comptes, légendes, etc.)	●●●●	●●●●		

Degré de relevance : ● faible ●● modéré ●●● élevé

Tab.18: Synthèse des principales méthodes d'analyse participative (d'après : Chambers 1992, *op. cit.* ; D'Arcy 1992, *op. cit.* ; Pretty 2000, *op. cit.* ; IFRC 2007b, *op. cit.*)

5.7. ÉTAPES DE MISE EN ŒUVRE

L'approche sous-jacente à cette méthodologie d'analyse se fonde sur une combinaison de différents procédés ainsi que sur la participation et l'implication d'acteurs locaux (groupes et membres des communautés, organisations locales, etc.) tout au long du processus d'analyse. Bien que le type de techniques et d'outils utilisables puisse varier, l'efficacité du processus et la fiabilité des informations récoltées sont directement influencées par la combinaison des méthodes et les modalités de leur mise en œuvre. Par conséquent, le séquençage structurant l'ensemble du processus joue un rôle considérable car, selon la succession et les associations établies entre les différents procédés, il peut conduire à une augmentation du pouvoir analytique et des dynamiques à la base de l'approche méthodologique adoptée (SCHÖNHUTH, KIEVELITZ, 1995, *op. cit.*).

Les étapes indispensables intègrent les méthodes présentées dans les chapitres précédents ainsi que des activités antérieures et postérieures au travail sur le terrain. Ce dernier détermine incontestablement le type et la qualité des informations récoltées ; toutefois la phase préalable de définition des modalités et des outils de travail et celle conclusive de réélaboration, vérification, validation des éléments obtenus, exercent une influence non négligeable tant sur le processus de diagnostic que sur son produit.

La mise en place de cette méthodologie se structure en plusieurs phases intercalant différentes procédés qui permettent l'acquisition et la vérification des informations grâce au croisement des données provenant de sources multiples. Les critères pris en compte pour la récolte et la réélaboration des informations déterminent le contenu du résultat final et, donc, les décisions et les actions qui en découlent. Certaines des activités à effectuer sur le terrain (p.e. sélection des habitations à analyser en détail, échantillonnage des interlocuteurs), ou par la suite (p.e. vérification des informations, préparation du rapport) s'appuient par conséquent sur des supports spécifiques fournissant des lignes guides pour la prise en compte et la synthèse des éléments essentiels (cf. annexe A.2.1).

Dans la phase conclusive, une restitution et validation des informations par une confrontation des points de vue entre acteurs locaux et agents externes s'avèrent indispensable pour assurer l'exactitude des données et de la compréhension de la situation existante. Cette activité se déroule selon différentes modalités (p.e. par des rencontres communautaires, des entretiens individuels, etc.) utilisant des supports facilitant la communication et la discussion avec un public hétérogène et/ou s'adressant à des interlocuteurs particuliers (p.e. autorités, artisans, habitants, etc.).

Au terme du processus d'analyse, la synthèse de l'ensemble des informations s'accompagne de la définition de recommandations et/ou de pistes d'action constituant une base de données spécifiques à la zone considérée à partir de laquelle il est possible d'identifier les éventuelles activités à entreprendre.

Le principe de mise en œuvre présenté ci-après (Tab. 19) se réfère au cas d'une analyse effectuée sur un laps de temps relativement court (minimum 3-4 jours sur le terrain) par une équipe restreinte (1-2 personnes), dans un site peu ou pas connu. Cette séquence ou certaines des activités présentées peuvent également être mises en place sur une période plus longue ainsi que par des agents qui connaissent la zone (p.e. opérateurs et techniciens d'organismes travaillant sur place) et/ou qui en proviennent (p.e. organisation de base, groupes communautaires).

Les différentes étapes sont présentées sur une base chronologique, toutefois, certaines d'entre elles peuvent s'inverser ou se dérouler de façon simultanée. Le degré d'implication de la population locale peut également varier, toutefois un niveau minimal est indispensable, pour limiter les mésinterprétations ou la négligence de certains facteurs et pour assurer une coopération étroite entre acteurs locaux et agents externes. Les mêmes principes méthodologiques peuvent cependant s'appliquer dans le cas d'une participation s'étendant à toutes les phases du processus.

Pour participation on entend ici une contribution active des différentes catégories d'acteurs locaux, considérés non seulement en tant que détenteurs d'informations, mais en tant que fins connaisseurs de la réalité locale dont le point de vue et le savoir sont indispensables pour enrichir, compléter et valider la compréhension des multiples facteurs et enjeux caractérisant le contexte. Les modes considérés peuvent donc aller de la « consultation » jusqu'à la « prise en main » du processus par les acteurs locaux.

phase de préparation	
1_	consultation des sources documentaires existantes
2_	établissement du contact avec un ou plusieurs personnes locales (membre des autorités, groupes locaux, etc.)
3_	visite préalable de la zone sélectionnée avec l'accompagnement de la personne de contact
4_	définition des modalités de travail (méthodes et outils, définition des rôles) et préparation des supports (modification de ceux existants, création de nouveaux, test sur le terrain et finalisation)
phase d'analyse	
observation	5_ ● entretien communautaire
	6_ prise de contact avec les représentants des autorités et des communautés locales et échange avec d'autres organismes travaillant dans la zone
	7_ ● cartographie de la zone (environnement naturel, typologies constructives, ressources, zones à risque)
	8_ ● visite accompagnée : identification des typologies constructives et sélection des constructions à analyser en profondeur
	9_ ● analyse des maisons : entretiens individuels avec les habitants et/ou propriétaires et relevé technique
	10_ ● entretiens avec des informateurs clés
	11_ ● groupe focalisé avec les personnes impliquées dans la construction
phase de réélaboration	
12_	analyse et synthèse des informations (rapport préliminaire)
13_ ●	restitution et discussion des résultats avec la communauté
14_	finalisation du rapport, recommandations et définition de la stratégie principale
● activités représentant le niveau minimal d'implication des acteurs locaux	

Tab.19: Étapes de mise en œuvre du processus d'analyse

5.8. NIVEAUX D'ANALYSE

En relation aux possibilités offertes par les différentes techniques ainsi qu'aux compétences requises pour leur mise en œuvre, des multiples niveaux d'approfondissement d'analyse sont identifiables et adoptables, selon des conditions et objectifs de mise en œuvre de ce processus. En particulier, je considère ici trois niveaux distincts (Tab.20) :

- une « analyse simplifiée », pouvant être déterminée par des délais temporels très serrés et/ou par des compétences limitées (tant en nombre qu'en qualification), permet de reconnaître les principales problématiques, les éléments nécessitant une investigation ultérieure ainsi que d'établir la nécessité effective d'envisager une intervention ;
- une « analyse complète », comprenant l'ensemble des principales méthodes considérées pour identifier et caractériser les différents aspects concernant la situation existante, fournissant une vision exhaustive à partir de laquelle des réflexions concernant d'éventuelles initiatives à entreprendre peuvent être entamées ;
- une « analyse approfondie » s'étalant sur une longue période de temps et pouvant s'associer à des domaines autres que celui de la construction.

Ces différents degrés peuvent également se référer à une succession temporelle d'étapes de travail qui, au fur et à mesure, vont examiner de plus en plus en profondeur certains facteurs découlant des précédentes phases d'analyse. Cette approche se révèle pertinente en particulier selon les conditions et contextes de mise en œuvre du diagnostic : dans la phase immédiatement suivante une catastrophe une « analyse simplifiée » permet d'effectuer une évaluation rapide des besoins et de l'état des constructions ; par la suite, des investigations plus approfondies peuvent être conduites pour identifier les activités de réhabilitation à entreprendre.

MÉTHODES	ANALYSE		
	SIMPLIFIÉE	COMPLÈTE	APPROFONDIE
Cartographie		●	●
Observation directe	●	●	●
Visite accompagnée	●	●	●
Entretiens communautaires	●	●	●
Entretiens individuels	●	●	●
Entretiens avec informateurs clés		●	●
Groupe focalisé		●	●
Relevé technique		●	●
Ligne du temps, calendrier saisonnier			●
Classements et notations			●
Diagrammes			●
Arborescence des problèmes			●
Matrices			●
Cartes à classer et pictogrammes			●
Supports traditionnels			●
Compétences techniques	●	●●	●●●
Compétences de facilitation	●	●●	●●●

Tab.20: Niveaux d'approfondissement du processus d'analyse et techniques associées

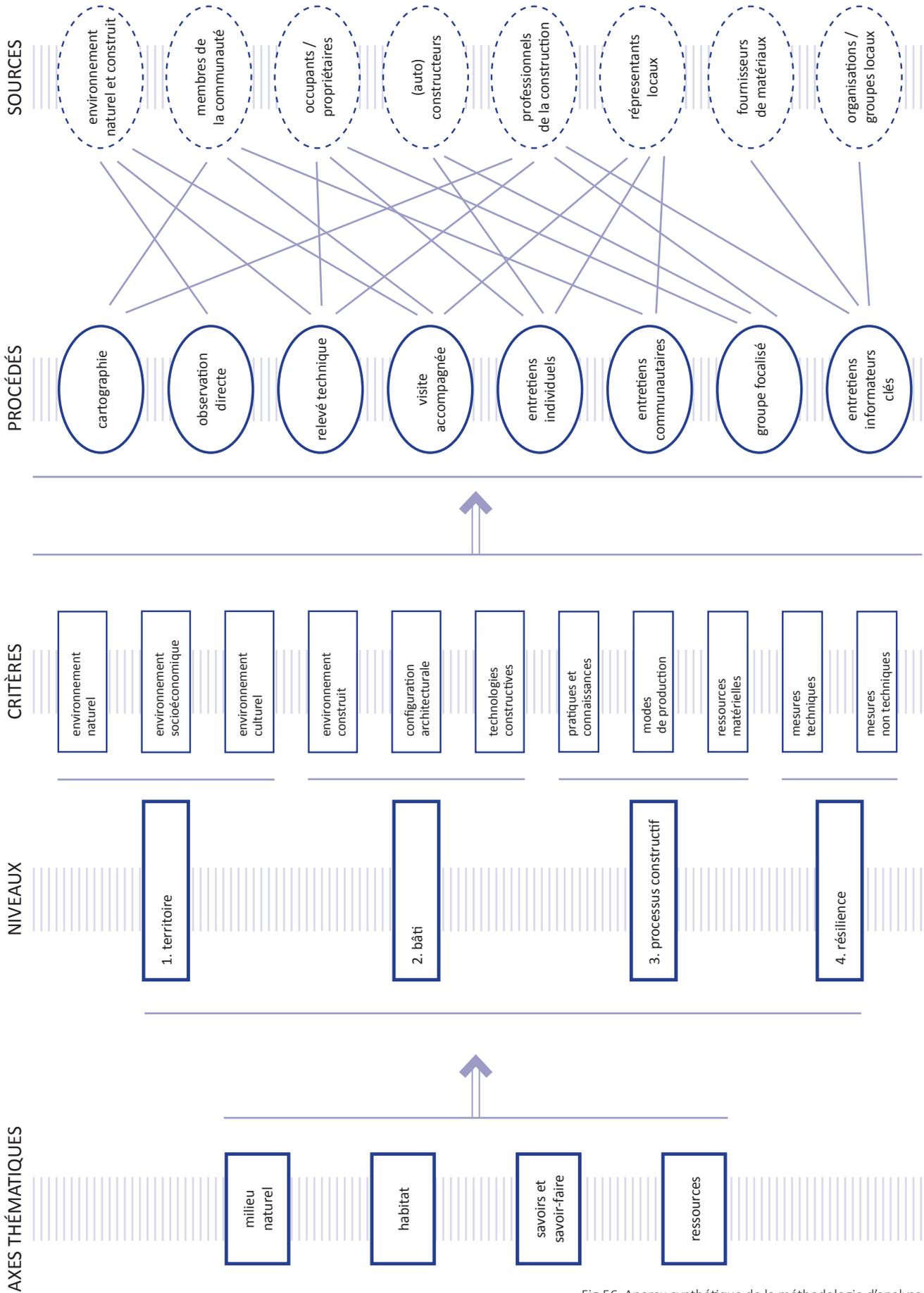


Fig.56: Aperçu synthétique de la méthodologie d'analyse

5.9. MISE EN SITUATION

L'élaboration de cette approche méthodologique s'est appuyée sur les activités conduites par différents partenaires du CRAterre dans le cadre de programmes d'habitat en zones à risque. Se nourrissant d'échanges avec des organismes locaux et internationaux actifs sur le terrain, le travail entamé a permis de répondre à un double objectif : développer et tester un ensemble de méthodes et supports pour effectuer une analyse des pratiques de construction et de résilience dans une région ; favoriser l'appropriation de ces outils par des acteurs locaux soutenant, déjà en cours de recherche, la mise en œuvre d'une démarche de projet s'appuyant sur les spécificités, les potentiels et les contraintes propres à chaque site.

Ces mises en situations ont été effectuées tout au long de ces trois dernières années, en alternant des phases d'acquisition d'informations et de pratiques sur le terrain à l'élaboration et corrélation de celles-ci avec un cadre et une réflexion théoriques ; processus enrichi par l'alternance du travail entre deux contextes distincts. Cette démarche a permis notamment une étude et un suivi dans le temps des modalités d'exécution et d'appropriation en relation à des conditions et situations contextuelles hétérogènes, l'investigation des principes de structuration et répartition des rôles, de facilitation du processus participatif dans la relation avec les communautés locales ainsi que les facteurs d'appropriation et diffusion, en relation à des dynamiques distinctes.

La relation avec des acteurs opérationnels s'est référée à deux situations, la reconstruction post-catastrophe et la préparation aux futures crises, représentant deux composantes complémentaires de la gestion des risques, s'interpénétrant réciproquement et ne pouvant nullement s'ignorer l'une de l'autre. L'hétérogénéité des programmes de référence ainsi que les contraintes et les opportunités spécifiques à chaque situation ont déterminé une différenciation de la démarche d'étude et des possibilités d'approfondissement, en s'accordant aux dynamiques en place.

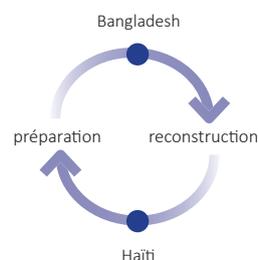


Fig.57: Contextes et phases

En Haïti, les activités se sont situées dans la continuité de l'approche fondant le programme de reconstruction : la mise en application et la diffusion des principes méthodologiques s'intégrant dans une démarche de création et renforcement des compétences des différentes organisations haïtiennes. Au Bangladesh, l'analyse des cultures constructives locales s'est inscrite en tant que phase effective du projet en cours et le travail s'est focalisé sur l'acquisition, affinement et appropriation d'une expertise particulière de la part des différents niveaux opérationnels du partenaire local.

Une synthèse des activités et réflexions caractérisant ces deux mises en situation est présentée ci-après. Pour permettre de saisir les apports et influences de ces deux expériences dans l'élaboration de la méthodologie d'analyse et l'approche dans laquelle elle s'inscrit, seuls les éléments relatifs à ces aspects sont considérés¹²⁹. Pour chacune des deux situations les suivants éléments sont présentés :

- contexte de référence : problématique, programmes, partenaires et historique ;
- cadre de mise en situation : conditions et facteurs d'influence sur le travail conduit ;
- étapes de travail : déroulement et développement du processus de mise en situation ;
- matière à réflexion : considérations et constats découlant du rapport avec le terrain en relation aux spécificités de la méthodologie élaborée, aux conditions de sa mise en œuvre et aux possibles pistes de développement futur ;
- éléments de synthèse : récapitulatifs des principaux éléments découlant de chaque mise en situation.

¹²⁹ Pour un approfondissement relatif aux caractéristiques des contextes et programmes de références se référer aux respectifs dossiers dans les annexes (cf. annexes A.1).

5.9.1. HAÏTI : CONSTRUCTION DE NOUVELLES COMPÉTENCES, DE LA RECONSTRUCTION À LA PRÉVENTION



5.9.1.1. CONTEXTE DE RÉFÉRENCE

Suite au séisme qui frappa Haïti le 12 janvier 2010, quatre organisations locales¹³⁰ membres de la Plateforme d'Agroécologie et Développement Durable (PADED)¹³¹ ont entrepris un programme de reconstruction d'habitations en zone rurale avec un soutien financier et logistique de l'organisation allemande Misereor ainsi qu'un appui technique de l'association CRAterre (cf. annexe : A.1.2).

À la suite d'une demande des partenaires haïtiens, des évaluations ont été conduites par des experts du bailleur de fonds pour dresser un bilan de l'impact du séismes (DOULINE, BELLIN, 2010, *op. cit.*). Sur la base des constats effectués, des lignes d'intervention ont été établies au regard d'activités qui, à partir de la réhabilitation post-catastrophe, puissent favoriser une amélioration durable des conditions de vie de populations, tout en s'inscrivant dans l'approche de travail des organisations de la PADED. Le programme mis en place porte sur la reconstruction d'habitations à partir d'une valorisation des cultures constructives locales et d'un renforcement des compétences existantes.

Sur la base de l'expérience acquise pendant les premières phases de ce programme, les quatre institutions locales ont exprimé l'intérêt d'acquérir une expertise spécifique leur permettant d'adapter et faire évoluer les projets en cours ainsi que d'être en mesure, dans le futur, de mettre en place cette démarche de manière indépendante. Engagés principalement dans des activités relevant du secteur agroforestier, les membres de la PADED disposent d'une expérience assez limitée dans la construction et dans la réponse à des catastrophes de grande ampleur. La démarche entreprise par ces acteurs vise de fait à tirer parti des interventions post-séisme pour améliorer les connaissances et qualifications des institutions et des populations envers des solutions constructives techniquement et économiquement accessibles.

5.9.1.2. CADRE DE MISE EN SITUATION

Le travail développé en Haïti au regard de l'analyse des cultures constructives s'inscrit dans une approche d'appui aux acteurs locaux en relation tant aux projets en cours qu'en vue de futures initiatives dans le domaine de l'habitat. Les activités conduites se sont adressées aux organisations engagées dans la réhabilitation post-séisme ainsi qu'à d'autres institutions de la PADED souhaitant comprendre et entreprendre une approche de projet se fondant sur une valorisation des cultures constructives locales¹³². Cette démarche s'accompagne, en outre, de l'intention exprimée par certaines de ces institutions de développer une méthodologie de diagnostic, planification, suivi et évaluation, spécifique à des projets de construction.

Le travail effectué dans le cadre de cette recherche contribue à la constitution de compétences complémentaires à celles relatives à la mise en œuvre de projet, fournissant également des éléments de référence pour la définition d'un outil pouvant être partagé parmi les différents membres de la PADED et adapté aux spécificités de chaque organisation. Dans ce contexte, la mise en situation s'est donc principalement focalisée sur les modalités et mécanismes d'adaptation, appropriation et diffusion permettant l'apprentissage par les acteurs locaux des principes et outils méthodologiques pour un diagnostic de l'existant.

130 ConcertAction, Encadrements des Petits Paysans des Mornes et Plaines D'Haïti (EPPMPH), Groupe d'Appui au Développement Rural (GADRU), et Prese Pran Swen Tè Nou (Presten).

131 La PADED est un réseau qui depuis 2001 fédère 26 organisations haïtiennes, avec des expériences et qualifications différentes, travaillant avec le soutien de Misereor dans le domaine de l'agroécologie en différentes régions du pays.

132 L'élargissement à d'autres membres de la PADED a été favorisé en particulier par le *Colloque sur l'Habitat rural en milieu rural. La reconstruction par les familles paysannes*, organisé par PADED et FONDABHISA, avec l'appui de Misereor et du laboratoire CRAterre-ENSAG (17-19 mai 2012, Belot, Kenskoff) et réunissant différents acteurs de la reconstruction.

ENTRE RECONSTRUCTION ET APPRENTISSAGE

Les activités se sont structurées à partir d'une collaboration avec l'organisation GADRU (coordinateur de la PADED et partenaire du projet de recherche ReparH) pour ensuite s'élargir aux autres institutions intéressées. L'adoption de cette démarche s'est appuyée sur le potentiel représenté par le réseau PADED, constituant un moyen efficace de dissémination et partage : travailler en manière étroite avec un seul organisme permet de bâtir des nouvelles compétences et de valoriser celles existantes, tandis que se relier à un système réticulaire fédérant des multiples acteurs permet, à long terme, une mise à disposition et diffusion des nouveaux acquis aux membres de cette plateforme ainsi qu'à d'autres institutions.

Deux facteurs supplémentaires ont déterminé les modalités de travail : la nécessité de poursuivre les activités de reconstruction, pour répondre aux besoins des populations sinistrées ; la volonté du partenaire local d'améliorer ses propres capacités dans le domaine de l'habitat à partir de l'expérience acquise pendant la réhabilitation post-séisme. Ces deux aspects ont conduit à l'adoption d'une démarche permettant au GADRU de gérer et mettre en place de façon indépendante les différentes phases d'acquisition de ces nouvelles compétences, supportée par un accompagnement ponctuel. L'apprentissage de la méthodologie s'est ainsi déroulé en parallèle au programme de reconstruction et a directement impliqué deux ingénieurs civils en charge de sa mise en œuvre. Ces techniciens possédaient une certaine expérience, acquise dans le cadre de la réhabilitation post-séisme, en relation à une approche de projet basée sur les cultures constructives locales, mais ils ne disposaient que de compétences très réduites au regard de la mise en place d'un processus participatif de collaboration avec les populations locales.

ADAPTATION AU CONTEXTE

En vue de la mise en situation ainsi que de diffusion de la méthodologie, des modifications et des adaptations aux spécificités locales ont été apportées, à plusieurs niveaux, tant aux méthodes et supports de collecte d'information qu'au principe de déroulement du diagnostic.

Ces ajustements ont, tout d'abord, regardé l'introduction d'éléments particuliers au contexte haïtien effectuée sur la base d'une revue de la littérature¹³³, des connaissances des partenaires locaux et d'observations conduites lors des visites de terrain en différentes régions rurales du pays, pendant les premiers déplacements sur le terrain (février 2011 et mars 2012). De même, une adaptation aux compétences existantes ainsi qu'aux conditions de mise en situation a également été opérée en considération de deux aspects principaux : l'expérience du personnel impliqué et les modalités de déroulement de l'apprentissage, se faisant de manière quasi autonome par les partenaires locaux.

En outre, en vue d'une diffusion à d'autres institutions de cette plateforme, une redéfinition de la méthodologie et des outils de diagnostic s'est révélée nécessaire pour faciliter leur utilisation de la part d'opérateurs ne disposant pas des compétences spécifiques au domaine de la construction. Cela a conduit à l'utilisation, dans la phase d'apprentissage, d'une version « simplifiée » de la méthodologie ; par la suite, l'ensemble des méthodes et des outils ainsi que des paramètres supplémentaires ont été considérés, pour favoriser un élargissement et approfondissement des aspects pris en compte lors de futures analyses.

133 Documents se référant au contexte aussi bien avant qu'après le séisme de 2010 (CUNY, 1982, *op. cit.* ; FISHER, VLACH, 1987 ; EMMANUEL, THERMIL, PHILIPPE-AUGUSTE, et al., 2000 ; BERTHELOT, GAUMÉ, 2002, *op. cit.* ; DOULINE, 2002 ; IHSI, 2003 ; DOULINE, BELLIN, 2010, *op. cit.* ; LANGENBACH, KELLEY, SPARKS, et al., 2010, *op. cit.* ; MOLES, 2010, *op. cit.* ; MORA, ROUMAGNAC, ASTÉ, et al., 2010 ; STOUTER, 2010a, 2010b, *op. cit.* ; AUDEFROY, 2011 ; DAVIS, 2012, *op. cit.* ; VENTALON, DI CECCO, 2012, *op. cit.*).

5.9.1.3. ÉTAPES DE TRAVAIL : DE LA FORMATION À L'INFORMATION

Le travail avec le GADRU et les organisations de la PADED a été structuré en trois phases, incluant aussi bien la formation à la méthodologie d'analyse qu'une sensibilisation à la démarche de projet :

1. phase pilote :

L'acquisition de compétences de la part des ingénieurs du GADRU s'est effectuée en deux étapes. D'abord, un apprentissage de la méthodologie a eu lieu en relation à des zones d'implantation du projet de reconstruction ; ce qui a permis aux techniciens de tester les différentes méthodes à fur et à mesure de leurs déplacements sur le terrain. Ensuite, une mise en application effective a été accomplie dans une région dans laquelle le GADRU envisage d'entamer des activités d'amélioration de l'habitat et de réduction préventive de la vulnérabilité. L'articulation en deux moments distincts a répondu à deux objectifs complémentaires : en un premier temps et dans des régions connues par les deux ingénieurs, favoriser la compréhension des critères à prendre en compte et des modalités de mise en place de l'analyse ; ensuite, dans une nouvelle zone, expérimenter l'ensemble du processus de collecte d'informations et d'interaction avec les acteurs et communauté locales par une mise en situation réelle. Ces activités ont été conduites de manière autonome par le GADRU avec un accompagnement ponctuel en début, milieu et fin de la phase pilote.

2. phase de diffusion restreinte :

Un premier partage de la méthodologie et des expériences du GADRU a eu lieu entre les techniciens (contremaîtres, ingénieurs civils et agronomes) des quatre organisations engagées dans la reconstruction. L'objectif de cette phase a été d'identifier des méthodes pour effectuer un diagnostic dans les nouvelles zones intéressées par les projets, en vue d'une réadaptation des stratégies méthodologiques, techniques et opérationnelles aux caractéristiques des différents sites de travail.

3. phase de diffusion élargie :

La démarche proposée a été ensuite partagée avec d'autres membres de la PADED, lors d'un séminaire réunissant les représentants de cinq institutions¹³⁴, travaillant en différentes régions non affectées par le séisme.

À cette occasion, la sensibilisation des responsables et des techniciens (ingénieurs civils et agronomes) s'est appuyée sur des débats, des supports graphiques¹³⁵ et des expérimentations pratiques permettant aux participants de saisir de manière concrète certains aspects du processus d'analyse ainsi que, par des échanges directs avec les habitants et artisans locaux, les potentialités de l'approche proposée.



Fig.58: Activités de diffusion : a) présentations et débats ; b) supports de sensibilisation ; c) visites de terrain ; d) expérimentation de la méthodologie en contexte réel

134 Groupe d'Initiative pour un Développement Durable (GID, département des Nippes), Institut de Recherche et d'Appui Technique en Aménagement du Milieu (IRATAM, département du Nord), ACAPE (département du Sud), Développement Communautaire Chrétien Haïtien-Caritas du Sud (DCCH, département du Sud) et le GADRU.

135 L'exposition *Haïti. Programme de reconstruction de l'habitat rural par les organisations de la PADED* (2011), un calendrier (2013) ainsi qu'un kit de sensibilisation *Pwogram fòmasyon ak konstriksyon PADED pou kay abitan nan mòn Ayiti* (2012), élaborés dans le cadre du programme PADED-Misereor.

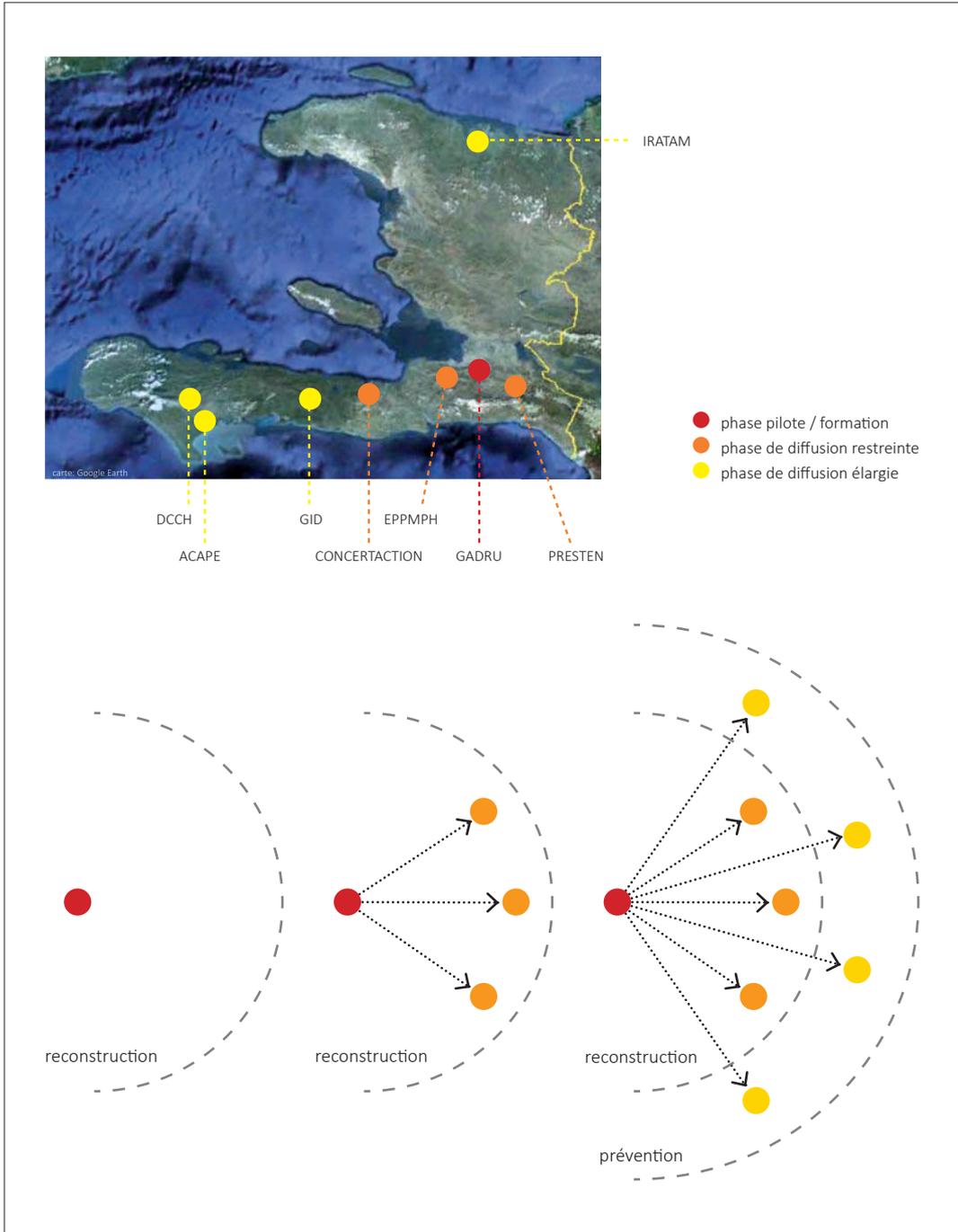


Fig.59:
 a) carte : localisation des zones de travail des partenaires haïtiens et phases de diffusion
 b) schéma : principe de diffusion parmi les organisations membres de la PADED

5.9.1.4. MATIÈRE À RÉFLEXION

APPORTS À LA RECHERCHE

Le travail effectué en relation au contexte haïtien a contribué à plusieurs niveaux à la réflexion concernant les spécificités de la méthodologie d'analyse, les modalités de son appropriation par des acteurs locaux, les mécanismes et étapes pour sa diffusion en adaptation à la réalité du terrain. De cette mise en relation les suivantes considérations se dégagent :

- Adaptation et utilisation de la méthodologie

Différents aspects influencent la mise en place d'un diagnostic ; dans ce cas trois d'entre eux ont assumé une importance particulière.

En premier lieu, l'application dans une phase de post-urgence présente des limites considérables pour l'acquisition de compétences, principalement en raison d'une disponibilité restreinte des populations et du personnel opérationnel.

Deuxièmement, les compétences des acteurs locaux, en termes de qualifications mais également de connaissances techniques, varient considérablement. Une adaptation de la méthodologie (en particulier des méthodes et des supports) aux différentes capacités existantes est donc indispensable pour favoriser une réelle compréhension et appropriation de la démarche et éviter ainsi une utilisation machinale. La définition de plusieurs niveaux d'analyse, impliquant des procédés et des compétences de plus en plus spécifiques, favorise dans ce sens une acquisition et, dans le temps, un approfondissement des compétences ainsi qu'une évolution indépendante des supports et des méthodes par l'acteur utilisateur.

Troisièmement, bien qu'une familiarité avec le contexte de travail puisse faciliter le contact avec la population locale et la prise en compte de paramètres particuliers, cela risque néanmoins de déclencher des mécanismes de distorsions des informations, en tenant pour acquis les raisons de certaines situations ou solutions, sans que des vérifications et validations soient effectuées auprès de la population.

- Sensibilisation préalable

Dans le processus d'apprentissage, des connaissances préalables relatives à l'approche globale et aux modalités par lesquelles elle peut se concrétiser, influencent considérablement l'appréhension et l'appropriation des outils de diagnostic et de la démarche de projet. Cette connaissance peut s'appuyer aussi bien sur une expérience directe que sur des activités de sensibilisation utilisant des supports spécifiques pour l'illustration, communication et diffusion des principes de cette approche. Pendant le travail en Haïti, cela a été constaté en relation à différents niveaux. Dans la phase pilote, l'implication dans des programmes de reconstruction s'inspirant des cultures constructives locales a favorisé une compréhension des principes méthodologiques de la part des techniciens PADED. Pareillement, lors de la phase de diffusion élargie l'utilisation de supports de sensibilisation et les échanges avec les techniciens du GADRU ont joué un rôle déterminant pour permettre aux participants n'ayant pas une expérience directe de l'approche proposée, de saisir les principes et la faisabilité de la démarche présentée. Ce qui explicite l'importance d'une mise en relation directe entre le processus d'analyse et l'approche de projet, par le biais d'outils de communication spécifiques inscrivant le premier dans une perspective concrète et fondant le deuxième dans une vision à long terme.

- Modalités de formation

L'acquisition de compétences se base sur plusieurs étapes qui nécessitent d'être encadrées par une personne expérimentée ainsi qu'ajustées aux capacités et qualifications des apprenants. Les principales phases identifiées comme structurant ce processus de transmission sont les suivantes :

- introduction : sensibilisation de responsables et techniciens à l'approche et aux principes méthodologiques, mettant en évidence la fonction du diagnostic en tant que phase préalable à la définition d'un projet ;
- formation spécifique : explication théorique et pratique des étapes, outils et méthodes d'analyse, permettant aux techniciens et animateurs, futurs utilisateurs de la méthodologie, d'acquérir des compétences spécifiques à sa mise en œuvre et utilisation ;
- mise en application accompagnée : mise en œuvre de l'ensemble du processus d'analyse avec une supervision ponctuelle favorisant un affinement des acquis ;
- application autonome dans le cadre d'une démarche de projet.

Une phase de formation, même assez courte, et un suivi, même réduit, se révèlent indispensables pour assurer la compréhension des étapes à mettre en œuvre, des informations à rechercher et de la synthèse des données recueillies. Dans le cas d'un apprentissage autonome, un suivi ponctuel est nécessaire pour clarifier les modalités et le contenu de l'analyse dans la phase initiale et, par la suite, pour consolider les compétences au regard de la collecte et élaboration des informations ainsi que de la définition de recommandations.

La relation avec la pratique et l'interaction avec les populations assument également un rôle important. Dans la phase de sensibilisation, elles permettent de rapporter les réflexions théoriques et les concepts spécifiques à la démarche à des enjeux réels. Dans la phase de formation, des simulations pratiques permettent de se familiariser avec la méthodologie et d'appréhender l'apport des critères considérés à la compréhension du contexte.

- Diffusion

Le travail entamé a déclenché un processus de sensibilisation en cascade, allant de l'échelle d'une organisation particulière à celle de la plateforme dans laquelle elle se situe.

La prise en compte du système organisationnel interne à un organisme et des modes d'organisation et d'échange entre plusieurs institutions constitue une démarche particulièrement efficace en vue d'une diffusion d'expériences, approches et connaissances. Cela permet d'ancrer les nouveaux acquis aux pratiques de travail courantes et de favoriser une diffusion des éléments innovateurs, tout en renforçant les capacités existantes. Les expériences effectuées montrent le potentiel représenté par cette approche qui, à partir d'interventions ciblées en réponse à des situations particulières (p.e. intervention de reconstruction post-catastrophe), permet de disséminer, via des réseaux existants, des compétences qui seraient autrement confinées à un nombre restreint d'individus ou institutions.

- Limites de l'expérience : le post-catastrophe, entre urgence et long terme

Les principales faiblesses relatives à cette mise en situation résident, avant tout, dans les contraintes temporelles dérivant de l'écart entre les exigences du terrain et les délais de la recherche. La situation de post-catastrophe et l'engagement dans la reconstruction ont permis à certains acteurs locaux de saisir l'intérêt d'une démarche basée sur la prise en compte des modes de construire et des ressources locales ainsi que la nécessité d'effectuer un travail d'analyse préalable à la définition et mise en place des projets. Toutefois, les caractéristiques des organisations partenaires, de taille relativement réduite et novices à des activités de construction, ainsi que les impératifs dictés par la situation de post-urgence ont fortement limité la disponibilité des acteurs locaux et la mise en place d'un suivi régulier.

PERSPECTIVES

Le travail relatif au contexte haïtien a permis une mise en perspective des activités entamées, en les ancrant à une réflexion au regard d'une prise en compte des cultures constructives locales dans les pratiques de projet. Les constats qui en découlent soulignent la nécessité d'entreprendre, de façon préalable à des possibles crises, des activités de construction et diffusion de nouvelles compétences permettant aux acteurs opérationnels de mettre en place ce processus depuis ses phases initiales.

Le travail entrepris en collaboration avec les organisations de la PADED se situe dans cette dynamique. Les projets suivants le séisme ont répondu à des besoins immédiats mais ils ont également soutenu les partenaires locaux dans la mise en oeuvre d'une nouvelle approche de travail. La sensibilisation et la formation à l'analyse des cultures constructives locales s'inscrivent dans la continuité de ces activités, en fournissant les outils pour insérer des initiatives futures dans une logique de durabilité et de réduction préventive de la vulnérabilité.

À une démarche de sensibilisation, formation et diffusion s'accompagne la nécessité de développer de supports pédagogiques spécifiques aux compétences et qualifications des différents publics (techniciens spécialisés, opérateurs de terrain, contremaîtres, décideurs). La mise au point de modules et outils ciblés ne peut que favoriser une appropriation ultérieure ainsi qu'une diffusion *inter* et *intra* institutionnelle.

ÉLÉMENTS DE SYNTHÈSE

- Niveaux d'analyses adaptés aux compétences, conditions et contexte de mise en oeuvre du diagnostic
- Sensibilisation préalable à l'approche relative à la prise en compte des cultures constructives locales
- Formation avec un suivi et une mise en pratique accompagnée
- Diffusion via les systèmes organisationnels existants
- Modules et supports pédagogiques pour la transmission *inter* et *intra* institutionnelle
- Dissémination et interpénétration d'approches et de niveaux d'action

5.9.2. BANGLADESH : CULTURES LOCALES ET RENFORCEMENT DE COMPÉTENCES, DE L'ANALYSE SITUÉE AUX STRATÉGIES DE PRÉPARATION



5.9.2.1. CONTEXTE DE RÉFÉRENCE

Environ 81% de la population du Bangladesh habite dans des constructions réalisées sans l'appui d'un architecte et/ou d'un ingénieur (ISLAM, 2013, *op. cit.*). Un important nombre d'entre elles utilise des solutions constructives ne garantissant pas une durabilité des techniques mises en œuvre (SERAJ, AHMED, 2004) ; de plus, une grande majorité¹³⁶ est détruite chaque année par les multiples types d'aléas naturels qui affectent le pays (GILBERT, 2001 ; MUKHOPADHYAY, DUTTA, 2008). Suite à une catastrophe, un tiers de ces habitats est reconstruit de façon autonome par la population et un autre tiers par des programmes d'aide gouvernementale ou d'autres organismes. Les habitants et propriétaires du tiers restant ne sont pas en mesure de reconstruire leurs habitations, faute de moyens économiques et de connaissances techniques pour des solutions constructives abordables (TIPPLE, SPEAK, 2003 ; CARITAS BANGLADESH, 2011).

Au cours des récentes crises, en raison de la nécessité d'une réponse rapide aux besoins massifs dans le secteur de l'habitat (GOB, 2008 ; UNITED NATIONS, 2010), la plupart des agences d'aide ont fourni des abris correspondant à des modèles standardisés, employés pour répondre à des urgences sur tout le territoire national. Lors de ces interventions, une même organisation utilise souvent un seul type de structure, indépendamment du contexte d'intervention. Toutefois, quand plusieurs organisations interviennent dans la même zone, une communauté se voit attribuer différents modèles, allant de structures provisoires à permanentes (KABIR, 2009 ; TITHI, 2010) et correspondant à des typologies architecturales et constructives très différentes. Les technologies utilisées pour ces types de structures sont rarement reproduites et reproductibles par la population, à cause de leur coût élevé et de la complexité des techniques employées (CARITAS BANGLADESH, 2011, *op. cit.*). Si d'un côté, un grand écart existe entre les besoins réels et l'offre disponible après une catastrophe, d'un autre côté, un décalage aussi considérable existe entre les produits fournis et les capacités des populations à les entretenir, reproduire et à s'approprier des solutions permettant d'améliorer la durabilité et réduire la vulnérabilité aux risques de leur habitat.

À l'occasion de programmes de reconstruction suite à l'impact de deux cyclones successifs (Sidr en 2007 et Aila en 2009), l'établissement d'un partenariat entre Caritas Bangladesh, la Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET) et le CRAterre a permis d'entamer une réflexion conjointe concernant une autre façon de concevoir et mettre en œuvre des projets, en créant un lien entre urgence, reconstruction et développement. Sa concrétisation s'est développée sur la base de différentes étapes progressives. Une première phase (2007-2009) a porté sur l'intégration de quelques éléments relatifs aux pratiques locales dans les modèles d'abris mis en place couramment par Caritas Bangladesh. La deuxième étape (2009-2011) a inclut une phase pilote menée simultanément dans deux régions différentes avec le développement d'un modèle d'habitat spécifiques pour chacun des deux contextes. Enfin, un programme triennal (2011-2014) de préparation aux risques¹³⁷ a été lancé, couvrant l'ensemble du territoire du pays. Cette troisième phase se fonde sur une analyse des caractéristiques de l'habitat et des pratiques locales dans plusieurs régions en vue de l'élaboration de stratégies de réduction des risques, prenant en compte aussi bien des actions préventives que d'intervention post-catastrophe, en accord aux spécificités de chaque endroit (cf. annexe A.1.1).

5.9.2.2. CADRE DE MISE EN SITUATION

Le travail effectué au Bangladesh s'est situé en réponse et en appui à l'un des objectifs clés du

¹³⁶ Environ 37'609'000 personnes ont perdu leur habitation suite à l'impact d'aléas naturels entre 1980 et 2000 (Source : EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database)

¹³⁷ Projet de construction de maisons pilotes à faible coût pour les familles victimes de désastre au Bangladesh ; financé par le Secours Catholique-Caritas France et Caritas Luxembourg.

programme engagé par les partenaires de projet : le développement et l'acquisition de méthodes et outils pour élaborer des solutions et réponses adaptées aux différents milieux et situations d'intervention. L'analyse des spécificités et pratiques locales en tant que vraie et propre phase du programme a été un facteur déterminant. Cette mise en relation s'est en effet fondée sur les différentes étapes prévues par le projet, en s'intégrant pleinement aux activités conduites par les partenaires locaux.

EXPÉRIENCES ET EXPERTISES

Les institutions et individus impliqués présentent des caractéristiques et expertises complémentaires. Caritas Bangladesh est parmi les organismes les plus actifs au niveau national dans la réponse aux catastrophes et dans le secteur de l'habitat économique (TIPPLE, SPEAK, 2003, *op. cit.*). Depuis 1972, elle a fourni un support à 377 276 familles dans le cadre d'activités de construction, réparation et distribution de matériaux de construction¹³⁸, souvent employant des matériaux naturels et/ou locaux et sur la base d'une approche participatif.

De manière complémentaire, BUET est l'une des meilleures universités du pays¹³⁹, offrant une expertise technique de très haut niveau. Toutefois, bien que des études concernant les constructions vernaculaires en zone rurale aient été conduites depuis le début des années 1990 (HAQ, 1994, *op. cit.* ; HODGSON, SERAJ, CHOUDHURY, 1999 ; SERAJ, HODGSON, CHOUDHURY, 2000 ; SERAJ, HODGSON, AHMED, 2000 ; ARA, RASHID, 2007), une part extrêmement faible de la recherche et de l'enseignement est consacrée à cette thématique (ISLAM, 2013, *op. cit.*).

COMPOSANTS DE PROJET

Cette mise en situation s'est référée à un appui méthodologique dans l'élaboration de supports et d'une expertise spécifique ainsi que dans la diffusion et consolidation de compétences sur la base d'un accompagnement intense associé à des phases gérées de manière autonome par Caritas Bangladesh. Ce processus s'est articulé à partir de la structure organisationnelle de cet organisme, incluant des responsables de projets et des opérateurs de terrain et allant du niveau national jusqu'au niveau local. Le projet se situe en six régions différentes et comprend l'analyse dans des sites pilotes avec un élargissement successif à des zones dans lesquelles Caritas Bangladesh mène des activités de réduction communautaire de risques. Un suivi continu est assuré tout au long du projet par un responsable au niveau national qui, activement impliqué dans la mise en place du programme, représente le vecteur de diffusion de l'approche et des outils parmi le personnel de cette institution.

5.9.2.3. ÉTAPES DE TRAVAIL : DE L'APPRENTISSAGE À LA DIFFUSION

Le travail effectué en collaboration avec Caritas Bangladesh a été corrélé aux principales phases du programme se rapportant à l'analyse des cultures constructives locales, assurant un accompagnement intense et relativement long (deux fois un mois) en correspondance des différentes phases d'expérimentation, formation et diffusion de la méthodologie élaborée jusqu'à sa mise en application de façon opérationnelle.

1. phase pilote :

Une première expérimentation a été effectuée en trois sites pilotes, pour tester les outils et la procédure de diagnostic ainsi que permettre au responsable national de s'approprier de l'approche sous-jacente à cette analyse. Cette étape a impliqué les représentants de chaque institution engagée dans le projet (Caritas Bangladesh, BUET et CRATERRE), en intégrant également le personnel régional de Caritas, de sorte à favoriser une première expérience de la démarche proposée.

2. phase de diffusion :

En vue de l'extension du programme à l'ensemble du pays, différentes activités ont été conduites

¹³⁸ État au 30.06.2012. Source : correspondance personnelle avec Mr. Ratan Kumar Podder, responsable national du programme *Pilot LCH for disaster affected families of Bangladesh* (05.06.2013).

¹³⁹ Source : University Ranking by Academic Performance Research Laboratory, 2013.

pour permettre l'apprentissage et la pratique de l'approche de la part du personnel impliqué au niveau régional.

Une session de formation des responsables et des opérateurs de terrain engagés a, tout d'abord, permis une familiarisation avec les outils méthodologiques et les différentes étapes d'analyse.

Une phase ultérieure de partage et de consolidation des compétences a porté sur la définition d'une stratégie de mise en place future et indépendante de cette démarche, sur la base des qualifications et de la répartition des rôles existants (cf. annexe A.2.2).

3. phase d'application :

Par la suite, une mise en application a été effectuée de manière autonome par le personnel de Caritas Bangladesh dans les trois régions restantes. Ce travail a été conduit par des équipes mixtes, incluant une personne expérimentée impliquée dans la phase pilote, le responsable et un opérateur de terrain de la zone considérée. Les résultats de ces analyses ont été vérifiés et validés lors du suivi effectué dans le cadre de cette recherche. Sur la base de ces observations, un approfondissement et une finalisation des analyses ont été par la suite effectués pour chacune de ces trois régions avec un suivi du responsable national.

L'acquisition des nouvelles compétences au regard des modalités d'analyse s'étale et se renforce au cours de la dernière phase du projet. Ce processus comprend des activités conduites par les différentes équipes régionales : une investigation ultérieure des problèmes présents dans l'habitat existant dans les sites pilotes, une analyse dans les différentes zones d'activité de réduction communautaire de risques ainsi qu'une diffusion à d'autres membres de Caritas Bangladesh.

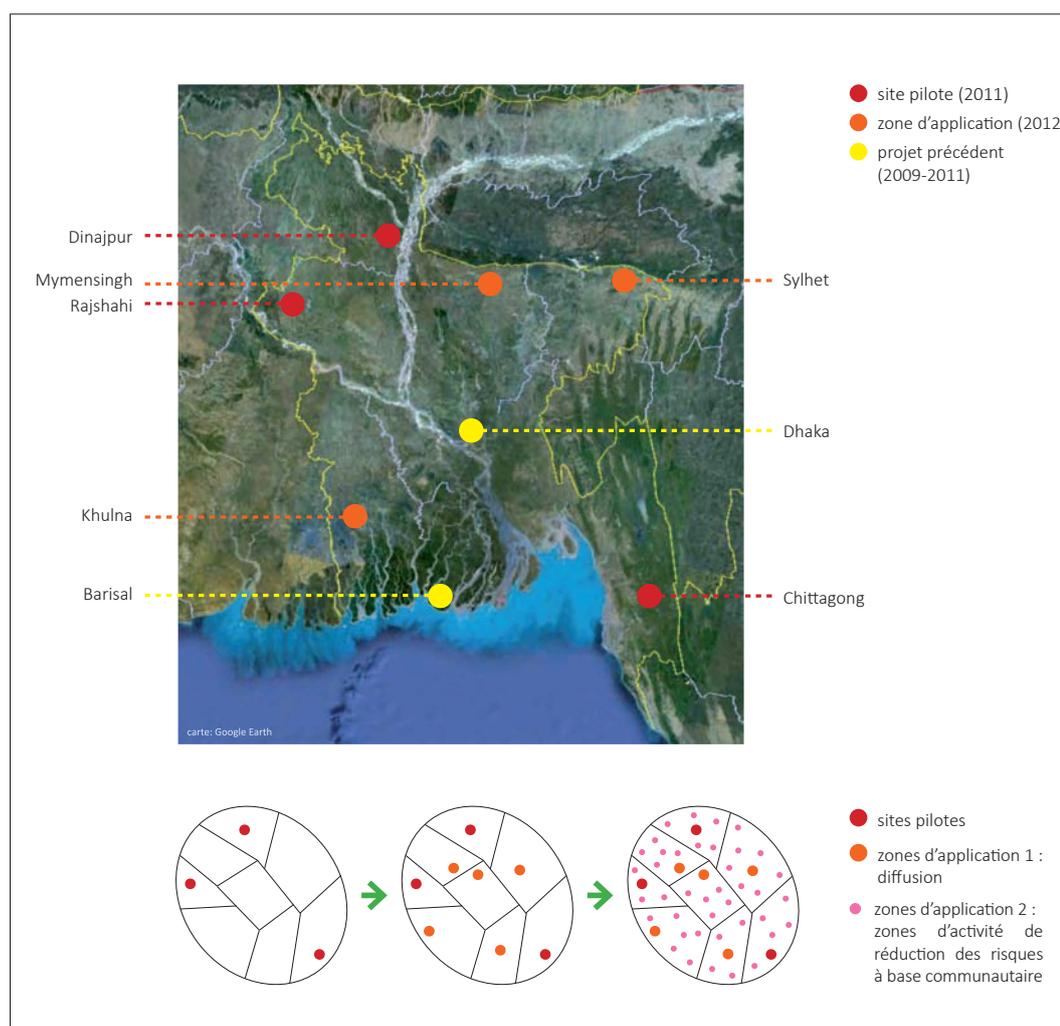


Fig.60: a) carte : zones analysées et phases de travail ; b) schéma : principe de diffusion et d'application

5.9.2.4. MATIÈRE A RÉFLEXION

APPORTS À LA RECHERCHE

La relation entre la recherche et ce programme a été établie dès leurs étapes initiales respectives. La première ébauche de méthodologie a, en effet, été préparée en vue de la phase pilote de ce projet. Par la suite, le développement en parallèle de la recherche et des activités sur le terrain a contribué à la définition des caractéristiques et des principes fondant l'approche adoptée. Plus précisément, l'apport de cette mise en situation se situe à trois niveaux :

- Aspects méthodologiques

Des compétences de facilitation sont indispensables pour établir une relation de coopération avec les communautés locales et sont à la base de l'utilisation de certains outils d'analyse, toutefois des compétences techniques sont également indispensables pour conduire une évaluation pertinente de l'habitat et des pratiques constructives locales.

Dans le cas de ce projet, les compétences de facilitation sont détenues par les opérateurs de terrain, provenant d'une formation en sciences sociales, tandis que les compétences techniques se situent au niveau des responsables régionaux, ayant une formation spécifique au secteur de la construction. Cette répartition correspond à une nécessité concrète : les premiers ont une connaissance profonde du contexte local et un caractère polyvalent, assumant le rôle d'animateurs d'activités relatives à des domaines variés ; les deuxièmes sont responsables de plusieurs projets de construction dans différentes parties du territoire régional. Dans le processus d'analyse, la combinaison et la complémentarité de ces compétences favorisent l'exhaustivité des informations, en facilitant la prise en compte d'éléments aussi bien techniques que d'ordre socioculturel. Cela contribue également à cibler la mobilisation du personnel en correspondance de phases spécifiques : certaines activités peuvent en effet être effectuées de manière indépendante par les deux agents ; de même, certains outils peuvent se rapporter à l'une ou l'autre compétence favorisant la récolte d'informations complémentaires au regard d'une même problématique ainsi que leur utilisation dissociée (p.e. pour l'analyse des maisons individuelles : séparation entre la fiche technique pour le relevé et le guide pour l'entretien individuel).

- Diffusion et consolidation des compétences

Si la formation des opérateurs de terrain est une phase essentielle et nécessite de se fonder sur un processus cohérent (cf. chap. 5.9.1.4), l'acquisition et transmission de compétences au sein d'un même organisme requièrent la définition d'un système de diffusion capillaire à partir de la structure organisationnelle de cette même institution. Ce principe favorise une dissémination aux différents échelons de l'échelle hiérarchique et parmi plusieurs départements par des phases associant simultanément formation, renforcement et diffusion :

- apprentissage et expérimentation par une équipe restreinte : favorise une compréhension approfondie de l'approche par les principaux responsables des futurs projets ainsi qu'une adaptation et modification de la démarche méthodologique en relation aux spécificités de l'organisme directement par ses membres ;
- formation au niveau des agents de terrain : inclut une partie théorique et une mise en pratique, par des simulations et une expérimentation sur le terrain des différentes étapes de travail ; ce qui favorise une compréhension des modalités et contenus d'analyse ainsi qu'un affinement des principes relatives à une démarche participative ;
- expérimentation indépendante par les agents de terrain dans des sites pilotes : couvre le processus entier, de la modification des outils en relation aux spécificités locales jusqu'à la synthèse et réélaboration des informations, avec la supervision d'une personne expérimentée ;

- évaluation partagée : réunit l'ensemble du personnel impliqué pour effectuer un bilan des expériences et affiner davantage les connaissances ;
- mise en œuvre effective du processus d'analyse dans le cadre d'un projet spécifique avec la supervision initiale d'une personne expérimentée ;
- (in)formation du personnel travaillant dans des secteurs complémentaires.

Dans ce processus, différents facteurs contribuent à la diffusion et consolidation des compétences nouvellement acquises, parmi lesquels en particulier l'implication dans les différentes étapes d'une personne expérimentée et/ou d'opérateurs fraîchement formés, favorisant également une valorisation des compétences précédemment acquises. Le processus de compréhension et assimilation des principes méthodologiques se renforce ultérieurement par des activités telles que la mise en application autonome, consécutivement à la phase de formation, ainsi que la réadaptation et amélioration des supports effectuées par les opérateurs de terrain, en relation aux problématiques et contextes spécifiques à leur zone de travail.

- Stratégie de projet et approche méthodologique

La réflexion conduite par les partenaires de projet s'inscrit dans une perspective à long terme en relation à des niveaux multiples. D'une part, la réalité du terrain pousse les acteurs locaux à adopter une démarche de préparation ainsi qu'à reconnaître la nécessité de fonder les activités qui en découlent sur les spécificités de chaque contexte d'intervention. D'autre part, la nécessité de développer et acquérir des nouveaux outils pour répondre de manière cohérente à ces constats implique une évolution dans les pratiques de projet d'un organisme par l'introduction de nouvelles compétences et modes de travail.

Fonder ce processus sur une approche de diffusion capillaire s'étalant à tous les niveaux organisationnels et opérationnels favorise la création et/ou le renforcement des compétences spécifiques à chaque niveau en accord avec ses propres capacités, qualifications et rôles. De plus, cette démarche permet une dissémination fractale parmi différents domaines, secteurs et acteurs de la même institution, facilitant l'intégration d'une nouvelle approche dans les pratiques habituelles, tirant profit des connaissances et spécificités de chacun.

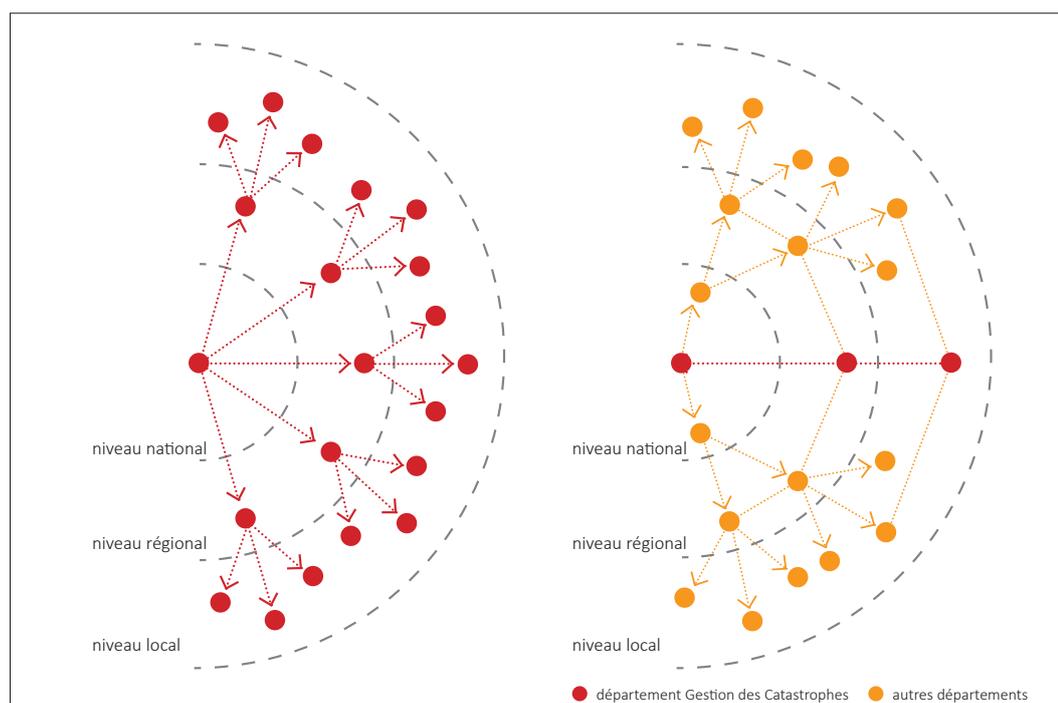


Fig.61: Diffusion fractale *inter* (a) et *intra* (b) départements et niveaux de la même institution

LIMITES DE L'EXPÉRIENCE

L'efficacité de cette démarche, ainsi que les modalités effectives d'utilisation et intégration de nouvelles pratiques dans la *praxis* d'un organisme, sont des facteurs observables sur le long terme. Dans le cadre de cette mise en situation, ces aspects ont été seulement partiellement constatables, de par le fait que le programme de référence est encore en cours. Un facteur ultérieur relève de la particularité du cas considéré : au-delà de la grande expérience, ce partenaire local se caractérise par une organisation très hiérarchique, qui favorise la mise en place d'un processus d'intégration et d'une répartition claire des nouvelles compétences outre que de diffusion capillaire.

PERSPECTIVES

La relation tissée entre le travail de recherche et un programme incluant l'analyse des cultures constructives locales en tant qu'étape du processus de projet a permis de fonder le développement de la méthodologie d'analyse sur des éléments concrets caractérisant la réalité de terrain, aspect indispensable pour un outil qui se veut à usage de techniciens et opérateurs. En s'inscrivant dans un programme comprenant également une phase d'élaboration de stratégies techniques et opérationnelles, cette corrélation a aussi contribué à élargir davantage la réflexion par la prise en compte d'aspects qui vont au-delà des spécificités propres à l'habitat, en intégrant les facteurs et enjeux caractérisant les situations post-catastrophe.

La construction et consolidation des compétences rapporte cependant la réflexion au-delà du niveau des organismes opérationnels et des populations locales, s'étendant au niveau des instituts de formation des futurs professionnels, spécialistes de la construction (ingénieurs et architectes) et/ou opérateurs humanitaires. Si cette démarche est particulièrement pertinente dans certains pays, où les conditions géographiques et contextuelles rendent nécessaire la mise en œuvre de cette approche, la qualification de professionnels étrangers amenés à travailler dans de telles régions joue également une influence considérable sur l'efficacité et la pertinence des solutions et activités mises en œuvre sur le terrain.

ÉLÉMENTS DE SYNTHÈSE

- Approche et outils participatifs pour la collecte, vérification et validation des informations
- Supports méthodologiques à usage de non-spécialistes et des opérateurs de terrain
- Diffusion par modèle fractal
- Répartition des rôles et compétences selon les capacités existantes
- Extensibilité du contenu d'analyse, entre présent et futur, entre constats et anticipation

6. UNE MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE : POTENTIALITÉS ET SYNERGIES

Dans le cadre de cette thèse, l'élaboration d'une méthodologie d'analyse des cultures constructives locales a été la conséquence, et la suite logique, des constats effectués en relation aux pratiques courantes. Un facteur central de cette réflexion a concerné les potentiels de son intégration aux approches et actions d'institutions, groupes et professionnels dans une perspective de durabilité des activités conduites et d'autonomisation des acteurs locaux, notamment par l'expérimentation en contexte de Haïti et du Bangladesh. Ceci implique toutefois un changement, parfois radical, des comportements et des pratiques de travail ; une évolution, tant de conception que de *praxis*, qui ne peut que s'opérer par des étapes successives, allant de l'éveil de l'intérêt à la compréhension, l'expérimentation et l'évaluation jusqu'à une vraie et propre prise de conscience (DUDLEY, HAALAND, 1993, *op. cit.*). Cette transition a lieu si, et quand, la valeur (tant pratique que sociale et économique) de la nouvelle approche est saisie et reconnue par les acteurs qui, à leur tour, suscitent et alimentent ce processus, en le rapportant et en le fondant sur leurs propres besoins, ressources et capacités.

De plus en plus d'institutions (SHAW, UY, BAUMWOLL, 2008 ; CRATERRE-ENSAG, 2011 ; UNISDR, 2013, *op. cit.*) reconnaissent la nécessité de prendre en compte les spécificités de l'habitat existant ainsi que les cultures constructives locales qui y sont associées. Toutefois, l'identification de ces dernières s'effectue généralement de façon informelle de la part de spécialistes, souvent étrangers, ou par l'application de procédures standardisées demandant une expertise particulière pour la récolte et l'analyse des informations. En outre, les initiatives visant à valoriser les ressources et savoirs locaux se focalisent le plus souvent sur l'amélioration des technologies constructives à partir de principes définis et élaborés par des intervenants extérieurs au contexte. Cependant, une fois le projet terminé, sur place restent certes des compétences pour une meilleure pratique constructive, mais les acteurs locaux sont-ils en mesure de reproduire et s'approprier ce processus d'inspiration, analyse et amélioration des capacités et savoirs existants ? Cela est possible, à mon sens, si les acteurs locaux sont parties prenantes de ce processus depuis son début et s'ils disposent de l'opportunité de comprendre et apprendre l'intérêt d'une telle démarche ainsi que les modalités pour la mettre en place.

À partir des expériences et approfondissements effectués au cours de cette recherche, entre théorie et pratique, les conditions et différents facteurs influençant l'appropriation et diffusion de cette approche sont abordés, en complément de considérations effectuées lors des mises en situation.

6.1. FACTEURS D'ADAPTATION : DU CONTEXTE À L'APPROCHE

POLYVALENCE DU CONTEXTE

Au cours de cette recherche, la méthodologie d'analyse des cultures constructives locales a été expérimentée dans des contextes ruraux et périurbains ainsi qu'en relation à des activités de réduction des risques, tant dans le prolongement d'interventions post-urgence que dans la préparation aux catastrophes. Si les critères d'analyse et les enjeux considérés pour sa mise en place se réfèrent essentiellement à ces situations, les principes méthodologiques ainsi que les techniques et l'approche d'investigation se prêtent également à une application en contexte urbain et en tant que diagnostic post-catastrophe (AQUADEV, 2001 ; CHAMBERS, KENTON, ASHLEY, 2004, *op. cit.* ; IFRC, 2012). Pour ce faire, une adaptation des paramètres et des modalités de conduction du processus s'avère indispensable en relation à la diversité des conditions et contraintes tant au niveau socioculturel qu'économique, institutionnel et même physique, que ces situations présentent (MITLIN, THOMPSON, 1994, 1995).

En considération de cela, les potentialités émergent de cette approche paraissent particulièrement intéressantes. Dans le cadre d'une démarche de préparation, elle permet de mettre en place des activités d'amélioration de l'existant et d'anticipation d'intervention post-catastrophe. Dans une situation de post-urgence, elle pose les bases pour entreprendre des actions qui, tout en répondant

à des besoins immédiats, inscrivent la phase de redressement¹⁴⁰ dans une perspective de viabilité à long terme. En cours de projet, elle permet une réadaptation des objectifs, modalités et contenus des interventions en relation à l'évolution des conditions contextuelles (de la post-urgence vers la normalité) ainsi qu'à des nouvelles localisations de travail.

ADAPTABILITÉ DES OUTILS MÉTHODOLOGIQUES

L'adaptation des outils d'analyse au contexte de référence, aux objectifs et conditions de mise en œuvre est un facteur qui influence considérablement le déroulement du diagnostic, ses résultats ainsi que les modalités d'appropriation de la part d'autres acteurs. Dans la méthodologie élaborée, cette adaptabilité concerne trois composants principaux : le contenu, les méthodes et les supports d'analyse.

Le contenu se réfère aux critères pris en compte pour l'investigation s'articulant sur la base de quatre axes thématiques qui, à leur tour, se décomposent en différents niveaux et paramètres (cf. chap. 5.4). Selon le contexte et les finalités du diagnostic, de nouveaux éléments peuvent venir s'ajouter tant pour un approfondissement ultérieur des paramètres considérés que pour l'intégration de facteurs supplémentaires, permettant également une ouverture à d'autres disciplines et domaines au-delà de ceux directement corrélés à la construction (Fig. 62). À titre d'exemple : l'investigation peut inclure des critères relatifs aux propriétés physiques et mécaniques des ressources existantes, se rapportant donc au domaine des sciences des matériaux, ou elle peut explorer les pratiques et les savoirs d'une communauté en les associant aux signifiants, perceptions et représentations, du point de vue ethnologique.

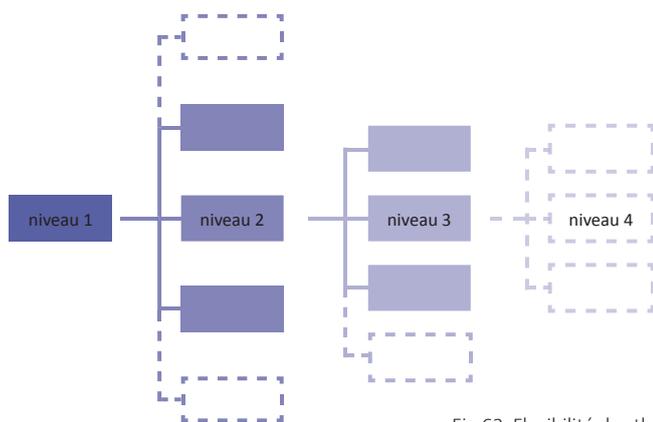


Fig.62: Flexibilité des thématiques et paramètres considérés

Les méthodes constituent les moyens par lesquels il est possible de collecter, vérifier et valider les informations en s'appuyant sur des supports spécifiques (cf. chap. 5.6). Ceux-ci établissent le lien entre le contenu et les outils de diagnostic. L'adaptabilité de ces derniers se caractérise par la flexibilité des supports conçus selon un format facilement modifiable (p.e. fichier électronique Word), tant dans son contenu que dans sa structure. Ce principe permet la modification de termes et critères spécifiques au contexte considéré (traduction en langue locale, références aux typologies, aléas et autres facteurs spécifiques, etc.), l'ajout de paramètres supplémentaires et l'introduction de nouveaux supports en relation à des facteurs particuliers (p.e. fiches pour les fournisseurs de matériaux). Cette modifiabilité favorise une appropriation et diffusion de la méthodologie d'analyse, car facilement personnalisables et adaptables aux nécessités d'acteurs différents.

140 Entendu selon la définition attribuée par UN-ISDR : « Redressement : La restauration, l'amélioration, l'installation de moyens de subsistance et les conditions de vie des communautés touchées par des catastrophes, y compris les efforts visant à réduire les facteurs de risque » (UNISDR, 2009, *op. cit.*).

De plus, elle permet une prise en compte des spécificités locales à partir des outils employés pour leur analyse, réduisant ainsi les risques d'inexactitude dus à une imprécision ou non correspondance avec la réalité des paramètres considérés.

L'adaptabilité des méthodes concerne essentiellement le type et le nombre de techniques sélectionnées, en relation à deux phases distinctes : l'acquisition de compétences relatives à la méthodologie d'analyse et l'application de celles-ci en contexte réel. Dans le premier cas, le contenu et la structure de la formation nécessitent de s'adapter aux caractéristiques des participants, au cadre de référence (formation formelle, formation interne, etc.) et aux conditions de déroulement (temps disponible, complémentarité avec d'autres formations, etc.). Dans le deuxième cas, le choix des méthodes à employer est principalement déterminé par les compétences disponibles, les objectifs et les conditions de mise en œuvre. La variabilité de ces facteurs détermine différents niveaux de complexité et degrés d'approfondissement tant de la formation que du diagnostic. Dans l'application, cette décomposition peut se référer à des types distincts d'analyse ou constituer des étapes successives d'un même processus. Dans l'acquisition de compétences, elle correspond à des modules de formation à part entière ou des phases progressives d'apprentissage et approfondissement des acquis méthodologiques. Cela implique la définition d'un « niveau minimal » de composants et compétences analytiques indispensables et prioritaires pouvant être développés et approfondis par la suite, même de façon autonome de la part des participants (Fig. 63).

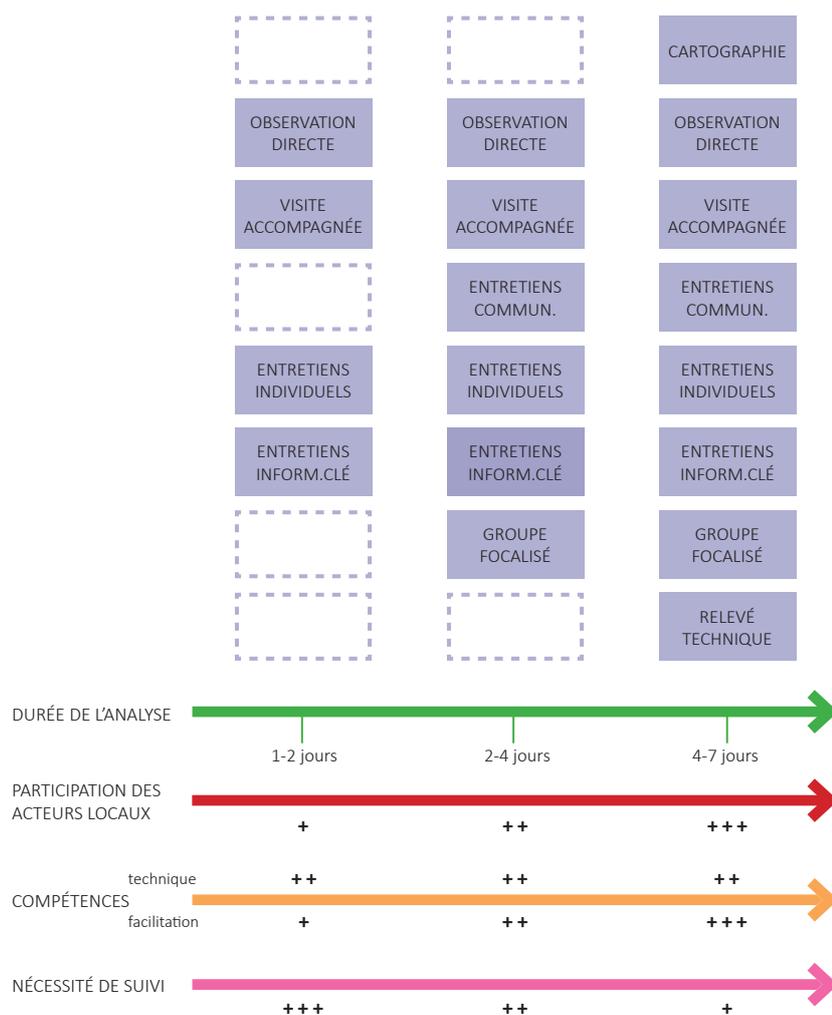


Fig.63: Niveaux de complexité d'analyse (application/formation)

ÉCHELLES DE DIFFUSION

L'analogie entre « formation » et « application » se reflète également dans la logique de diffusion des pratiques et connaissances, basée sur le principe d'un cas/site pilote où le processus s'articule à partir d'une étape initiale (d'acquisition de compétences ou de mise en place d'un diagnostic) à petite échelle, territoriale et/ou institutionnelle, pour ensuite s'élargir en incluant d'autres organismes et/ou régions. La construction de nouvelles compétences, spécifiques à cette approche, peut débuter en s'appuyant sur une organisation locale pour ensuite se répandre à d'autres acteurs, sur la base des réseaux organisationnels et relationnels existants. Cette démarche permet une diffusion à des multiples niveaux géographiques (local, régional, national, etc.) et professionnels (opérateurs de terrain, techniciens, ingénieurs/architectes, etc.), vis-à-vis de laquelle l'intégration d'instituts de formation (universités, centres de formation, etc.) favorise la constitution de compétences durables et localement enracinées, par la préparation des praticiens actuels et futurs.

Pareillement, l'adoption et la mise en œuvre d'une pratique de projet se fondant sur l'analyse des cultures constructives locales peuvent démarrer avec une application localisée pour ensuite s'étaler à l'échelle régionale et nationale, voir même internationale¹⁴¹.

6.2. MODALITÉS D'APPROPRIATION : DE LA PRISE DE CONSCIENCE À L'ACQUISITION DE COMPÉTENCES

Une sensibilisation et une formation se révèlent déterminantes dans la compréhension, appropriation et diffusion de l'approche qu'y est associée. Ces deux activités répondent à des objectifs distincts : l'une vise à permettre une prise de connaissance et de conscience envers le concept de cultures constructives locales ainsi qu'envers l'utilité et la pertinence de leur prise en compte ; l'autre vise à constituer des capacités opérationnelles et cognitives pour la mise en place effective de cette approche. Toutefois, l'analyse des cultures constructives locales et, à un niveau plus large, la démarche de projet qui y est corrélée sont fortement influencées par le cadre contextuel et institutionnel, à son tour conditionné par différentes typologies d'acteurs se situant à des niveaux décisionnels et opérationnels distincts. De ce fait, des initiatives visant à promouvoir cette approche de travail et à créer des compétences pour sa mise en place nécessitent de se référer et intégrer cette multiplicité de qualifications et de rôles (SCHACHER, 2008, *op. cit.*).

Tant la sensibilisation que la formation nécessitent ainsi de s'appuyer sur des supports et activités s'adressant de manière spécifique à chacune de ces typologies d'acteurs (Tab. 21).

TYPOLOGIES D'ACTEURS		TYPE D'ACTIVITÉ	
		SENSIBILISATION	FORMATION
Décideurs	Bailleurs de fonds	X	
	Autorités / collectivités	X	
	Cadres et gestionnaires de projet	X	
Techniciens	Spécialistes du génie parasinistre	X	
	Architectes / ingénieurs	X	X
	Chercheurs	X	
	Futurs professionnels	X	X
Opérateurs	Techniques	X	X
	Non techniques	X	X
	Animateurs	X	

Tab.21: Ciblage des activités

141 En particulier dans le cas de réseaux fédérant plusieurs organismes travaillant dans des pays géographiquement proches (p.e. Asian Disaster Preparedness Centre) ou couvrant plusieurs territoires allant de l'échelle mondiale à celle locale (p.e. réseau Caritas, Fédération Internationale de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge).

Les activités de sensibilisation peuvent recourir à une grande multiplicité d'outils¹⁴², tant formels qu'informels, en adaptant le contenu, le langage et le type de supports en relation à chaque public, sur la base de modes de communication complémentaires, aussi bien visuels et graphiques qu'oraux. En revanche, la définition du cadre et des modalités de formation demande des approfondissements particuliers.

Tout d'abord, elle peut se structurer par unités d'enseignement in(ter)dépendantes abordant des thématiques distinctes ainsi qu'adaptables à différents niveaux de technicité et d'expertise (Tab. 23). Ces modules peuvent être mis en place aussi bien à niveau local/national qu'international et s'appuyer sur des structures et réseaux de formation déjà existants. Elles peuvent s'intégrer aux cursus d'enseignement d'universités et d'instituts de formation professionnelle, de façon à permettre la création de nouvelles compétences parmi les futurs professionnels, ou à des formations continues et/ou internes offertes par des instituts et organismes internationaux¹⁴³.

De plus, la formation à l'analyse des cultures constructives locales peut s'associer à des modules relatifs à des principes constructifs employant des matériaux naturels et/ou locaux ainsi qu'à des dispositifs techniques d'amélioration de la durabilité et du comportement structurel du bâti. Ce qui favorise la compréhension de l'approche proposée et apporte des compétences et connaissances dont la complémentarité est extrêmement précieuse pour favoriser la mise en place de démarches de prise en compte des pratiques et ressources locales¹⁴⁴.

Ces différentes options impliquent une distinction des acteurs concernés qui, bien que se référant au domaine opérationnel et/ou de la construction, présentent néanmoins des différences substantielles en terme de compétences et rôle professionnel. Parmi les techniciens et opérateurs auxquels les formations s'adressent, la distinction suivante peut être opérée :

futurs professionnels (A) : étudiants d'école et universités d'architecture, ingénierie, préservation du patrimoine ainsi que d'instituts professionnels (techniciens, contremaîtres, etc.)

professionnels (B) : praticiens actifs dans le domaine privé et public

opérateurs de terrain : professionnels travaillant pour des organisations locales et internationales ainsi que pour des organismes gouvernementaux :

- _ opérateurs internationaux (C)
- _ opérateurs locaux/nationaux disposant de compétences techniques (D)
- _ opérateurs locaux/nationaux ne disposant pas de compétences techniques (E)

142 Brochures, expositions, posters, calendriers, livres et articles, présentations et conférences, analyse coût-bénéfice, études de cas tant au regard du caractère parasinistre de certaines architectures et pratiques vernaculaires que de projets et réalisations fondés sur leur prise en compte et valorisation, etc.

143 À cet égard, une première expérience a été effectuée dans le cadre du séminaire « Architecture et Cultures Constructives » s'adressant aux étudiants de master 1 et 2 en concomitance avec le projet *Organiser la reconstruction dans les contextes post catastrophe : assurer le contiguum urgence / réhabilitation / développement pour établir une dynamique de développement durable* élaboré pour l'Université Virtuelle Environnement et Développement Durable, sur la base d'un partenariat entre l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, la Fédération Internationale de la Croix-Rouge et du Croissant Rouge et le Groupe URD (octobre 2013-janvier 2014).

144 Une première expérimentation de cette approche a été effectuée dans le cadre du projet de formation *Inscrire la reconstruction dans une perspective d'amélioration durable de l'habitat et des conditions de vie de la population affectée par le séisme du 12 janvier 2010 dans le Sud Est*, conduit en Haïti par CRAterre-ENSAG et UN-HABITAT (cf. chap. 5.2).

ACTIVITÉS DE FORMATION		ACTEURS CONCERNÉS				
		A	B	C	D	E
1_ sensibilisation :	cultures constructives, matériaux locaux, approche de projet	x	x	x	x	x
2_ principes constructifs parasinistres en relation à différents types d'aléas						
2a_ du génie parasinistre		-		x	x	
2b_ existants dans les architectures et pratiques vernaculaires		x	x	x	x	-
3_ techniques participatives :	principes et modalités de facilitation de la participation (avec jeux de rôles)			-	x	x
4_ principes méthodologies :	méthodes, supports et paramètres pour une analyse des cultures constructives locales	-	-	x	x	-
5_ mise en pratique :						
5a_ exercice	analyse de quelques exemples d'architecture proches du lieu de formation	x				
5b_ expérimentation :	expérience de quelques principes méthodologiques sur le terrain en employant des méthodes et supports simplifiés		-	x	x	x
5c_ simulation :	essais des différentes méthodes et supports sur le terrain			x	x	x
5d_ mise en situation :	implémentation du processus complet d'analyse (collecte, réélaboration, synthèse des informations)				x	x
6_ principes d'action :	éléments prioritaires et essentiels pour la définition de recommandations en vue de futures actions à entreprendre			x	x	x

Tab.22: Ciblage des modules d'enseignement par rapport aux publics de référence

Légende : x indispensable /- optionnel

Pour favoriser une large diffusion des compétences ainsi que leur enracinement dans les futures pratiques de travail, ces différentes activités nécessitent non seulement de supports pédagogiques particuliers à chaque activité et public mais également d'outils et sessions de préparation spécifiques aux formateurs (p.e. mallettes pédagogiques, formation de formateurs, etc.).

Bien que la mise en place des actions de sensibilisation et formation puisse être envisagée aussi bien en amont qu'après une catastrophe, le processus de compréhension, appropriation et maîtrise de l'approche d'analyse nécessite un certain temps et disponibilité des parties impliquées. Une situation de post-urgence n'est donc pas particulièrement propice, bien qu'elle puisse permettre d'entamer des activités - de construction et d'information - posant les bases pour conduire successivement des initiatives de formation. De ce fait, constituer et renforcer des capacités avant une catastrophe permet, non seulement d'entreprendre à l'avance des actions de préparation et prévention, mais également de mener, déjà depuis la phase d'urgence, des interventions fondées sur les ressources et spécificités existantes favorisant ainsi une amélioration de la résilience locale.

La démarche proposée se situe, à ce propos, dans une perspective à long terme visant à une réduction de la vulnérabilité à partir d'un renforcement des capacités méthodologiques, opérationnelles et techniques à des niveaux multiples : local, par l'implication active et la « capabilisation » de la population, des organisations et des collectivités locales ; national, par la création de nouvelles compétences et connaissances parmi les professionnels, les responsables du monde politique et de la formation ; international, par la sensibilisation de bailleurs de fonds, spécialistes et décideurs.

6.3. NIVEAUX D'APPLICATION : ENTRE RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET PRATIQUE DE TERRAIN

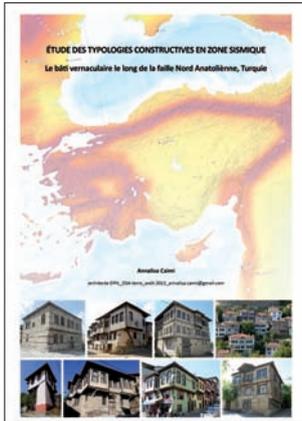
L'investigation des cultures constructives locales est un processus qui s'intègre à des multiples niveaux et domaines. Le développement de la méthodologie présentée s'est appuyé sur deux situations particulières qui, bien que pour certains aspects considérablement différentes, partagent la typologie du cadre institutionnel (relatif à des actions humanitaires en appui à des organisations locales) ainsi qu'une utilisation de l'outil d'analyse de manière indépendante d'autres méthodologies de diagnostic. La réflexion menée comprend toutefois également des pistes pour des applications et complémentarités avec d'autres situations, procédures et domaines.

Tout d'abord, de par son approche et les caractéristiques de ses composants, cette méthodologie se prête à être intégrée dans les démarches d'analyse participative et de gestion communautaire des risques. Si certains critères sont déjà considérés dans les procédures existantes, ou font l'objet de méthodologies spécifiques (cf. chap. 5.1), la question de l'habitat, entendu en tant que composant d'une culture constructive, est pour l'instant encore marginalement abordée dans les pratiques de diagnostic actuelles. De ce fait, associer la méthodologie élaborée à des processus participatifs de réduction de la vulnérabilité apporte une perspective nouvelle et complémentaire, tant dans la phase d'investigation du contexte que, par la suite, d'élaboration des initiatives à entreprendre. Cette synergie est envisageable à deux niveaux : en intégrant des éléments spécifiques (paramètres, méthodes, sources, etc.) à des procédures existantes d'analyse de l'habitat ou considérant l'ensemble des composants méthodologiques en tant qu'outil d'approfondissement de thématiques spécifiques, au même titre que d'autres méthodologies déjà disponibles. Cette association et complémentarité se réfèrent aussi bien à des activités relevant du domaine de l'aide humanitaire que de la préservation et protection du patrimoine. En effet, le bâti historique, en particulier celui habitable et encore plus celui habité, est étroitement influencé par les actions et pratiques de ses habitants. De ce fait, accompagner une investigation technique d'une analyse des connaissances, perceptions et comportements contribue à l'identification des facteurs sur lesquels appuyer la protection et amélioration de l'existant, mais également une (ré)génération des pratiques, connaissances et savoir-faire qu'y étaient et sont associés.

L'approche et les outils relatifs à la méthodologie élaborée sont également employables en dehors du champ de l'aide humanitaire, dans le travail des collectivités et instances locales de manière à favoriser implication plus directe et déterminante des citoyens et acteurs dans la gestion et la planification de l'environnement construit.

En relation à ces synergies et champs d'application, l'analyse des cultures constructives locales se décline en une multiplicité de variantes d'une seule et même approche. Ci-après, quatre modalités d'investigation illustrent différents niveaux d'application permis par cette méthodologie (Fig. 64). Ces exemples se rapportent à des analyses effectuées au cours du travail de recherche en relation à des contextes, objectifs et modalités de travail distincts. Ces éléments déterminent une variabilité de certains paramètres donnant lieu à des produits (en terme de type d'informations ainsi que de degrés d'approfondissement de celles-ci) différents, mais surtout à des typologies analytiques présentant un potentiel de complémentarité réciproque (Fig. 65).

Pour des questions d'étendue, les rapports de synthèse relatifs à chacune de ces analyses n'ont pas pu être intégrés à la suite de ce chapitre ni, dans leur intégralité, à ce document. Néanmoins, des extraits sont présentés dans les annexes (cf. annexe A.2.3), à titre démonstratif des résultats découlant des différents niveaux d'approfondissement et de technicité de la méthodologie élaborée. Ces variables sont résumées ci-après en relation aux principales caractéristiques méthodologiques de chaque exemple et à une comparaison schématique se référant aux cinq critères permettant de mettre en évidence la polyvalence de la méthodologie élaborée.



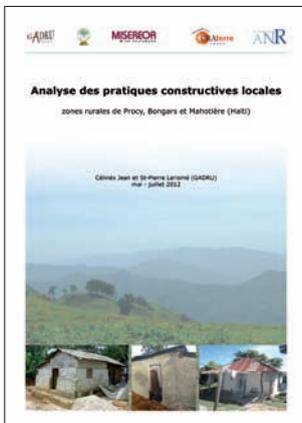
1_ ÉTUDE DES TYPOLOGIES CONSTRUCTIVES EN ZONE SISMIQUE

localisation : Turquie, région sismique Nord Anatolienne
 objectif : étude des typologies constructives en zone à risque sismique
 modalités : analyse technique du bâti vernaculaire en zone urbaine et rurale dans quatre régions situées le long de la faille Nord Anatolienne
 techniques d'analyse : observation, visite accompagnée, sources secondaires
 sources : objets bâtis : +++
 acteurs locaux : +
 documentation : ++



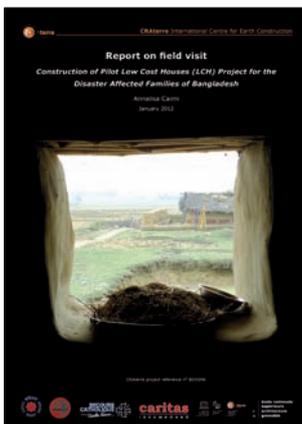
2_ SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS DE L'HABITAT VERNACULAIRE

localisation : Haïti, département de l'Ouest
 objectif : identification des caractéristiques constructives de l'habitat vernaculaire
 modalités : analyse du bâti rural dans la zone de travail de l'organisation haïtienne EPPMPH
 techniques d'analyse : observation, visite accompagnée, entretiens avec informateurs clés (habitants, constructeurs)
 sources : objets bâtis : +++
 acteurs locaux : ++
 documentation : +



3_ ANALYSE DES PRATIQUES CONSTRUCTIVES LOCALES

localisation : Haïti, départements de l'Ouest et du Nord-Ouest
 objectif : identification des typologies et pratiques constructives, des ressources et risques existants
 modalités : analyse dans trois zones de travail de l'organisation haïtienne GADRU
 techniques d'analyse : observation, visite accompagnée, entretiens (communautaires et individuels), groupes focalisés
 sources : objets bâtis : ++
 acteurs locaux : +++
 documentation : +



4_ ANALYSE DES CULTURES CONSTRUCTIVES LOCALES

localisation : Bangladesh, régions de : Chittagong, Dinajpur, Khulna, Mymensingh, Rajshahi, Sylhet
 objectif : identification des caractéristiques de l'habitat, des pratiques, ressources et compétences inhérentes au domaine de la construction et des risques existants
 modalités : analyse dans six zones de travail de Caritas Bangladesh
 techniques d'analyse : cartographie, observation, visite accompagnée, entretiens (communautaires, individuels, informateurs clés), groupes focalisés, relevé technique
 sources : objets bâtis : +++
 acteurs locaux : +++
 documentation : ++

Fig.64: Couvertures des rapports d'analyse

Légende : degré d'importance + : faible ; ++ : modérée ; +++ : élevée

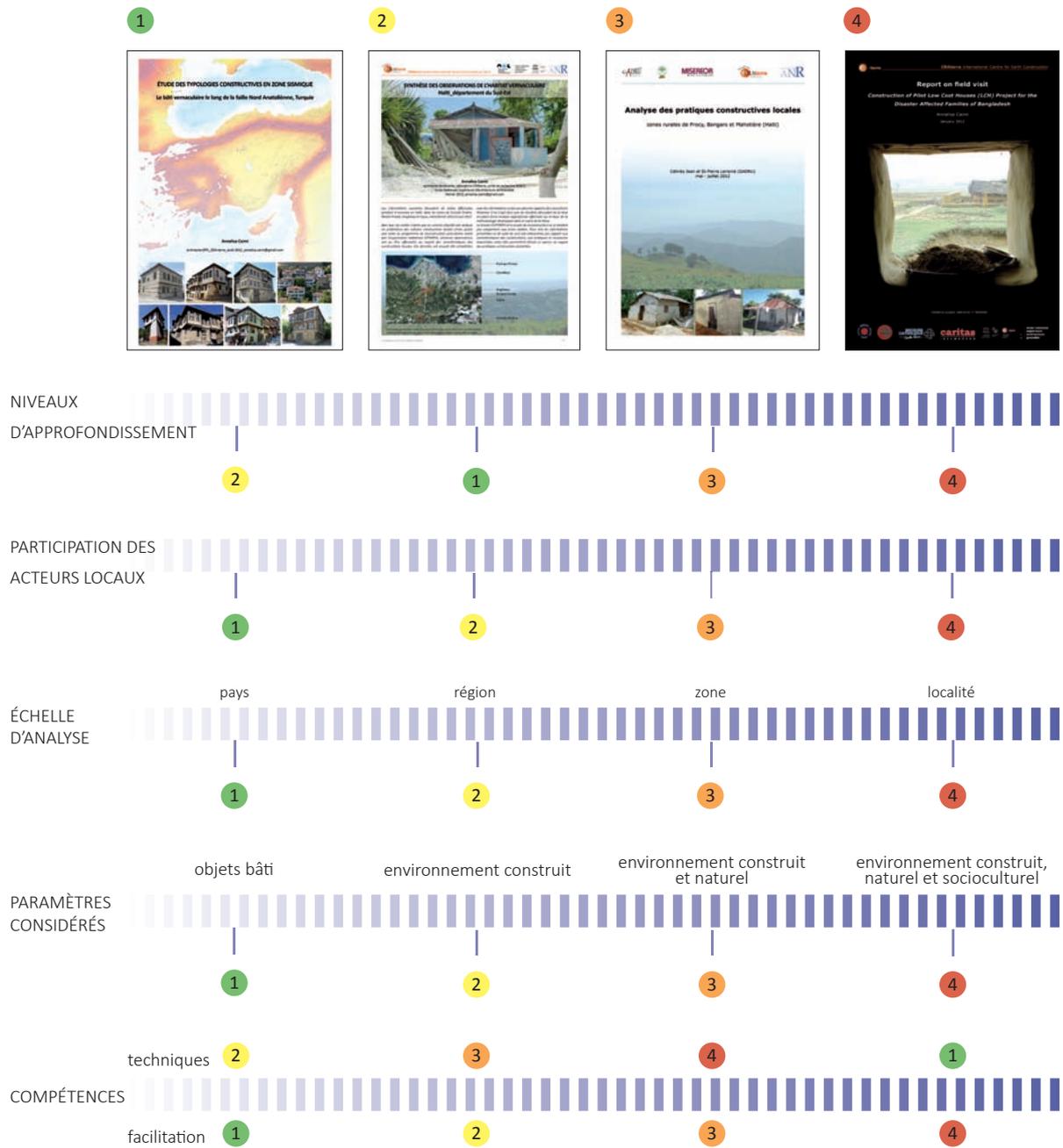


Fig.65: Caractérisation comparée des modalités d'analyse considérées

En se caractérisant par différents niveaux d'approfondissement, ces quatre modalités d'analyse peuvent être conçues comme les étapes intermédiaires d'un seul processus d'investigation. Des analyses telles qu'effectuées dans le cas 1 et 2 offrent des éléments de référence à partir desquels il est possible d'engager une étude approfondie des typologies constructives et des particularités parasismiques du bâti vernaculaire. Analyse qui peut se détailler ultérieurement, en intégrant les mécanismes qui régissent le comportement structurel et le rôle propre aux différents composants en relation aux propriétés des matériaux employées.

Les informations découlant d'analyse telles que les cas 3 et 4 élargissent l'analyse du bâti aux facteurs qui influencent et déterminent ses caractéristiques propres, se référant non seulement au domaine technique mais également aux spécificités du milieu humain et naturel dans lequel les artefacts construits se situent. Ces deux cas poussent donc l'exploration au-delà du domaine de l'habitat en identifiant, selon une approche intégrée, d'autres facteurs contextuels influençant aussi bien les produits construits que les conditions de vie et de vulnérabilité d'une communauté.

CONCLUSION DE LA PARTIE 2 / RECHERCHE ET ACTION POUR UNE ANALYSE SITUÉE

Le travail relatif à une méthodologie d'analyse se référant spécifiquement aux cultures constructives locales en zones à risques a eu objectif d'offrir aux acteurs opérationnels un support qui combine l'identification des spécificités techniques du bâti à celle des aspects socioculturels, économiques et environnementaux qui lui sont inhérents. Ceci en considérant les différents types de construction présents localement, les pratiques et les ressources qui leur sont respectivement associées comme les facteurs de vulnérabilité/résilience en relation à des questions tant constructives que comportementales et cognitives.

Ce processus d'analyse se fonde sur une sélection flexible de méthodes participatives qui appuient simultanément une collecte d'information et un apprentissage, tant par les opérateurs que par les communautés locales, favorisant la définition et la mise en œuvre concertées de propositions techniques et méthodologiques appropriées aux particularités du contexte et à la diversité d'exigences et de capacités existantes.

Une mise en situation réelle a visé à faire en sorte que cette méthodologie ne se limite pas à un exercice théorique mais puisse constituer un outil directement utilisable par les acteurs engagés sur le terrain ; une approche d'ensemble adaptable à chaque situation particulière, plutôt qu'une procédure spécifique à un site donné.

Son expérimentation en deux contextes distincts - la reconstruction post-séisme en Haïti et la préparation aux crises au Bangladesh - a appuyé le croisement de plusieurs paramètres, relatifs à son contenu et aux modalités de sa mise en œuvre, et a apporté une contribution concrète à une amélioration de la pertinence et de la durabilité des pratiques opérationnelles des partenaires locaux, par l'introduction et la consolidation d'une prise en compte du « facteur local ».

Au niveau du terrain, des actions de formation et sensibilisation ont permis à chacune de ces institutions d'acquérir des nouvelles compétences et de mettre en perspective les expériences précédemment effectuées - lors de projets de réhabilitation et préparation aux crises comme d'amélioration de l'habitat-, favorisant une autonomie dans la mise en place de cette approche ainsi qu'une consolidation des synergies existantes (p.e. entre les organisations haïtiennes membres de la PADED).

Au niveau de la recherche, la mise en relation entre théorie et application a permis de développer la question de la dissémination et de l'appropriation par des acteurs très hétérogènes - en termes de compétences, de rôles et contextes de travail -, en définissant des activités et des supports particuliers s'adressant à des techniciens et opérateurs de terrain, à des responsables et décideurs (p.e. en Haïti les responsables des organisations PADED non engagées dans la reconstruction post-séisme) ainsi qu'à des futurs professionnels (p.e. dans le cadre de cours proposés à des universités et écoles d'architecture comme l'ENSAG, en séminaire de cycle master).

L'approche méthodologique qui a été élaborée et expérimentée dans le cadre de cette recherche complète et, d'une certaine manière, formalise une démarche qui à l'heure actuelle demeure sporadiquement adoptée, à titre individuel, par certains individus et très rarement par des institutions. Elle se positionne comme un outil d'identification et de valorisation de pratiques, connaissances et ressources corrélées au bâti vernaculaire et à la réduction de sa vulnérabilité envers les phénomènes naturels majeurs ; ceci à partir d'une reconnaissance des savoirs et savoir-faire des individus qui l'habitent et selon une logique de complémentarité avec d'autres méthodes et approches existantes.

Le travail effectué à l'égard de cette méthodologie répond directement à l'objectif du projet de recherche ReparH de soutenir les acteurs haïtiens et internationaux, par le développement d'outils méthodologiques appuyant des stratégies de réduction de la vulnérabilité de l'habitat respectueuses du milieu d'intervention et des cultures et capacités des populations. En outre, les actions de diffusion conduites en Haïti et au Bangladesh s'inscrivent dans la démarche souhaitée par ce projet de promouvoir une logique d'anticipation des crises à venir, à travers un renforcement des compétences dans le cadre d'activités de formation et de programmes de préparation, en Haïti comme dans d'autres régions du monde soumises à des aléas naturels similaires.

PARTIE 3 /

CULTURES CONSTRUCTIVES VERNACULAIRES ET ALÉAS NATURELS : ÉLÉMENTS DE RÉSILIENCE

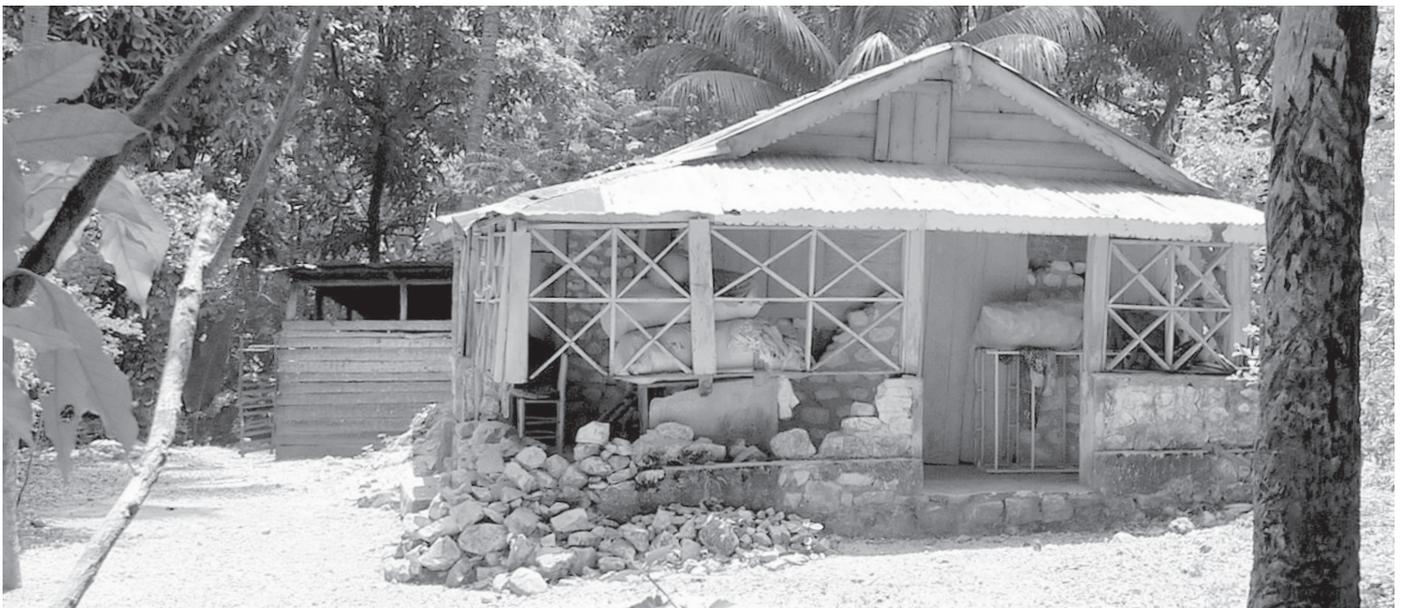


Fig.66: Haïti, Grande Rivière, effets du séisme de 2010 sur l'habitat vernaculaire

INTRODUCTION DE LA PARTIE 3 / HABITER LE RISQUE, UNE APPROCHE HOLISTIQUE

*“Si « connaître est un processus et non pas un produit », j’irai aujourd’hui plus loin : le savoir est un processus et non pas un produit. La question importante ne devient-elle pas alors, non pas ce qu’est le savoir, mais où est le savoir ?”*¹⁴⁵

Une analyse située permet de saisir les facteurs qui participent à la création et à la vulnérabilité de l’habitat d’une communauté particulière, en contribuant à situer le bâti au sein de la culture (constructive) qui le génère et qui assume parfois une connotation se référant explicitement aux phénomènes qui affectent son milieu. D’autre part, l’investigation de l’influence exercée par les aléas naturels sur l’architecture vernaculaire se rapporte directement aux spécificités et dispositifs que celle-ci intègre et qui, déterminant ses caractéristiques physiques, découlent des pratiques et savoirs élaborés et partagés à échelle individuelle et collective.

Le rapport entre construit et phénomènes naturels assume en fait un caractère complexe, où les spécificités constructives et la vulnérabilité du bâti sont directement influencées par des aspects culturels et humains. Saisir les artefacts bâtis en tant que produit d’une culture constructive ainsi que définir un cadre référentiel intégrant la multiplicité des savoirs et des pratiques de résilience qui lui sont associés, constituent des facteurs d’influence déterminante envers leur reconnaissance effective au niveau opérationnel et scientifique.

Un large nombre de recherches et documents abordent ces questions en se focalisant sur l’architecture d’une localité ou d’une région particulière, se rapportant donc à une échelle géographiquement délimitée. Ces cas comprennent en grande partie des études des caractéristiques architecturales et/ou constructives, sans toutefois souvent approfondir la relation possible entre certains dispositifs spatiaux et/ou techniques et les phénomènes naturels locaux. D’autres analyses se concentrent sur le comportement structurel de systèmes constructifs particuliers, omettant l’influence que les perceptions et pratiques des bâtisseurs et habitants peuvent exercer sur l’environnement construit. Relativement rares sont les ouvrages et les approches qui adoptent une perspective d’ensemble, établissant des corrélations entre différentes recherches conduites à échelle locale. En fait, à « bien creuser » une grande quantité d’informations existe. Elles restent toutefois éparpillées, souvent spécifiques à des cas ponctuels, tissant rarement des liens entre la dimension technique et celle culturelle et comportementale qui, pourtant, se révèlent particulièrement importantes dans la détermination de la vulnérabilité effective du bâti¹⁴⁶ ainsi que des capacités de résilience, réelles et potentielles, d’une communauté.

La présente recherche propose une approche d’investigation effectuant une corrélation entre les études conduites de manière située. Se rapportant à la pluralité et à la pluridimensionnalité des dispositions vernaculaires à caractère parasinistre, cette prospection vise à spécifier les multiples caractères et niveaux auxquels ces mesures correspondent. Il en découle la constitution d’un *corpus* documentaire se référant spécifiquement à la dimension de résilience des cultures constructives évoluant dans des régions exposées à des aléas naturels récurrents. En prenant du recul par rapport à une échelle strictement locale, cette recherche participe à la réflexion autour du concept de culture constructive du risque et de la définition de son cadre théorique, dans une démarche de contribution au travail développé, au niveau régional, par une large communauté de chercheurs.

¹⁴⁵ BARTH, Britt-Mari, 1993. *Le savoir en construction*. Paris : Retz, 1993. Coll. Forum Éducation Culture. p. 74.

¹⁴⁶ “La vulnérabilité du bâti dépend donc non seulement de sa capacité de résistance mais aussi - ou surtout - du comportement de la communauté qui l’[utilise]” (FERRIGNI, 1990, *op. cit.*, p. 19).

En lumière des théorisations effectuées par certains chercheurs (FERRIGNI, HELLY, MAURO, et al., 2005, *op. cit.*) au regard de la corrélation entre les cultures constructives vernaculaires et des phénomènes naturels majeurs, je me focalise sur la caractérisation des dimensions et échelles auxquelles cette relation se rapporte. Le schéma suivant (Fig. 67) présente la structuration des chapitres composant cette partie, mais également la démarche d’approfondissement adoptée dans le cadre de cette recherche pour l’analyse des pratiques parasinistres inhérentes aux architectures vernaculaires. Cette investigation démarre avec la définition du concept de culture du risque (1) pour ensuite l’associer au domaine du construit (2). Elle se poursuit en approfondissant les caractères des différents types de mesures de réduction de la vulnérabilité (3) et les échelles auxquelles celles-ci se rapportent (4), allant du niveau du territoire au système constructif jusqu’à des dispositifs particuliers améliorant la capacité d’une construction à faire face à l’impact des aléas naturels¹⁴⁷.

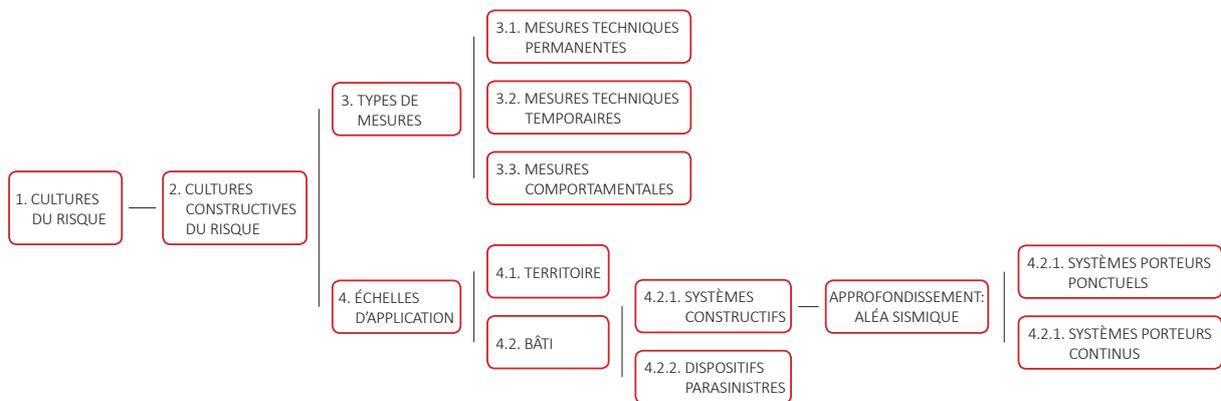


Fig.67: Démarche d’analyse et structuration de la partie 3

¹⁴⁷ Les stratégies développées par les populations locales sont extrêmement nombreuses et, souvent, pas systématiquement recensées ; par conséquent les éléments présentés n’ont pas la prétention d’en constituer une synthèse exhaustive.

7. SAVOIRS DE RÉSILIENCE

Dans le monde entier, nombreuses communautés ont opéré et réagi à l'impact des aléas naturels sur la base de savoirs élaborés et mûris localement au fil du temps, à partir d'une compréhension approfondie du milieu de vie (UNISDR, 2008). Étroitement corrélés aux particularités d'un lieu et à l'histoire d'une population de l'habiter, ceux-ci se caractérisent par une dimension spatiale et temporelle spécifiquement locale. Ils varient d'une région à l'autre, entre communautés et parfois même entre groupes et individus habitant le même lieu. Ils évoluent dans le temps, en s'adaptant et se modifiant continuellement sous l'influence de facteurs endo/exogènes dérivant du contexte naturel, socioculturel et économique propre à une communauté ainsi que des échanges qu'elle entretient avec son extérieur (SMIT, WANDEL, 2006, *op. cit.*).

Ces savoirs¹⁴⁸ constituent un système inter et pluri disciplinaire comprenant des connaissances (constructives, écologiques, historiques, etc.) et des pratiques (individuelles, familiales et collectives, techniques et non techniques, à court et long terme, etc.) mais également des croyances, valeurs et représentations du monde ancrés dans la façon de vivre d'une communauté. Cet ensemble assume parfois le caractère d'une vraie et propre stratégie de résilience comportant des mesures, spécifiques au niveau local, permettant une diminution de l'exposition aux risques et intégrant des éléments de préparation, gestion et redressement envers des situations de crise ponctuelle et soudaine (p.e. impact d'un aléa naturel) ainsi que des changements lents et progressifs (p.e. réduction des ressources disponibles) (SAARC, 2008). Il inclue en effet aussi bien des stratégies d'ajustement, comprenant des dispositions à court terme, immédiates et orientées vers la survie, que des stratégies d'adaptation¹⁴⁹ visant à une sécurité sur le long terme (TWIGG, 2004, *op. cit.* ; DAZÉ, AMBROSE, EHRHART, 2010).

Allant de la tentative de donner une raison d'être à certains phénomènes¹⁵⁰ jusqu'à la construction d'une mémoire collective et dynamique, ces stratégies de résilience composent un système de pratiques et dispositifs assumant la connotation d'une *culture du risque*. Indissociable d'une dimension sociale, celle-ci en est le « produit partagé » permettant de se confronter à l'« expérience partagée » des risques et des crises survenant au cours de l'histoire d'une communauté (GRANET-BISSET, 2000 ; JOSHI, 2008).

148 Le terme « savoir » est utilisé ici pour indiquer l'« ensemble des connaissances d'une personne ou d'une collectivité acquises par l'étude, par l'observation, par l'apprentissage et/ou par l'expérience », notion assumant donc une signification plus élargie de celle de « connaissance » se rapportant à un domaine précis (Centre Nationale de Ressources Textuelles et Lexicales).

149 La distinction entre ces deux types de stratégies est effectuée principalement dans la littérature anglophone (*coping and adaptive strategies*) ; en français seul le terme « adaptation » est dans la plupart de cas employé (DAZÉ, AMBROSE, EHRHART, 2010, *op. cit.*). Néanmoins, la différence de signification entre ces deux concepts est ici considérée comme importante à maintenir, en raison de l'explicitation qu'elle permet au regard de la particularité et la diversité des savoirs et des pratiques vernaculaires.

150 Le questionnement des causes de certains phénomènes, notamment de ceux particulièrement dévastateurs et soudains tels que les séismes, s'est présenté tout au long des siècles assumant parfois la connotation d'un vrai et propre débat philosophique (PLACANICA, 1985). À ce propos, l'échange qui eut lieu entre Voltaire et Rousseau, suite au séisme de Lisbonne en 1755, résulte particulièrement représentatif des aspects caractérisant l'imaginaire et le vécu des populations à différentes époques et dérivant parfois de conceptions diamétralement opposées. Les thèses soutenues par ces deux auteurs explicitent les controverses marquant le siècle des Lumières (GUÉNARD, SIMAY, 2011) : la conception de ces événements en tant que conséquences d'une fatalité divine (VOLTAIRE, *Poèmes sur le désastres de Lisbonne et sur la loi naturelle*, 1756), à laquelle s'oppose une vision rationnelle, expression de l'esprit moderne. Rousseau rapporte en effet à l'homme et à ses choix la responsabilité des conséquences désastreuses dérivant de la manifestation de certains phénomènes : *"Je ne vois pas qu'on puisse chercher la source du mal moral ailleurs que dans l'homme libre, perfectionné, partant corrompu ; et, quant aux maux physiques, ils sont inévitables dans tout système dont l'homme fait partie ; la plupart de nos maux physiques sont encore notre ouvrage. Sans quitter votre sujet de Lisbonne, convenez, par exemple, que la nature n'avait point rassemblé là vingt mille maisons de six à sept étages, et que si les habitants de cette grande ville eussent été dispersés plus également, et plus légèrement logés, le dégât eût été beaucoup moindre, et peut-être nul"* (J.J. ROUSSEAU, *Lettre sur la Providence*, 18 août 1756).

Une culture du risque se définit par des composants matériels et immatériels, étroitement corrélés à la nature des aléas ainsi qu'à la diversité des capacités et priorités, tant individuelles que collectives, existantes à un certain moment historique (TWIGG, 2004, *op. cit.*). Ces composants se déterminent et s'influencent réciproquement : les uns s'expriment dans les "créations que les membres de la société produisent, utilisent ou partagent" (objets, artefacts, (infra) structures, ressources, etc.), les autres consistent dans "les abstractions et créations humaines intangibles qui influencent le comportement des membres de la société" (croyances, valeurs, normes et modèles sociaux, systèmes politiques, etc.) (KULATUNGA, 2010, p. 306, trad. A. Caimi). Leur ensemble constitue une réponse, contextuellement, socialement et historiquement spécifique à un site et à une communauté, envers la nécessité d'assurer la protection de ses membres aussi bien dans le présent que dans le futur. Et pour ce faire, la *tradition* au sens de la transmission d'informations et connaissances assume une importance déterminante, tant dans le processus de développement d'une culture du risque que dans la résilience effective d'une population (HOMAN, 2004).

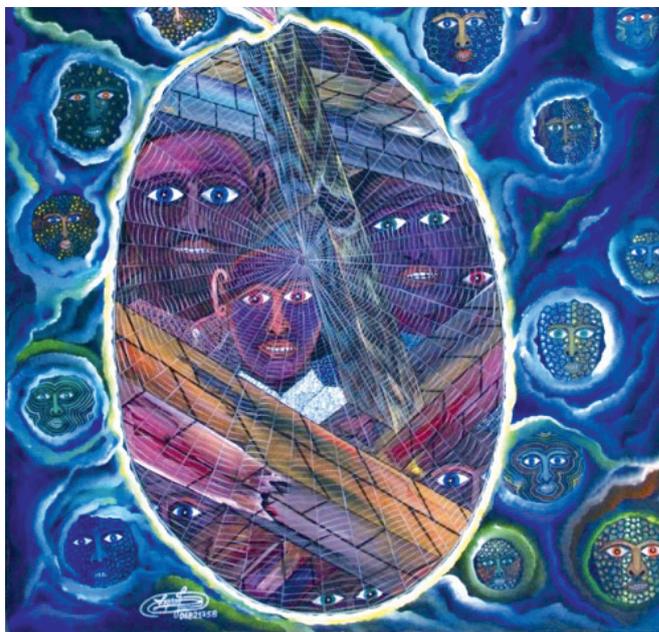


Fig.68: *Les prisonniers des décombres*, peinture (extrait), Frantz Zéphirin, peintre haïtien, janvier 2010 (source: <http://www.potomitan.info>)

7.1. LA RÉSILIENCE PAR L'INTERPRÉTATION, L'EXPLICATION ET LA MÉMOIRE

L'élaboration de ces savoirs se fonde sur quatre aspects se rapportant à la capacité à décoder le milieu ainsi qu'à élaborer et mettre en place des mesures ciblées de réduction de la vulnérabilité (DEKENS, 2007a, *op. cit.*) :

- l'observation attentive et quotidienne de l'environnement et la mise en relation des changements qui l'affectent avec les précédentes expériences ;
- l'anticipation d'un événement s'associant à la définition de mesures rapides et efficaces pour une mise en sécurité (p.e. voie de fuite, lieu de refuge) et une gestion de la crise (p.e. compétences et rôles particuliers) ;
- l'adaptation et l'évolution des stratégies de résilience, par un processus d'expérimentation, ajustement, innovation et mise au point de dispositions techniques et sociales ;
- la communication dans le temps (entre générations) et l'espace (entre communautés et endroits) par des supports oraux, graphiques et écrits, de connaissances relatives aux événements du passé ainsi qu'aux mesures à entreprendre pour réduire l'exposition des personnes et des habitats.

Nombreuses populations habitant des régions assujetties aux aléas naturels ont développé des systèmes particuliers permettant de transmettre les apprentissages tirés des événements du passé pour réduire l'impact de ceux à venir. Chaque communauté a élaboré ses propres outils et moyens de communication, en adaptation aux caractéristiques sociales, culturelles et physiques de son environnement de vie ; ce qui a donné lieu à une extraordinaire diversité de messages, supports et contenus. Ci après, quatre exemples explicitent le rôle de certaines interprétations, associations et explications à échelle individuelle et collective, par des canaux d'acquisition et de diffusion des informations qui diffèrent : de l'observation à la représentation, de l'oralité à la matérialité.

Interprétation du milieu¹⁵¹

L'observation et la compréhension de signes prémonitoires présents dans l'environnement naturel se rapportent aussi bien au monde végétal qu'animal.

En Haïti, pendant la saison cyclonique, les habitants de la zone de Cap Rouge savent que, quand un certain type d'arbre « retourne en dessous dessus » ses feuilles, une forte tempête s'approche.

Au Bangladesh, les habitants des villages situés sur les berges du fleuve Jamuna surveillent régulièrement le comportement des fourmis. Quand celles-ci grimpent jusqu'au niveau des toitures, les gens se préparent : une inondation est imminente.

La manifestation de ces signaux a souvent lieu avec une certaine avance par rapport à l'impact de l'aléa auquel ils se rapportent ; par conséquent, leur interprétation permet aux populations de disposer de suffisamment de temps pour mettre en œuvre des mesures rapides de mise en sécurité des biens et des personnes. Généralement, la constatation de ces changements enclenche une suite d'opérations permettant la validation des observations conduites ainsi que l'activation des procédures, au niveau individuel et collectif, pour gérer et réduire l'étendue de la possible crise. À titre d'exemple, à l'observation du comportement des fourmis s'associe celle de la couleur de l'eau de la rivière et l'écoute de son bruit, permettant l'estimation de l'ampleur de l'inondation, à laquelle suit la diffusion de l'alerte à l'ensemble de la communauté.

Indication d'un comportement¹⁵²

Déclanchées par un puissant séisme en décembre 2004, des vagues de plusieurs mètres frappèrent l'île indonésienne de Simeulue quelques dizaines de minutes après le début des secousses. Dans le village de Langi, à une quarantaine de kilomètres de l'épicentre, les habitants eurent à disposition seulement quelques minutes pour se réfugier dans les hauteurs avant qu'une vague de 10m déferle rasant complètement le village. Cependant, sur une population d'environ 800 personnes on ne compta aucune victime grâce à une connaissance, ancrée dans la mémoire collective, se référant à l'expérience d'un tsunami qui ravagea l'île en 1907. Celle-ci a été transmise entre générations par la narration des *smong* (mot signifiant « l'océan entrant dans les terres »), contes basés sur la succession de trois séquences reportant des constatations factuelles (des secousses sismiques, le retrait de la mer au-delà de la marée basse habituelle et la montée des eaux envahissant l'intérieur des terres) fournissant des informations précises au regard du comportement à suivre lors de phénomènes sismiques, particulièrement fréquents dans cette région. La narration se conclut souvent avec une recommandation : « Si une secousse très forte se produit et si la mer se retire peu de temps après, il faut se réfugier sur les collines car la mer se précipitera bientôt sur les terres ».

Explication d'un phénomène¹⁵³

Le Japon est un pays frappé par des séismes particulièrement fréquents et violents, phénomènes dont les populations locales ont parfois cherché à en expliquer les causes par le recours à des figures mythologiques.

Dès le lendemain du tremblement de terre qui ravagea la ville d'Edo en 1855, des milliers d'images représentant un énorme poisson-chat furent diffusées de manière anonyme. Selon les croyances de

151 Sources : analyses de terrain (Bangladesh, 12.2011 ; Haïti, 02.2011).

152 Sources : YALCINER, PERINCEK, ERSOY, et al., 2005 ; McADOO, DENGLER, PRASETYA, et al., 2006 ; YULIANTO, 2009.

153 Sources : BUTEL, GRIOLET, 1999 ; IKEYA, 2004 ; BRESSAN, 2012 ; SEVERN, 2012.

l'époque, l'origine des séismes était attribuée aux mouvements de ce poisson, nommé *Namazu*, qui habitait les profondeurs terrestres et qui était habituellement gardé immobilisé par le dieu Kashima, lui pressant une pierre sur la tête (Fig. 69a). Toutefois, dès que le dieu relâchait sa surveillance, *Namazu* en profitait pour provoquer des ravages dans le monde des humains. Nombreuses de ces illustrations associent la recherche d'explication d'un événement à une critique envers certains individus et institutions retenus tirer bénéfice de l'impact des séismes. Elles indiquent en particulier les artisans du secteur de la construction arrivant même à en dénoncer, de façon voilée, une certaine complicité avec *Namazu* (Figs.68 b et c).



Fig.69: Représentation du tremblement de terre (source: <http://pinktentacle.com2011>):
a) Le dieu Kashima immobilise *Namazu*, devant un group de petits poissons-chats représentant les séismes du passé ;
b) un *Namazu* est attaqué par des paysans mais, en arrière plan, les artisans et les constructeurs approchent pour lui venir en aide ;
c) un *Namazu* avec les outils pour la construction

Définition de marges de sécurité¹⁵⁴

Le long des côtes orientales du Japon, des centaines de pierres dressées à la verticale indiquent le niveau atteint par les tsunamis du passé. Si certaines d'entre elles datent de plusieurs siècles, nombreuses sont celles érigées suite à un tsunami qui, en 1896, provoqua des dizaines de milliers de victimes. Leur particularité réside dans les messages qu'y sont gravés, indiquant des comportements à adopter pour réduire la mise en danger des populations envers des événements futurs. Ces stèles constituent en effet des supports d'information permettant de prévenir les habitants de la zone, pendant plusieurs générations et même plusieurs siècles.

La pierre du village d'Aneyoshi dans la préfecture d'Iwate (Figs. 70 a, b et c) fournit des précises instructions au regard du site d'implantation des habitats. L'inscription prévient : « Les habitations élevées sont la paix et l'harmonie de nos descendants. Rappelez-vous le désastre du grand tsunami. Ne construisez pas de maison en dessous de ce point ! ». Consciente de l'importance et validité de ces messages, la population a construit ses habitations en suivant les avertissements des ancêtres. Lors du tsunami provoqué par un puissant séisme en mars 2011, les constructions de ce village ont été épargnées, malgré que les eaux aient ici atteint le niveau le plus élevé qui a été enregistré.



Fig.70: Pierre du village d'Aneyoshi (Japon) (crédits: a) Ko Sasaki, b) K. Ito, c) Ajayisandra)

154 Sources : FACKLER, 2011 ; SMITS, 2011 ; DIAS, DUTYKH, O'BRIEN, et al., 2012.

8. LE BÂTI, ENTRE RISQUE ET CULTURE

Les stratégies développées par les populations et les constructeurs vernaculaires pour bénéficier de la nature et, en même temps, se protéger de sa force destructrice ont généré des savoirs et savoir-faire extrêmement variés. Dans les régions exposées à des aléas naturels récurrents, la confrontation régulière avec ces phénomènes a conduit individus et communautés à expérimenter et mettre en œuvre des dispositions pour anticiper, réduire et surmonter les conséquences potentiellement désastreuses dérivant de leur impact sur l'habitat. Allant bien au-delà d'un niveau purement symbolique, ces mesures intègrent également une dimension technique, assumant une connotation tangible dans le développement d'une multitude de principes et typologies constructives à caractère parasinistre. En effet, si une culture du risque s'ancre fortement dans le système de croyances, valeurs et représentations propres à une communauté, elle est indissociable de l'élément qui de plus caractérise le milieu de vie de celle-ci : ses constructions et son environnement construit.

En tant qu'ensemble des connaissances techniques évoluées et adaptées au fil du temps, l'architecture vernaculaire de ces régions peut, par conséquent, être considérée comme la matérialisation des efforts par lesquels des particuliers et des groupes cherchent à répondre à des besoins spécifiques, soient-ils liés à la vie quotidienne, à des facteurs socioculturels ou à des phénomènes naturels tant ordinaires qu'extrêmes. Les artefacts construits deviennent de ce fait l'expression d'une technologie parasinistre purement locale.

La récurrence de certains aléas ainsi que la fréquence et l'intensité avec laquelle ils se manifestent ont permis la naissance spontanée de vraies et propres cultures *constructives* du risque, étroitement liées aux spécificités du contexte et à la mémoire que les populations acquièrent du comportement du bâti. Les cultures locales peuvent donc se caractériser par des pratiques sociales visant à réduire la vulnérabilité des personnes et/ou par des dispositions constructives visant à réduire la vulnérabilité de l'environnement construit. Une culture constructive du risque se définit alors comme *"l'ensemble des connaissances techniques et des comportements cohérents constituant un ensemble efficace pour réduire l'impact des risques locaux"* (FERRIGNI, 1990, *op. cit.*), comprenant des mesures aussi bien structurelles que non-structurelles¹⁵⁵ améliorant la résilience d'une population et de son habitat face aux aléas naturels. Leur développement est cependant directement corrélé à une fréquence et une intensité des phénomènes telles à permettre *"la sédimentation d'un savoir-faire technique - qui dans ce processus devient patrimoine commun de la communauté entière - conduisant à des formes cohérentes de comportement"* (HELLY, 2005, *op. cit.*, p. 129, trad. A. Caimi), comportements qui comprennent la totalité des pratiques, critères décisionnels et approches déterminant la manière d'une communauté de concevoir, réaliser et améliorer son milieu bâti.

Le savoir à l'origine des techniques vernaculaires parasinistres a été acquis, et continuellement mis à jour, de façon empirique par l'observation directe des effets des aléas naturels sur l'environnement construit. Le développement des formes architecturales, des technologies et des dispositifs constructifs se fonde par ce fait sur une approche de type expérimental¹⁵⁶ : chaque événement représente une opportunité pour tester l'efficacité des solutions et principes adoptés, en déclenchant des progrès et des innovations dans la connaissance. Cependant, la constatation des dégâts et la

155 Elles incluent des dispositions à court et long terme et indiquent respectivement : [mesures non structurelles] *"toute construction physique visant à réduire ou à éviter les impacts éventuels des aléas, ou l'application de mesures [...] pour assurer des structures ou systèmes résistants et résilients aux aléas"* ainsi que [mesures non structurelles] *"toute mesure [...] qui utilise les connaissances et la pratique visant à réduire les risques et les impacts, en particulier par le biais de politiques et de lois, par la sensibilisation du public, la formation et l'éducation"* (UNISDR, 2009, p. 21, *op. cit.*).

156 *"It is possible that such forms of culture develop in resident populations through processes which we can term Darwinian in their selection: following a calamity which has caused damage, buildings are not erected in the most affected areas so that the memory of the event remains; situation which are generally considered dangerous are either removed or modified; reconstruction work is carried out according to the designs which have shown to resist the event, and methods which have proved useless are abandoned"* (PIEROTTI, 2005, p. 92, *op. cit.*).

réparation/reconstruction des bâtiments endommagés ne sont pas suffisants pour que des acquis découlant de l'expérimentation s'enracinent dans la culture d'une communauté¹⁵⁷. Pour qu'une technique puisse être validée et le savoir(-faire) corrélé s'ancrer fermement en tant que pratique constructive courante, une même génération doit en effet être en mesure d'effectuer des constats, élaborer des hypothèses, les mettre en œuvre et, surtout, d'en vérifier la validité (FERRIGNI, HELLY, MAURO, et al., 2005, *op. cit.*). La notion du temps et de la mémoire entrent donc également en jeu.

La périodicité régulière (< 40 ans) d'un phénomène offre la possibilité d'analyser les dommages, identifier des nouvelles solutions, les tester, en tirer des conclusions et les transmettre à la génération suivante. Ce processus conduit à la constitution d'une culture du risque dite de la *prévention*¹⁵⁸, qui se fonde sur une mémoire vivante, continuellement entretenue et enrichie au fil du temps et des événements. Cette culture génère des mesures de réduction de la vulnérabilité, tant du bâti que de ses occupants, intégrées aux pratiques constructives et comportementales ordinaires et basées sur les principes et dispositifs ayant prouvé leur efficacité et pertinence (Fig. 71a).

En revanche, si les phénomènes se manifestent avec une récurrence plus réduite (> 40 ans), la mémoire des événements et de leurs effets s'atténue au fil du temps et les constructions sont consolidées au fur et à mesure, sans le développement d'une vraie stratégie préventive de réduction de leur vulnérabilité. Cette condition donne lieu à une culture dite de la *réparation*, caractérisée par l'apparition d'éléments contrastant avec l'homogénéité architecturale et/ou constructive d'un bâtiment : des « anomalies »¹⁵⁹ dérivant de modifications et améliorations ponctuelles (Fig. 71b), apportées subséquemment à sa construction (FERRIGNI, 1990, *op. cit.*).



Fig.71: a) Forme trapue et toiture à quatre pentes : aérodynamisme morphologique envers les vents cycloniques (Khulna, Bangladesh) ;
b) Contrefort réduisant la largeur du passage : renforcement ponctuel envers les sollicitations sismiques (Atrani, Italie)

Le concept associé au terme d' « anomalie », entendu en tant qu'« élément anormale, particularité », pourrait être étendu également à d'autres aspects trouvant leur raison d'être dans l'importance spécifique qu'ils assument vis-à-vis de la capacité du bâti à supporter l'impact de certains phénomènes. L'utilisation de matériaux qui ne correspondent pas à des ressources localement disponibles, la mise en œuvre d'une technique particulière ou l'adoption de solutions constructives demandant des efforts considérables (tant en termes financiers que de travail ou de compétences requises) peuvent

157 "For technical know-how to become « culture », and thus appreciably reduce vulnerability, the relevant knowledge must lead to consistent modes of behaviour" (FERRIGNI, 2005a, *op. cit.*, p. 302).

158 La caractérisation de ces différents types de culture du risque ainsi que la définition de l'influence de la fréquence et intensité des événements sur leurs spécificités, font partie des travaux conduits en relation à l'aléa sismique par les chercheurs du Centro Universitario per i Beni Culturali de Ravello (Italie), je me réfère en particulier aux ouvrages suivants : FERRIGNI, 1990, *op. cit.* ; FERRIGNI, HELLY, RIDEAUD, 1993 ; FERRIGNI, HELLY, MAURO, et al., 2005, *op. cit.*

159 "Elements which are evidence of alterations made after a building was originally erected, which are out of keeping with its architectural style and which usually encroach upon living comfort and/or reduce street width" (FERRIGNI, 2005c, p. 236).

être considérées comme des éléments singuliers, insolites, se révélant des indicateurs de réponses propres à des problèmes ou exigences exceptionnels. Pareillement, une attention et investissement particuliers pour une partie spécifique de la construction peuvent être significatifs de l'importance et de l'influence de celle-ci dans la résilience de l'ensemble du bâtiment¹⁶⁰; aspects qui sont toutefois plutôt représentatifs d'une culture de la prévention.

L'enracinement des connaissances et pratiques dans la culture d'une communauté ne dépend pas uniquement de la fréquence des aléas auxquels elle est exposée. L'ampleur de ces phénomènes ainsi que des facteurs à caractère exogène peuvent déterminer la consolidation de différents types de savoirs, ne conduisant pas nécessairement au développement d'une culture constructive du risque¹⁶¹. Ceci peut se vérifier lors de l'introduction, dans des pratiques existantes, de nouveaux principes constructifs ou comportementaux selon un procédé d'importation et/ou d'imposition ; situations qui se présentent souvent après l'impact d'un aléa, par le recours à des technologies non locales (p.e. dans le cadre de projets de reconstruction) ainsi que par la promulgation de règles de construction ou des recommandations officielles (FERRIGNI, HELLY, MAURO, et al., 2005, *op. cit.*).

Deux exemples historiquement proches illustrent particulièrement bien l'imposition par des autorités locales de mesures techniques référées au risque sismique.

Le premier cas concerne l'institution d'une politique préventive se rapportant aux dispositions prises par le gouvernement portugais après le séisme de 1755. Pour la reconstruction du centre ville de Lisbonne, un ensemble de prescriptions fut rendu obligatoire définissant la planification des quartiers, l'architecture des nouveaux immeubles ainsi qu'un système constructif expressément mis au point par un groupe d'ingénieurs (Fig. 72a ; cf. annexe A.3 : fiche « *Gaiola Pombalino* »).

Le deuxième cas se réfère à l'adoption de l'un des premiers règlements de construction parasismique de l'histoire. Ceci se rapporte à un système constructif vernaculaire apparu en Italie centrale et méridionale au cours du XIV^e siècle, et dont la diffusion fut déterminée par la capacité, constatée lors de différents événements, à supporter l'impact des séismes. Le caractère sismo-résistant de ce système fut officiellement reconnu à partir de 1784, lors qu'il fut inscrit dans les instructions royales promulguées par le gouvernement Bourbon pour la reconstruction après le séisme de 1783. Dès lors, il a été intégré dans la normative de construction parasismique de plusieurs régions italiennes, jusqu'aux réglementations éditées en 1909 pour la reconstruction post-séisme à Messine (Fig. 72b ; cf. annexe A.3 : fiche « *Casa baraccata – casa intelaiata* »).

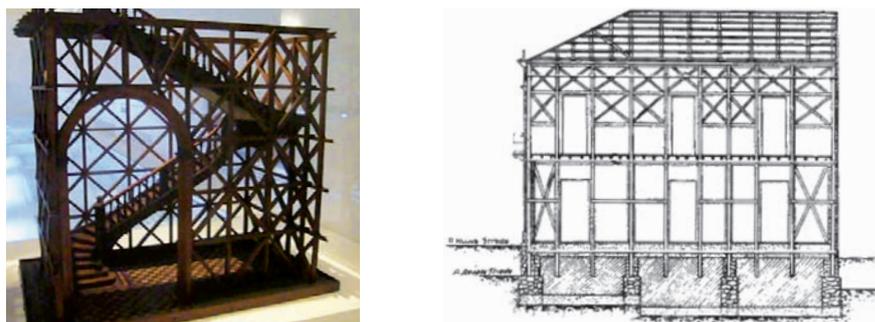


Fig.72: a) maquette du système *gaiola pombalino* (crédits: Galinhola- Wikimedia Commons) ;
b) projet pour *casa baraccata* à Reggio Calabria, 1913 (source: BARUCCI, 1990)

160 À titre d'exemple, la réalisation de toiture à quatre pentes comporte un investissement décidément plus important qu'une toiture à deux pentes. Cependant, cette forme de toiture permet de réduire considérablement la vulnérabilité d'une construction à l'impact du vent. Dans la région de Khulna (Bangladesh), frappée annuellement par des cyclones, les toitures sont systématiquement réalisées avec quatre pentes, même dans le cas de structures très modestes (Source : analyses de terrain, novembre 2012).

161 Des phénomènes particulièrement violents causant une destruction quasiment généralisée ou, à l'autre but du spectre, d'intensité très faible, ne permettent pas d'effectuer une analyse des dommages avec une conséquente sélection des techniques et dispositions les plus performantes. En fait, "only earthquakes which follow upon one another at suitable time lags and with « appropriate » recurrence and intensity are likely to result in a sound Local Seismic Culture" (FERRIGNI, 2005b, p. 207), logique qui peut être entendue également à d'autres types d'aléas se présentant avec régularité historique (p.e. les cyclones).

L'adoption et l'affirmation de nouvelles règles et pratiques de réduction de la vulnérabilité peuvent se révéler extrêmement fragiles sur la durée, en particulier lors de leur introduction par le biais de normes et prescriptions. Dans l'exemple portugais, les règles promulguées étaient transmises de manière informelle entre les artisans, assumées donc comme un code de pratique. À cause d'une période de retour très longue des phénomènes sismiques, la conscience envers l'importance de ces mesures se dilua dans le temps et, vers la fin du XIX^e siècle, leur application fut complètement abandonnée. Par ailleurs, dans le cas de la normative italienne, les constats dressés suite à plusieurs séismes révélèrent les limites d'une « culture imposée par décret ». Dans de nombreuses situations, le non-respect des règles de l'art et le manque d'entretien d'une culture du risque conduirent à une dégénération des pratiques constructives qui, même si utilisant les systèmes préconisés à titre officiel, perdirent les caractères et la fonction parasismiques qui leur été associés¹⁶².

De fait, s'ils ne sont pas assimilés et/ou reproductibles par les populations et les constructeurs, les critères et prescriptions introduits ne deviendront pas partie intégrante de la culture constructive locale. En revanche, l'élaboration et la constatation directe de l'efficacité de certaines mesures et principes constructifs favorisent leur intégration dans le mode de construction particulier d'une région, en déterminant par conséquent son architecture vernaculaire¹⁶³. Si la fréquence et l'intensité des phénomènes constituent des éléments décisifs pour le développement et l'affirmation d'une culture constructive du risque, d'autres aspects (les matériaux employés, l'expérience des constructeurs, les techniques en vogue à une certaine époque, des nouvelles routes commerciales, etc.) influent également sur ses spécificités, la manière dont elle évolue et les expressions qu'elle assume (FERRIGNI, 2005c, *op. cit.*). Dans la caractérisation de la notion de culture constructive du risque, deux paramètres émergent : les types de mesures mises en œuvre pour réduire la vulnérabilité du bâti et les échelles physiques auxquelles celles-ci s'appliquent. Dans les chapitres suivants, j'approfondis ces aspects de manière distincte, en identifiant d'abord les caractères que ces dispositions assument (chap. 9), pour ensuite investiguer leur référence à des échelles différentes, allant du territoire jusqu'au détail constructif (chap. 10).



Fig.73: Habitat vernaculaire parasinistre, bas-relief, temple de Borobudur, Indonésie, VIII et IX siècles (crédits: P. Garnier)

162 Le cas des normes et des systèmes de construction parasismiques prescrits à partir de la fin du XVIII^e siècle en Italie est, à cet égard, assez emblématique. Les constats dressés suite aux événements qui eurent lieu au cours des siècles suivants mirent en évidence deux aspects qui marquent leur insuccès. D'une part, *"le stesse case "baraccate", ottime sulla carta dei tecnici, in realtà vennero costruite così male che durante il terremoto calabro-siculo del 1894 crollarono per la maggior parte. Dalla relazione sull'inchiesta fatta per questo terremoto leggiamo: "Le case baraccate fecero in massima cattiva prova; ma ciò deriva essenzialmente da vizio di costruzione e dai materiali troppo pesanti"* (LANER, BARBISAN, 1986, p. 59). D'autre part, *"pare che la lezione del terremoto in una regione come la Sicilia, non venga neanche lontanamente recepita. Anche se il dopo Messina è stato caratterizzato da numerosissime proposte per costruzioni antisismiche, molte di queste sono rimaste o timido esperimento o utopistiche idee. Anzi, come purtroppo spesso accade in simili situazioni, tutti si improvvisarono "esperti" mescolandosi fra i pochi tecnici preparati"* (Ibid., p. 74).

163 *"Specialmente nelle aree dove esistono culture sismiche locali, la disposizione dei materiali che costituiscono l'edificato (blocchi di pietra, mattoni, trabeazioni, legamenti e simili) è [...] tutt'altro che casuale e obbedisce spesso a una precisa disciplina, che la tradizione trasforma in "regola d'arte"* (PIEROTTI, ULIVIERI, 2001, p. 29, *op. cit.*).

9. LES CULTURES CONSTRUCTIVES DU RISQUE : ENTRE TECHNIQUE ET PRATIQUE, ENTRE TEMPORAIRE ET PERMANENT

Les communautés habitant des régions exposées à des aléas naturels récurrents ont presque systématiquement élaboré des règles empiriques prenant en considération les risques intrinsèques au contexte, en y associant des dispositions visant à limiter leurs effets sur le bâti et à préserver la vie de ses occupants. Ces mesures varient d'aléa à aléa, de région en région, voire même entre individus de la même communauté. Elles se déclinent à des niveaux multiples, s'inscrivant parfois dans une dimension qui va au-delà de celle strictement technique, se rapportant à l'ordre de la pratique et du comportement (DEKENS, 2007b ; UNISDR, 2008). Elles comprennent en effet non seulement des solutions constructives, mais également des vraies et propres stratégies d'atténuation, touchant plusieurs domaines (construction, gestion des ressources, planification du territoire, etc.) et échelles (individuelle et collective, communautaire et institutionnelle).

Généralement, les mesures de réduction de la vulnérabilité sont différenciées selon leur caractère « structurel » ou « non-structurel » (UNISDR, 2009, *op. cit.*). Toutefois, l'investigation entreprise au cours de cette recherche a déterminé l'identification d'une multiplicité d'expressions et de modalités d'intégration des risques locaux dans les pratiques constructives vernaculaires, mettent en particulier en évidence la relation étroite pouvant subsister entre la résilience du bâti et les comportements adoptés par ses constructeurs et habitants. Les constats effectués m'ont conduit à proposer un principe de différenciation qui soit directement référé aux pratiques parasismes inhérentes à l'architecture vernaculaire. Cette distinction s'articule sur la base de trois différents caractères relatifs aux modes de bâtir et de contraster les conséquences potentielles de l'impact des phénomènes naturels : des mesures techniques de type permanent, des mesures techniques de type temporaire ainsi que des mesures comportementales. Ces trois dimensions exercent une influence directe sur la conception et les spécificités du bâti ainsi que sur sa vulnérabilité effective (Fig. 74). Elles ne sont pas exclusives ni nécessairement présentes de façon constante ou simultanée, toutefois elles sont généralement adoptées de manière diffuse par la plupart ou l'ensemble des membres d'une communauté. Dans la partie suivante, je définis¹⁶⁴ ces trois types de mesures se rapportant aux approches et principes relatifs à la dimension « construite » d'une culture du risque, aux modalités donc par lesquelles elle se traduit dans les caractéristiques des artefacts et de l'environnement bâti d'une communauté.

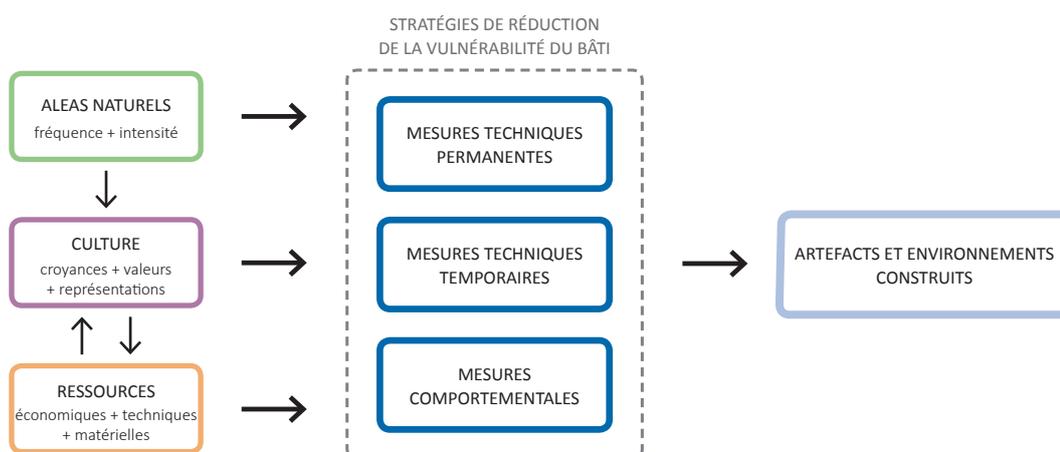


Fig.74: Facteurs d'influence et caractères des stratégies vernaculaires de réduction de la vulnérabilité

¹⁶⁴ Leurs particularités sont présentées sur la base d'exemples identifiés lors d'analyses de terrain conduites au Bangladesh (entre 2011 et 2012) et en Haïti (entre 2011 et 2013), en parallèle au développement d'une méthodologie d'analyse des cultures constructives locales (cf. partie 2).

9.1. MESURES TECHNIQUES PERMANENTES

Les dispositions caractérisant les spécificités structurelles et constructives d'un bâtiment ainsi qu'influençant, de la manière la plus marquée, sa capacité effective à faire face à l'impact des aléas naturels sont celles relevant de la sphère technique et correspondant au type permanent. Intégrées à une construction depuis sa réalisation, elles se déclinent en des systèmes, détails et dispositifs particuliers qui, calibrés à la fréquence et intensité avec lesquelles les phénomènes naturels se manifestent, réduisent de manière ciblée la vulnérabilité de parties spécifiques du bâtiment¹⁶⁵.

Certaines architectures vernaculaires de la région de Mymensingh (Bangladesh) présentent une solution minimaliste mais très efficace réduisant les risques d'envol des toitures sous l'action de vents violents. Dans les constructions réalisées avec la technique de la bauge, les poutres sablières sont ancrées par des cordes de part et d'autre du mur à des pièces en bambou qui traversent toute son épaisseur, empêchant ainsi l'arrachement de la charpente (Fig. 75a).

Dans les régions affectées par différents types d'aléas, plusieurs mesures de type permanent peuvent être intégrées à une même construction, en relation à chaque phénomène particulier.

Dans la région de Khulna (Bangladesh), la fréquence annuelle des cyclones a conduit les constructeurs à ligaturer les tuiles de couverture à la structure de la toiture, pour en prévenir l'envol. À des intervalles réguliers, des cordes relient des bambous disposés en parallèle aux liteaux au-dessus des tuiles, en créant une continuité de connexion avec la charpente du toit (Fig. 75b). Les constructions vernaculaires de cette région présentent également l'utilisation d'une masse d'usure en tant que dispositif de protection du soubassement en terre envers les inondations, particulièrement récurrentes (Fig. 75c). Le soubassement se caractérise par une forme en double marche se rapportant spécifiquement aux caractéristiques locales des inondations : la hauteur de la marche supérieure est calibrée au niveau des phénomènes exceptionnels, tandis que celle inférieure correspond au niveau des inondations saisonnières, en limitant ainsi les réparations à une zone réduite.

Un seul dispositif permet parfois d'améliorer le comportement de la structure envers des aléas multiples. Dans les habitations vernaculaires des zones rurales d'Haïti, exposées aussi bien à des cyclones qu'à des tremblements de terre, la faible hauteur sous toiture limite la prise au vent et, baissant le centre de gravité du bâtiment, favorise également une bonne résistance aux séismes. En outre, la stabilité de la structure envers les sollicitations imposées par ces deux types de phénomènes est améliorée davantage par des contreventements horizontaux positionnés aux quatre angles de la poutre sablière solidarissant l'ossature en bois.

De plus, certains éléments architecturaux ne répondent pas uniquement à des nécessités fonctionnelles ou esthétiques, mais assurent également un rôle structurel.

Dans certaines constructions rurales haïtiennes, un système de clôture de la galerie employant des planches en bois, positionnées en croix entre les poteaux, permet une solidarisation de la structure qui, même en cas d'écroulement du soubassement, maintient une certaine cohérence et évite l'effondrement (Fig. 75d).



Fig.75: Bangladesh: a) ancrage de la poutre sablière ; b) stabilisation des tuiles par ligature ; c) masse d'usure en double marche ; d) Haïti : clôture de la galerie agissant comme un système de contreventement

¹⁶⁵ Plusieurs exemples de dispositions correspondant à ce type de mesure sont analysés de manière approfondie dans le chap. 10 : « Echelles d'application ».

9.2. MESURES TECHNIQUES TEMPORAIRES

Les mesures techniques visant à réduire la vulnérabilité du bâti assument, parfois, un caractère ponctuel et temporaire, déterminé par une durabilité limitée des solutions mises en œuvre et/ou par leur utilisation sur une période restreinte. Les dispositions correspondantes à ce type de mesures peuvent être mises en place juste avant l'impact d'un aléa prévisible (p.e. cyclones, inondations) et retirées par la suite, ou être réalisées avec des matériaux et des dispositifs qui se détériorent facilement mais assurant un remplacement rapide et demandant peu d'efforts économiques et techniques.

Bien que contribuant à en réduire la vulnérabilité, ces mesures n'influencent généralement pas les caractéristiques de la structure principale. Il s'agit en effet de mesures supplémentaires, souvent en réponse à des problèmes et/ou faiblesses particulières qui demanderaient des investissements trop importants pour des solutions de type permanent. Leur particularité réside dans la simplicité de mise en œuvre et l'utilisation de matériaux très facilement, voire gratuitement, disponibles et/ou couramment employés, même pour des activités autres que la construction. En fait, elles constituent des solutions « à portée d'habitant », ne nécessitant pas de compétences particulières et pouvant être mises en place et/ou substituées directement par les occupants mêmes.

Il est intéressant de noter comment, en relation à un problème spécifique le même type de solution ait parfois été adopté dans des endroits bien différents, tout en adaptant les modalités de sa mise en œuvre aux caractéristiques du bâti.

Dans certaines régions du Bangladesh, une disposition similaire est employée pour réduire la vulnérabilité de la toiture au vent. Dans le district de Kanaighat (région de Sylhet), les habitations ont généralement des toitures à deux pentes ; un système utilisant des bambous disposés en dessus de la couverture en tôle et reliés avec des cordes à des piquets enfoncés dans le sol empêche son arrachement lors des tempêtes qui affectent fréquemment la zone (Fig. 76a). En revanche, dans le district d'Assassuni (région de Khulna) les toitures ont une forme à quatre pentes. Cette morphologie de toiture permet une certaine limitation des effets du vent sur le bâtiment, néanmoins des dispositifs supplémentaires sont mis en place pour en réduire ultérieurement la vulnérabilité aux cyclones annuels. Aux angles du bâtiment, les poutres sablières sont connectées avec des cordes à des piquets enfoncés dans le sol (Fig. 76b), ou à des arbres en proximité, assurant ainsi une consolidation de la charpente. Des filets de pêche et des grilles en bambou fixées à la structure primaire stabilisent en outre la couverture. Le premier système étant assez souple est utilisé pour les toitures en tuiles (Fig. 76c) tandis que le deuxième, plus rigide, est employé pour des couvertures en feuilles de palmier (Fig. 76d). Ces solutions sont mises en place juste avant l'impact d'un cyclone et utilisent les matériaux localement disponibles, y compris en recyclant des objets ne pouvant plus être employés pour leur fin d'origine (p.e. filet de pêche irrécupérable).



Fig.76: Bangladesh : a) systèmes d'haubanage des toitures à (a) deux pentes et (b) quatre pentes ; stabilisation de la couverture avec (c) des filets de pêche et (d) des grilles en bambou

9.3. MESURES COMPORTEMENTALES

La conception d'une construction, de sa morphologie et de ses particularités techniques, peut se révéler directement liée au comportement adopté par ses habitants, lors d'événements particuliers. Si la fréquence avec laquelle un certain phénomène se manifeste influence considérablement les solutions constructives mises en œuvre, son ampleur et les moyens dont disposent ses constructeurs et occupants pour en faire face, peuvent déterminer les caractéristiques physiques d'un bâtiment. D'une part, l'étendue et/ou la puissance de l'aléa peut situer littéralement hors de portée toute tentative de solution suffisamment résistante. D'autre part, les ressources disponibles peuvent ne pas consentir la mise en place de techniques ou dispositifs particuliers¹⁶⁶. Contraints à trouver un équilibre entre ces limites et la nécessité d'assurer une certaine protection des personnes et des biens, les populations développent parfois des solutions comportementales conditionnant les typologies architecturales, le choix des techniques et des matériaux de construction, et même les détails et les assemblages employés pour leur mise en œuvre.

L'exemple des communautés habitant dans la région de Dinajpur (Bangladesh) illustre particulièrement bien ce concept¹⁶⁷. Dans le district de Gaibandha, les villages situés le long des berges de la rivière Yamuna sont affectés par des inondations annuelles relativement modérées (niveau de l'eau : environ 40cm) et, tous les 2-3 ans, par des crues importantes (l'eau pouvant atteindre presque 2m). Dans le premier cas, les populations locales ont été en mesure de mettre en œuvre des solutions abordables pour protéger leur habitat. Par contre, toute tentative de construire des structures capables de faire face à l'impact des phénomènes de grande ampleur s'avère quasiment impossible. Une approche antithétique a donc été adoptée : à une construction résistante l'on privilégie une construction temporairement déplaçable. Lors d'inondations exceptionnelles les habitations sont démontées et transportées, à pieds ou par bateau, en un lieu sûr (digue ou intérieur des terres) et leurs composants sont utilisés pour réaliser des abris temporaires. Une fois la situation retournée à la normale, elles sont remontées à l'emplacement d'origine. Ces constructions sont de fait conçues pour être rapidement et facilement démantelées et déplacées par les habitants eux-mêmes (Fig. 77). Cette pratique a directement influencé la typologie architecturale et structurelle de l'habitat, mais également le choix des matériaux (bambou, tôles, panneaux de roseaux, poteaux en béton à section réduite, etc.) qui sont particulièrement légers et permettent la subdivision de l'ensemble du bâtiment en parties aisément maniables, sans impliquer un démantèlement complet. Pareillement, le système de connexion entre les différents éléments de la construction utilise des assemblages réalisés de manière à être rapidement ouverts et réutilisés, tout en assurant une certaine résistance envers l'impact de vents violents qui affectent la zone : cordes en bambou, fils de fer, barres d'armature des poteaux en béton pliées à crochet dans lequel les poutres sablières peuvent être (des)encastrées avec un coup de marteau.



Fig.77: Bangladesh, région de Dinajpur, district de Gaibandha : construction déplaçable en matériaux légers
(source photo b: www.sos-arsenic.net)

¹⁶⁶ La vulnérabilité effective du bâti peut en outre être accentuée par d'autres facteurs relatifs à conditions particulières de ses utilisateurs et propriétaires (p.e. site particulièrement exposé, précarité économique, etc.).

¹⁶⁷ Bien que l'exemple présenté se réfère à un aléa prévisible, il n'est pas exclu que les comportements adoptés lors de phénomènes soudains (tels que les séismes) puissent également déterminer des spécificités particulières du bâti.

9.4. RÉSILIENCE DU BÂTI VERNACULAIRE : UNE APPROCHE PLURIDIMENSIONNELLE

Les cultures constructives du risque intègrent une multiplicité de stratégies et dispositions visant à réduire, de manière préventive, la vulnérabilité de l'environnement construit envers des phénomènes naturels exceptionnels et récurrents. D'un point de vue technique, les mesures mises en œuvre par les bâtisseurs vernaculaires se rapportent à deux caractères particuliers : des mesures de type permanent intégrées durablement à la structure, et des mesures de type temporaire en raison de leur nature éphémère. Toutefois, si les dispositions techniques influencent la capacité effective d'une construction à faire face à l'impact des aléas naturels, celles découlant des pratiques et comportements adoptés par ses habitants déterminent aussi bien la vulnérabilité que les caractéristiques physiques du bâti (Fig. 78).

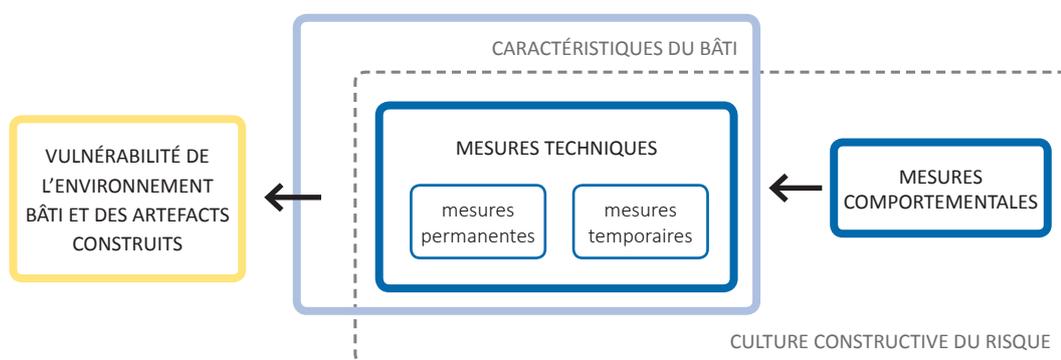


Fig.78: Caractères et spectre d'influence des mesures de réduction de la vulnérabilité se rapportant à une culture constructive du risque

En relation à ces trois caractères les suivantes considérations peuvent être effectuées :

- dans un même bâtiment, plusieurs dispositifs de type permanent peuvent être mis en place en association à des dispositions temporaires et/ou comportementales. L'ensemble de ces mesures constitue souvent un système extrêmement efficace de réduction de la vulnérabilité, tant du bâti que des ses occupants ;
- les dispositions à caractère temporaire, outre à constituer des dispositifs simples à mettre en œuvre, représentent également des solutions particulièrement économiques permettant, à ceux qui n'ont pas les moyens d'adopter des solutions plus performantes, de réduire au moins en partie la vulnérabilité de leur habitat ;
- les mesures de type comportemental peuvent avoir une influence non négligeable sur les caractéristiques architecturales et constructives du bâti. Elles sont en fait particulièrement représentatives des éléments considérés par la population comme prioritaires à sauvegarder ainsi que des solutions qu'elle retient viables, face à des phénomènes dont l'ampleur ne consent pas d'adopter des systèmes plus résistants et, au même temps, financièrement accessibles.

10. MESURES DE RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITÉ : ÉCHELLES D'APPLICATION

La vulnérabilité d'une construction est directement influencée par des facteurs se rapportant à des échelles multiples : le territoire, l'ensemble construit, la structure d'un bâtiment jusqu'aux caractéristiques de certains de ses détails. En vue de saisir les modalités de concrétisation des pratiques de résilience intrinsèquement liées aux architectures vernaculaires et, plus particulièrement, les approches et dispositifs directement corrélés à la manifestation de phénomènes naturels majeurs, je considère l'ensemble des niveaux dans lesquels ceux-ci s'inscrivent. Dans ce chapitre, je présente différentes mesures identifiées en relation à des cas dérivants de la littérature existante ainsi que d'analyses conduites sur le terrain, précédemment et au cours de cette recherche. Selon un principe de « zoom in », cette prospection démarre à l'échelle du territoire (chap. 10.1) pour ensuite plonger dans celle du bâtiment, approfondissant les systèmes structurels (chap. 10.2) ainsi que les dispositifs et principes régissant le comportement des constructions vernaculaires et leur capacité de résilience envers des sollicitations exceptionnelles (chap. 10.3).

10.1. LE TERRITOIRE : DE LA GESTION À LA PLANIFICATION

Selon la nature des aléas, la prise en compte de l'échelle territoriale dans le développement de mesures de réduction de la vulnérabilité influence en manière considérable l'exposition effective des populations et du bâti. Outre que par la proximité et la disponibilité stratégiques de ressources naturelles garantissant la survie, le choix du site d'implantation d'un village ou d'une ville a souvent été déterminé par des critères tels que la sécurité et la protection envers d'autres groupes humains et des phénomènes naturels, climatiques, géologiques et atmosphériques.

“Les communautés qui habitent dans des zones exposées à des aléas naturels développent inévitablement certaines « règles de pratique » en matière de gestion territoriale qui tiennent en compte les risques spécifiques au niveau local” (FERRIGNI, 2005c, *op. cit.*, p. 190, trad. A. Caimi). Ces règles se rapportent essentiellement à deux aspects : l'interprétation du territoire et la mise en place de dispositions réduisant les effets potentiels des phénomènes locaux. D'une part, la capacité des populations à déchiffrer les signaux présents dans l'environnement naturel, permettant notamment d'identifier les sites particulièrement exposés (p.e. couloirs d'avalanche, zones inondables, etc.), est à l'origine de la sélection des endroits les plus propices pour une installation durable de l'habitat¹⁶⁸. À cet égard, les constructeurs vernaculaires ont parfois fait preuve d'une connaissance et une compréhension remarquables envers des caractéristiques difficilement décelables (p.e. la nature du sol) influençant de manière décisive les effets de certains aléas, dont la manifestation se révèle rarement détectable à l'avance (p.e. les séismes)¹⁶⁹. Cependant, certains phénomènes très localisés (p.e. glissements de terrain) et/ou affectant de façon récurrente les mêmes zones (p.e. avalanches ou inondations) conditionnent le choix du site d'implantation, mais n'influencent pas nécessairement les techniques constructives employées pour le bâti ; la collocation dans un site protégé et/ou la mise en place de mesures d'aménagement peuvent, dans ces cas, s'avérer suffisantes.

168 *“The founders of a city paid careful attention to the characteristics of the site. Wherever a community settles, it can always be assumed to act in a long-term perspective since it simply cannot afford to risk investing the huge resources required to lay out streets and build houses, temples or harbours in a place which in the end proves unsuitable and must be abandoned. The ecohistorical analysis of how settlements were founded and gradually turned into towns, shows that sites were chosen according to rigorous criteria: they had to be stable, easily protected and not far from strategic natural features”* (FERRIGNI, 2005a, *op. cit.*, p. 99).

169 À ce propos, les constructions datant de l'époque minoenne à Crète révèlent une particulière adaptation au site d'implantation. Elles se situent en correspondance de sols solides, particulièrement favorables en relation à la sismicité locale, et elles reposent sur des fondations dont le type et la profondeur s'adaptent aux différents niveaux du substrat rocheux (POURSOUILLIS, DALONGEVILLE, HELLY, 2000).



Fig.79: Bangladesh : a) protection envers les vents cycloniques : barrière végétale ; réduction de l'érosion des berges lors des inondations : b) grille de protection, c) plantation de vétiver pour la stabilisation de la digue

D'autre part, l'expérience acquise au fil du temps et des événements a conduit à l'élaboration de dispositions spécifiques pour réduire les conséquences potentielles découlant de l'impact des aléas sur le territoire. Les mesures d'atténuation mises en œuvre peuvent comprendre la création de structures de protection¹⁷⁰ des zones habitées ainsi que des modalités particulières de gestion des ressources naturelles¹⁷¹ (UNISDR, 2008, *op. cit.*). Parfois, ces différentes approches s'associent, en intégrant également une prise en compte des risques étendue à l'organisation et principe d'implantation du bâti¹⁷².

Les mesures de réduction de la vulnérabilité à échelle territoriale constituent, de fait, des dispositions de type préventif collectivement connues et pratiquées, souvent en rapport étroit avec les activités quotidiennes et les sources de subsistance de la communauté. Ici de suite, je présente deux exemples particulièrement explicites d'une prise en considération multi-échelle des aléas locaux (cf. exemple 1 : Japon), assumant dans certains cas le caractère d'une vraie et propre politique délibérée de gestion du risque (cf. exemple 2 : Grèce).

170 Dans le district de Chitral au Pakistan, des murs de protection en maçonnerie de pierres avec des renforcements en bois étaient réalisés pour protéger les zones habitées des crues éclaircies affectant régulièrement les vallées de montagne (DEKENS, 2007, *op. cit.*).

171 Dans la région de Mymensingh au Bangladesh, les populations tirent profit des caractéristiques propres à un type particulier de plante pour atténuer leur exposition aux inondations et aux glissements de terrain. Le long des digues, des berges des rivières et des terrains en pente, le vétiver est en effet régulièrement planté pour stabiliser le sol et pour réduire l'effet d'érosion de l'eau, grâce à ses racines longues de plusieurs mètres (Source : analyses de terrain, novembre 2012).

172 Dans les régions exposées à des phénomènes cycloniques ou à des vents violents, les habitations sont souvent protégées par de la végétation qui, entourant complètement les constructions ou se situant transversalement à la principale direction du vent, constitue une barrière coupe-vent naturelle. Les essences plantées correspondent généralement à des types bien particuliers, garantissant l'apport de nourriture (p.e. arbres fruitiers) et se caractérisant par une certaine souplesse (p.e. bananiers, bambous, etc.), de manière à réduire le risque d'endommagement dérivant de la chute de parties ou de la plante entière sur les habitations. En outre, les habitats sont disposés de manière à couper le flux du vent, en réduisant ainsi sa force et son impact sur les constructions.

EXEMPLE 1 / JAPON, PRÉFECTURE DE GIFU: UNE APPROCHE MULTI-ÉCHELLE ENVERS LES INONDATIONS¹⁷³

Se situant à la jonction entre trois rivières, la préfecture de Gifu est particulièrement exposée aux inondations, qui ont lieu avec une récurrence annuelle. Les mesures de réduction de la vulnérabilité mises en place par les populations comprennent trois principaux types de dispositifs se rapportant chacun à une fonction particulière et s'appliquant à des niveaux différents.

- Prévention des inondations

La réalisation de digues circulaires (connues avec le nom de *waju*) protégeant les zones habitées et cultivées (Fig.80a), est une pratique dont les origines remontent au XIV^e siècles. Initialement, ces structures étaient construites pour assurer une protection envers le courant direct du fleuve ; elles avaient alors une forme en U ou en V tournées en sens opposé au cours de la rivière (Fig. 80b). Par la suite, des remblais supplémentaires furent réalisés pour éviter le phénomène de reflux dans les zones inférieures, en déterminant ainsi une configuration en anneau fermé (Fig. 80c). Suite aux dispositions entreprises par le gouvernement local pendant le XVIII^e siècle, la fréquence des inondations diminua considérablement et, avec elle, l'importance de ces ouvrages qui furent partiellement détruits pour accroître l'exploitation des terres.

- Contrôle de l'érosion

Pour limiter la dégradation des berges et des digues, des structures (appelées *hijiri-ushi*) en bois stabilisées avec des pierres étaient mises en œuvre le long des rivières pour réduire la force du courant et les effets d'érosion (Fig. 80d). Cette mesure est encore employée aujourd'hui, avec seulement une modification dans le type de matériau employé (le bois a été substitué avec le béton) pour en augmenter la durabilité.

- Réduction des dommages

Des constructions surélevées (*mizuya*) étaient couramment utilisées en tant qu'espace de stockage pour protéger les biens lors des inondations. Suite à une crue particulièrement élevée, en 1896, des modifications furent apportées, telles que un doublage de l'hauteur du soubassement ainsi que des aménagements particuliers (incluant même une embarcation de sauvetage), en les transformant en des vrais et propres refuges d'urgence équipés pour abriter les habitants pendant une longue période (Fig. 80e).



Fig.80: a) digue circulaire *waju* (source: SHAW, TAKEUCHI, 2007) ;
b et c) : évolution de la forme des digues *waju* (source: HIRUNSALEE, JANMAIMOO, YUSUKE, et al. 2009)
d) : structures *hijiri-ushi* mises en place le long des berges des rivières (source: <http://www.panoramio.com>) ;
e) : surélévation des habitats (source: www.city.ogaki.lg.jp.e.ab.hp.transer.com)

¹⁷³ Sources : HIRUNSALEE, JANMAIMOO, YUSUKE, et al., 2009 ; KARAN, 2010 ; SHAW, TAKEUCHI, 2007 ; TAKEUCHI, KAMEDA, SHAW, et al., 2007 ; TAKEUCHI, SHAW, 2008.

EXEMPLE 2 / GRÈCE, ÎLE DE CRÈTE : DES PRINCIPES PARASISMIQUES DE L'HABITAT À LA VILLE¹⁷⁴

La civilisation Minoenne (3000 BC-1050 av. J.-C.) habitant l'île de Crète a été, pendant des siècles, confrontée à la sismicité modérée mais récurrente de la région. La prise en compte de ce risque s'est traduite dans la mise au point de techniques et dispositifs parasismiques s'appliquant à l'organisation spatiale interne des bâtiments jusqu'à l'échelle de la planification urbaine ; et cela tant pour la conception et réalisation de nouvelles structures que pour la réhabilitation de l'existant. Ces mesures se rapportent à l'application de principes dérivant d'une évolution typologique d'une morphologie « agglutinée », caractérisée par des bâtiments adossés suite à l'accolement successif d'habitations (Fig. 81a), vers une morphologie « délimitée », définie par des constructions individualisées séparées les unes des autres (Fig. 81b).

À partir de 1750 av. J.-C. cette dernière typologie s'impose, s'optimisant en un plan symétrique déterminant une structuration des bâtiments par association de blocs distincts. Les espaces intérieurs sont divisés en unités indépendantes : les zones de distribution entre les différents blocs assument le rôle de joints de séparation, conférant à chaque unité un comportement dynamique autonome ; ce qui permet de réduire les dommages potentiels en cas de sollicitations sismiques. Ce principe de déconnexion a été appliqué de l'échelle des habitations jusqu'à la structuration de l'espace urbain avec une individualisation et désolidarisation des îlots (Fig. 81c). Ces mesures, dont la mise en œuvre perdura tout au long de la civilisation Minoenne, explicitent une volonté de gestion du risque assumant une connotation quasiment politique, étendue à plusieurs localités et ensembles construits.



Fig.81: a) évolution du plan agglutinée de Myrtos Fournou Korifi (source: WHITELAW, 1983);
Plan découpé en blocs dynamiques : b) palais de Mallia (source: POURSOU LIS, DALONGEVILLE, HELLY, 2000),
c) ville de Kato Zakros (source: POURSOU LIS, 2011)

174 Sources : WHITELAW, 1983 ; DRIESSEN, 1987 ; POURSOU LIS, DALONGEVILLE, HELLY, 2000, *op. cit.* ; POURSOU LIS, 2005, 2011.

10.2. LE BÂTI : APPROCHES, SYSTÈMES ET DISPOSITIFS

La capacité du bâti vernaculaire à faire face à l'impact des aléas locaux se rapporte à la combinaison de plusieurs facteurs, parmi lesquels les caractéristiques architecturales et structurelles, les technologies (matériaux et techniques) utilisées ainsi que les dispositions et détails constructifs mis en œuvre. Les spécificités de ces éléments, associées aux propriétés inhérentes aux matériaux employés et à leur usage particulier, influent considérablement sur le comportement et sur les modalités de réaction d'une structure sous l'impact d'un certain type de phénomène. À l'échelle du bâtiment, les cultures constructives du risque se distinguent par l'adoption d'une multiplicité de stratégies se rapportant à la conception et à la matérialité des artefacts construits. Leur caractérisation est directement influencée par les ressources disponibles, la nature et les spécificités locales des aléas naturels ainsi que par la perception et interprétation qu'une communauté développe à l'égard de certains phénomènes et de sa propre capacité à en faire face. En effet, le choix de certaines solutions peut ne pas être dicté uniquement par les risques existants, mais également par des facteurs d'ordre naturel (p.e. disponibilité de certains matériaux), économique (p.e. accessibilité à certaines matières ou compétences) et socioculturel (p.e. échanges avec d'autres populations) ainsi que par le caractère et la fonction spécifique à l'ouvrage (p.e. habitation, bâtiment religieux, structure défensive, etc.).

APPROCHES CONSTRUCTIVES : CONTRASTER, ABSORBER, ACCEPTER

Face à l'impact des aléas naturels, deux principales approches caractérisent les architectures vernaculaires (FERRIGNI, 2005b, *op. cit.*). L'une, dite de la rigidité, se traduit dans des structures massives, dont la résistance dérive de spécificités constructives les rendant capables de contrecarrer les sollicitations particulières provoquées par les différents phénomènes (sollicitations sismiques, charges aérodynamiques, poussée de l'eau, etc.). L'autre approche, dite de la flexibilité, vise à protéger un bâtiment par une souplesse et déformation de sa structure.

Les pagodes chinoises (X^e- XIII^e siècles) et japonaises (XIV^e siècle) constituent un exemple d'application de ce dernier principe en relation à l'aléa sismique. Dans les deux cas, des connexions particulières favorisent le déplacement des masses et le mouvement de certaines parties structurelles ; toutefois cela s'effectue selon deux logiques différentes. Dans le premier cas (Fig. 82a), chaque étage constitue une structure rigide se déplaçant indépendamment les uns des autres (FERRIGNI, 2005b, *op. cit.* ; ZHIPING, 2010). Dans le deuxième cas (Fig. 82b), la toiture et les différents niveaux sont suspendus à un pilier central, dont suivent les oscillations grâce à un système de leviers et de compensateurs (NAKAHARA, HISATOKU, NAGASE, et al., 2000).

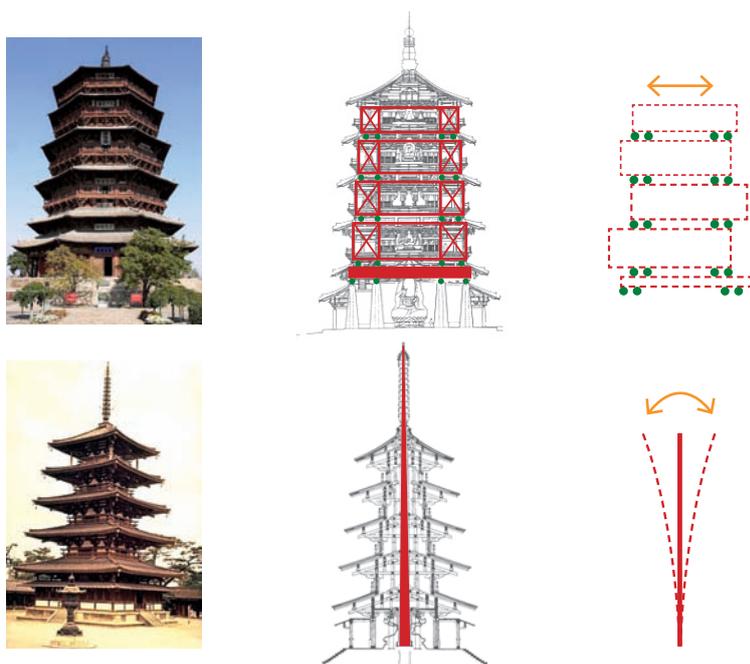


Fig.82: Approche de la flexibilité:

- a) Pagode Sakyamuni temple de Fugong, Chine (sources: Gisling- Wikimedia Commons ; dessin adapté de ZHIPING 1991);
- b) Pagode du temple de Hōryū-ji, Japon (sources: photo: www.artlex.com ; dessin adapté de <http://www.univie.ac.at>)

Au sein de certaines sociétés, une troisième approche s'est développée en se basant sur la considération que les artefacts humains sont inévitablement détruits par l'action des aléas naturels et que, par conséquent, toute tentative de construire des structures capables de supporter leur impact est inutile. Une constatation effectuée par le compositeur Teiji Itoh, suite au séisme de Kyoto en 1830, explicite cette attitude : *« [Les tremblements de terre] sont des catastrophes imprévisibles qui doivent être maîtrisée par l'esprit humain, non par la structure des bâtiments »* (TOBRINER, 1998, trad. A. Caimi). La conscience de l'impossibilité de s'opposer à l'impact des phénomènes, parfois imprévisibles et extrêmement puissants, a amené à l'élaboration d'une architecture acceptant une certaine fragilité des bâtiments, en les considérant voués à l'effondrement¹⁷⁵. La particularité de cette approche réside, non seulement dans l'acceptation d'un effondrement partiel ou total, mais surtout dans la capacité des constructeurs à concevoir et réaliser des structures en prévoyant des points de faiblesse, voire de rupture, ainsi que des assemblages qui consentent un « démantèlement » de la construction sous les sollicitations induites par des phénomènes particulièrement violents¹⁷⁶. Ce principe vise à éviter une destruction de la structure par la fracture des éléments qui la composent, de manière à faciliter une reconstruction rapide et économique à partir de leur réutilisation. Les architectures qui en découlent peuvent être considérées comme basées sur une approche de « rupture maîtrisée », se focalisant sur le développement de stratégies mettant prioritairement l'accent sur des principes ne relevant pas uniquement du domaine technique¹⁷⁷.

Ces différentes approches se concrétisent par l'adoption de systèmes constructifs particuliers et la mise en oeuvre de détails spécifiques qui, par leur caractéristiques et association, contribuent à réduire la vulnérabilité de l'ensemble structurel. En se focalisant sur ces aspects, les suivants chapitres s'organisent en deux parties distinctes : l'une se rapportant aux caractéristiques du système structurel en se concentrant sur le cas de l'aléa sismique (chap. 10.3), l'autre synthétisant différents principes à échelle du dispositif améliorant le comportement d'une construction envers différents types de phénomènes (chap. 10.4).



Fig.83: Habitat vernaculaire, île de Nias (Indonésie) : avant et après un séisme de M 8.7 en mars 2005, la substructure s'est effondrée mais l'espace d'habitation est resté intact (crédits: B. Wolff)

175 Une démarche similaire est associable à l'œuvre de manutention pérenne caractérisant certaines architectures vernaculaires japonaises. Ce pays est affecté par des phénomènes sismiques extrêmement fréquents. La sollicitation presque quotidienne à laquelle les bâtiments sont soumis engendre une dégradation progressive, par un endommagement et une déformation légers mais continus. En absence de mesures de prévention efficaces, une stratégie de réparation périodique a été adoptée, en ciblant les éléments structurels, les délais d'intervention et l'ampleur des travaux. Les parties susceptibles d'être facilement endommagées (p.e. couverture en tuiles, murs en torchis) sont réparées régulièrement tandis que, environ tous les 200 ans, l'ensemble de la structure est renforcé et/ou si nécessaire partiellement démonté et remonté. Des importants travaux de réparation sont entrepris chaque 300-400 ans, en incluant le démantèlement complet, le remplacement de certains éléments et le remontage du bâtiment entier (ITO, 2007).

176 Un exemple de cette approche est identifiable dans les constructions vernaculaires de l'île de Nias (Indonésie) conçues de manière à pouvoir s'effondrer tout en assurant une certaine protection de leurs occupants et une réparation rapide (cf. annexe A.3 : fiche « Nias »).

177 L'impossibilité, technique et souvent économique, de réaliser des constructions résistantes aux phénomènes sismiques donna lieu, entre le XVIII^e et le XIX^e siècle en Italie, à une pratique qui associe l'acceptation d'une destruction de certaines parties du bâtiment à des mesures de type comportemental. Elle consistait dans la création d'une pièce interne à l'habitation, dont la structure était expressément renforcée pour lui apporter une rigidité et résistance plus élevée que le reste du bâtiment. Appelée « chambre de sécurité », elle constituait un refuge sûr en cas de secousses sismiques, *« per cui senza ricorrere alla dispendiosissima costruzione della casa baraccata, si ha almeno una camera dove nelle epoche di terremoto si raduna la famiglia e vi rimane con maggiore tranquillità di restando altrove »* (Pesso, Luigi. 1895. *« Sul consolidamento delle fabbriche in Calabria contro i danni dei terremoti »*, cité par RUGGIERI, 2005, p. 4).

10.3. CONSTRUCTION VERNACULAIRE ET ALÉA SISMIQUE : UN APPROFONDISSEMENT STRUCTUREL

Vis-à-vis de certains types d'aléas naturels (tels que cyclones et inondations), la gestion et les mesures mises en œuvre au niveau du territoire et de l'environnement proche exercent une influence considérable sur la vulnérabilité d'un bâtiment. Bien que des aspects caractérisant le site d'implantation (p.e. proximité à des ravines, type de sol, etc.) puissent également jouer un rôle non négligeable, dans le cas du phénomène sismique les spécificités propres au bâti assument un caractère particulièrement important par rapport à la capacité effective du système à en supporter l'impact. Sur la base de ces considérations, je focalise l'analyse des pratiques vernaculaires parasinistres par rapport au niveau structurel en relation à ce dernier type de phénomène.

SÉISMES ET COMPORTEMENT STRUCTUREL : ENTRE MACRO ET MICRO ÉCHELLE

Dans les cas des phénomènes sismiques, les efforts auxquels une structure est soumise, de manière ponctuelle et soudaine, sont considérablement différents de ceux ordinaires et permanents : les uns correspondant à des sollicitations dynamiques et multidirectionnelles, les autres ayant un caractère statique et unidirectionnel.

Les approches constructives précédemment identifiées (notamment celles de la rigidité et de la flexibilité) se réfèrent à la conception de la forme architecturale et de la configuration structurelle, mais également aux caractéristiques des techniques et des matériaux employés (SINHA, BRZEZ, KHAREL, 2004, *op. cit.*). Leur transposition dans la matérialité du bâti est déterminée par les matières premières disponibles et utilisables pour la construction ainsi que, souvent, par les spécificités locales des phénomènes (GUTIERREZ, 2004). La capacité d'un système envers des sollicitations externes est de fait fortement corrélée à ses propriétés intrinsèques qui, selon le mode de réalisation et de mise en œuvre, peuvent en influencer le comportement sur la base de deux principes distincts : l'absorption ou la minimisation de l'énergie.

Dans l'approche de la rigidité, l'énergie produite par un séisme est "*métabolisée par une augmentation temporaire des tensions inhérentes à chaque éléments structurel*" (FERRIGNI, 2005b, *op. cit.*, p. 200, trad. A. Caimi) ; selon donc une logique de stockage ou d'absorption de l'énergie à travers une augmentation de la capacité d'amortissement des sollicitations imposées par le tremblement de terre et/ou de la résistance du bâtiment par un renforcement ou un surdimensionnement structurels¹⁷⁸ (ZACEK, 1996). Bien que ce principe ait été parfois intégré à des ouvrages depuis leur construction (généralement pour des bâtiments de relevance sociale ou culturelle particulière), son application est particulièrement répandue en relation à des interventions de réparation¹⁷⁹. Cette approche englobe également d'autres mesures techniques qui, incorporées de manière préventive au bâti, permettent d'augmenter les effets de frottement entre les éléments structuraux, accroissant ainsi la capacité de la construction à dissiper l'énergie induite par un séisme.

Dans l'approche de la flexibilité, cette énergie est en revanche métabolisée par la déformation élastique et/ou plastique, des différentes parties de la construction ainsi que de la structure dans

178 Dans une logique de surdimensionnement, la structure doit non seulement intégrer des dispositifs calibrés à l'intensité des séismes qui se produisent de manière ordinaire, mais elle doit aussi prévoir une marge de sécurité permettant de pallier l'imprévisibilité de phénomènes exceptionnels. Cette démarche présente certains inconvénients : d'une part, dans son imprévisibilité un séisme peut simplement être trop puissant pour que son impact puisse être contrebalancé par des dispositions constructives ; d'autre part, les efforts (financiers et matériels) nécessaires pour obtenir une structure capable de résister à des telles sollicitations en font souvent un objectif économiquement inabordable et techniquement infaisable.

179 Ces techniques ont donné lieu à des dispositions particulières (p.e. arcs de contraste, contreforts, corps de bâtiments adossés à des structures existantes) que les chercheurs du Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali (Ravello, Italie) ont défini en tant que « anomalies » (cf. chap. 8).

son ensemble, selon donc un principe de minimisation et dissipation des sollicitations¹⁸⁰ (FERRIGNI, 2005b, *op. cit.* ; LESTUZZI, BADOUX, 2008).

La dissipation de l'énergie induite par un séisme se produit grâce à la mise en œuvre de dispositifs très différents contribuant de manière particulièrement favorable à la réponse d'un bâtiment et associables à deux principaux mécanismes (ZACEK, 1996, *op. cit.*) : l'amortissement et la ductilité. Le premier se réfère aux déformations subies par les matériaux (frottement interne) ainsi qu'au frottement se produisant aux interfaces entre différents matériaux et éléments structurels, ou en correspondance de fissures qui se créent sous l'effet des sollicitations (frottement externe). D'autre part, s'appliquant aussi bien au niveau du matériau que de la structure, la ductilité désigne la capacité à subir des déformations irréversibles ou plastiques, sans une perte significative de capacité portante. Elle permet donc de prévenir une rupture brutale et soudaine (ZACEK, 2004, *op. cit.*), tout en favorisant la dissipation d'une quantité importante d'énergie, avec une conséquente réduction des sollicitations (LESTUZZI, 2008).

La capacité d'absorption et la ductilité d'une structure ne dépendent pas uniquement de celles de ses éléments, mais également du système constructif, de l'organisation de ses composants et de la nature et du nombre de leurs liaisons. En fait, une construction peut faire preuve d'un comportement ductile même si certaines de ses parties ou matériaux présentent un caractère fragile et une capacité réduite de déformation¹⁸¹ (LANGENBACH, 2009, *op. cit.*). De plus, l'intégration intentionnelle de zones de déformation (rotules plastiques), voire même de « rupture » (élément fusible), permet d'augmenter considérablement la dissipation d'énergie tout en répondant à d'autres contraintes, telles que une réutilisation des matériaux et une réparation rapide.

Dans le bâti vernaculaire, les approches de la rigidité et de la flexibilité se rapportent à deux principes structurels distincts. L'un se caractérise par une résistance par massivité et/ou redondance, déterminant l'absorption d'une quantité considérable d'énergie par la masse structurelle. L'autre se base sur une résistance par déformabilité et friction où, en revanche, l'énergie dissipée constitue la portion la plus importante (FERRIGNI, 2009, *op. cit.*). Au niveau structurel, ces principes correspondent à deux typologies particulières associables, dans le premier cas, à des systèmes porteurs continus basés sur des matériaux et des techniques généralement considérés comme fragiles (p.e. maçonnerie en briques de terre crue) et, dans le deuxième cas, à des systèmes porteurs ponctuels utilisant des matériaux flexibles (p.e. ossature en bois).

Ces deux principes ont souvent été mis en place de manière simultanée ou en relation à la fonction et l'importance assumée par différents types de bâtiments¹⁸², ou dans une même structure, en réponse à des contraintes pratiques (disponibilité et durabilité de matériaux, facilité de mise en œuvre, usage etc.) et/ou à l'intégration explicite d'un composant de gestion et réduction de l'impact d'un séisme sur la construction (p.e. cf. annexe A.3 : fiches « Nias » et « Lefkada »).

180 L'efficacité de cette approche dépend presque exclusivement du seuil de rupture choisi. Par conséquent, elle implique une connaissance très précise des caractéristiques des aléas locaux, de la récurrence et intensité de leur impact, ainsi qu'une utilisation astucieuse des ressources naturellement disponibles tirant le meilleur profit de leurs propriétés spécifiques (FERRIGNI, 2005b, *op. cit.*).

181 À titre d'exemple, certaines constructions vernaculaires du Cachemire (Pakistan et Inde) associent des composants au comportement fragile à un système à caractère ductile. Sous les sollicitations sismiques, la maçonnerie constituant les murs ou des panneaux de remplissage est soumise à des déplacements et à une fissuration, défaillances qui sont compensées par des éléments en bois (sous forme d'éléments insérés à une maçonnerie porteuse ou de cadre d'ossature) qui agissent comme des confinements et renforcements assurant la résistance et la stabilité du bâtiment (LANGENBACH, 2009, *op. cit.*).

182 À titre d'exemple, les temples des communautés précolombiennes se constituaient de constructions massives en maçonnerie de pierre, capables d'absorber les efforts horizontaux d'un séisme grâce à des techniques particulières d'imbrication et d'ancrages des blocs. En revanche, les habitations étaient construites avec des matériaux plus légers, mis en œuvre avec un système à ossature flexible (p.e. technique de la *quincha*) capable d'absorber les sollicitations sismiques à travers la déformation élastique de ses assemblages (FERRIGNI, HELLY, MAURO, et al., 2005, *op. cit.*).

SYSTÈMES VERNACULAIRES PARASISMIQUES : UNE CATÉGORISATION TYPOLOGIQUE

Tout en se caractérisant par des détails et des dispositifs spécifiquement locaux, les architectures vernaculaires de différentes régions sismiques présentent parfois des analogies surprenantes, tant du point de vue constructif que des mécanismes leur permettant de faire face à l'impact de ces phénomènes (LANGENBACH, 2009, *op. cit.*). Toutefois, l'origine exacte de ces similarités se révèle souvent particulièrement incertaine à établir, en raison de la multiplicité d'aspects, aussi bien endogènes qu'exogènes, ayant potentiellement contribué à leur constitution. Certaines correspondances peuvent avoir été déterminées par la présence et les caractéristiques des phénomènes sismiques; mais ces derniers sont difficilement considérables comme le seul facteur déterminant ces similitudes (COPANI, 2007). Les particularités morphologiques, géologiques et climatiques d'un site, la disponibilité de matériaux et de compétences pour la construction ainsi que les échanges culturels qui ont eu lieu au cours de l'histoire sont susceptibles d'avoir exercé une influence autant, sinon plus, marquée. En effet, les déplacements d'artisans spécialisés (telles que les guildes voyageant entre plusieurs régions de l'Empire Ottomane), les pratiques imposées par les envahisseurs d'un territoire ou encore les adaptations de systèmes « importés » (p.e. par des colons) ont donné lieu, à différentes époques, à des hybridations entre techniques locales et étrangères. Cependant, il est parfois encore plus difficile d'attribuer l'existence d'autant de similitudes au seul échange culturel (KIZIS, 1977 ; LANGENBACH, 2009, *op. cit.*).

La constatation de l'existence de types structurels et constructifs particuliers et clairement définissables m'a conduit à entreprendre un travail de caractérisation des typologies rencontrées au cours de cette recherche. Les raisons de ce choix se relient également à la démarche adoptée visant à tisser des liens entre des études situées. L'objectif de cette partie n'est pas d'effectuer un examen approfondi de l'architecture spécifique à une zone particulière, mais plutôt de procéder à une analyse des systèmes structurels caractérisant les architectures de plusieurs régions historiquement affectées par des tremblements de terre. Cet approfondissement porte sur une catégorisation typologique, procédant à l'identification des particularités constructives et des principaux mécanismes régissant le comportement de ces différents types structurels sous les sollicitations induites par des séismes. Dans cette analyse, je considère uniquement les spécificités du système porteur primaire vertical, bien que plusieurs facteurs (site, qualité des matériaux et de la main d'œuvre, morphologie et composants architecturaux, etc.) ainsi que les caractéristiques d'autres parties du bâtiment (fondations, planchers, toiture, etc.) puissent également exercer une influence sur la réponse d'une construction à des sollicitations sismiques.

Ce travail se fonde essentiellement sur une investigation de cas identifiés dans la littérature ainsi que des analyses de terrain conduites précédemment et au cours de cette recherche. Leur sélection a par conséquent été en grande partie déterminée par des facteurs d'accessibilité, physique et linguistique, aux informations à leur égard. De ce fait, il ne s'agit pas d'une revue exhaustive des exemples vernaculaires parasismiques existants et des études effectives conduites jusqu'à présent ; elle constitue plutôt une première tentative d'identification et classification des variantes structurelles et de leurs spécificités¹⁸³.

La définition des paramètres de classification adoptés se rapporte aux spécificités des différents cas identifiés et, en particulier, aux éléments présentant un potentiel de contribution à la réponse aux sollicitations sismiques. Les cas analysés ont été divisés en deux catégories primaires : l'une se rapportant à des systèmes constructifs ponctuels correspondant essentiellement à des structures à ossature ; l'autre incluant des exemples basés sur l'utilisation d'un système porteur continu, dans lequel s'inscrivent les constructions murales massives, en maçonnerie et monolithiques¹⁸⁴.

183 Dans cette logique, l'identification de plusieurs exemples correspondant à la même typologie permet de fonder sa prise en considération en tant que "type constructif", évitant ainsi le piège d'une généralisation d'un "cas isolé".

184 Dans le cas de systèmes mixtes, les techniques identifiées ont été réparties selon le système porteur spécifique auxquels elles correspondent.

Pour chaque catégorie, la suivante approche d'étude a été adoptée : à partir de l'identification des régions sismiques au niveau mondial, j'ai procédé à une recherche documentaire en relation aux zones présentant une sismicité élevée, s'élargissant ensuite à celles à sismicité modérée et faible. Les cas considérés ont été reportés sur plusieurs cartes, permettant une visualisation graphique de leur localisation, et ils ont été répertoriés dans des supports récapitulatifs organisés par zone géographique (cf. annexe A.3).

Pour chacun de ces deux systèmes, j'ai effectué un approfondissement spécifique de cas constructivement représentatifs des typologies identifiées, et dont l'efficacité a été empiriquement et/ou scientifiquement validée. Pour ce faire, j'ai défini les suivants critères permettant d'attester leur capacité effective :

- une présence dans l'architecture vernaculaire d'une région identifiée comme sismiquement active et assujettie à des phénomènes majeurs récurrents ;
- des témoignages dans des sources historiques (littérature, chroniques, peintures, etc.) attestant la capacité d'un certain type de construction en relation à des phénomènes particuliers ;
- des événements spécifiques auxquels les constructions réalisées selon les systèmes considérés ont survécu (informations dérivées de sources historiques ou de rapports techniques d'évaluation post-séisme) ;
- des validations scientifiques effectuées par des centres de recherche et des universités ;
- l'intégration dans des normes de construction (codes de construction, lignes guides, etc.), en raison du caractère parasismique du système de référence.

Pour chaque cas, une fiche synthétique a été élaborée sur la base de la trame suivante :

Titre

Caractérisation du système structurel

Localisation géographique : Carte des régions de diffusion

Sismicité locale : indication de la récurrence et intensité sur la base de trois classes (élevée, modérée, faible)

Cartes (source : USGS):

- accélération maximale du sol

- densité de séismes par année avec magnitude égale ou supérieure à M 5.0

1. Contexte : description du cadre historique et/ou socioculturel de développement du système analysé

2. Principes constructifs : caractérisation des parties de la construction (fondations, soubassement ; structure primaire et secondaire ; remplissage ; enveloppe ; toiture ; finitions ; connexions)

3. Particularités constructives : exceptions, éléments typologiques particuliers, etc.

4. Spécificité parasismiques : facteurs et dispositifs améliorant la capacité du bâti face aux séismes et à d'autres éventuels aléas naturels

5. Critères de vérification : indication des éléments permettant de considérer le cas analysé en tant que système parasismique

6. Observations : remarques éventuelles relatives au type de construction considéré

7. Références : sources des informations

Pour chaque fiche le nombre de pages est limité à cinq. L'objectif n'étant pas d'effectuer une description particulièrement minutieuses, mais d'extrapoler les principes essentiels permettant une compréhension du système traité, tant du point de vue constructif que des aspects influençant son comportement.

10.3.1. SYSTÈMES PORTEURS PONCTUELS

Les systèmes porteurs de type ponctuel correspondent à des structures basées sur l'utilisation d'une charpente¹⁸⁵ et associables à deux principales approches (KIZIS, 1977) : l'une utilisant des éléments épais restant en place grâce à leur propre masse¹⁸⁶ ; l'autre employant des éléments légers assemblés de manière à composer une ossature, dont la stabilité et la cohérence dépendent moins du poids individuels de chaque pièce que de leur liaison mutuelle. Les constructions assimilables à cette dernière approche se caractérisent par l'utilisation de matériaux (tels que le bois ou le bambou) conférant une certaine flexibilité à la structure porteuse (SINHA, BRZEZ, KHAREL, 2004, *op. cit.* ; FERRIGNI, HELLY, MAURO, et al., 2005, *op. cit.*), dont le comportement sous les sollicitations sismiques est influencé également par d'autres dispositifs (système de contreventement, assemblages, etc.) et composants (p.e. remplissage) de la construction¹⁸⁷ (LANGENBACH, 2003).

Les systèmes porteurs de type ponctuel sont particulièrement diffus dans des régions se caractérisant par des séismes de fréquence et intensité de modérées à élevées (p.e. Indonésie, Turquie), ainsi que dans celles affectées également par des phénomènes cycloniques (p.e. Japon, Caraïbes). Toutefois, le degré de complexité de la trame structurelle, les modalités de subdivision de la structure primaire et de mise en œuvre de matériaux, les caractéristiques du système de stabilisation et contreventement¹⁸⁸, les types d'assemblages jusqu'à la conception globale de la structure peuvent varier considérablement, se traduisant dans des détails et des dispositifs spécifiquement locaux.



Fig.84: Types d'ossature : a) stabilité par poids propre, temple Foguang, Chine (source: <http://humanscribbles.blogspot.ch>) ; b) stabilité par liaison, ossature en bambou, Indonésie (source: LANGLAIS, 2002)

UN EXEMPLE HISTORIQUE SOUS LES CENDRES VOLCANIQUES

L'emploi d'une ossature en tant que structure porteuse est largement diffus en plusieurs régions du monde, même dans des zones très faiblement ou non sismiques, tant en Europe (où, associé à un remplissage, il est connu comme « half-timbered », « colombage », « fachwerk ») qu'en Asie et Amérique. Dans ces cas, les structures se caractérisent généralement par une maille plutôt dense composée par des éléments structurels relativement lourds, tandis que dans de nombreuses régions modérément ou fortement sismiques (p.e. Europe sud orientale, Moyen-Orient), ceux-ci sont en comparaison plutôt légers et plus espacés (Ibid.).

185 Les constructions utilisant une structure ponctuelle en maçonnerie (piliers, murs trumeaux) sont considérées dans le chapitre « Système porteur continu » ; leurs caractéristiques, constructives et structurelles, se rapprochent, en effet, à celles des ces systèmes.

186 "Reported to have survived as many as 40 earthquakes", la structure de la Pagode Sakyamuni du Fogong Temple (Chine) se caractérise par "a system timber framing braced with layers of brackets, all notched and mortised together without the use of any nails or bolts, which has proven to be very resistant to earthquakes because of its flexibility and redundancy, and also the friction damping from the cribbage-like system of timber layers" (LANGENBACH, 2010a, p. 7-8).

187 "The main structural system in the [Turkish] houses was a timber skeleton [...]like a box system where all the elements were integrated for the stability of the system. The primary and secondary uprights between the floors, horizontal elements, floor beams and diagonals, constituted panels and boxes. This system of continuous panels and boxes responds well under the stress of earthquakes" (KUBAN, Doğan, 1995. *The Turkish hayat house*. Istanbul : Ziraat Bankasi, 1995. p. 238, cité par TOBRINER, 2000, p. 3).

188 Dispositifs visant, dans le premier cas, à pallier à des phénomènes d'instabilité propres à certains éléments structurels, et dans le deuxième à augmenter la capacité de la structure à résister à des sollicitations à caractère horizontal et externes à la structure (séismes, vents, etc.). Dans la pratique, ces systèmes coïncident souvent dans un même dispositif (BATTISTINI, 2010).

L'utilisation de ce principe est historiquement très ancienne. Remontant à environ 2000 ans, un des premiers exemples connus se situe dans la ville romaine d'Herculanum (Italie), qui s'est préservée à travers les siècles grâce à son ensevelissement sous des coulées volcaniques causées par l'éruption du Vésuve en 79 av. J.-C. (DOBBINS, Foss, 2007). Un bâtiment particulièrement bien conservé est la *casa a graticcio* prenant son nom de la technique employée pour sa construction, l'*opus craticium*¹⁸⁹, développée à partir du I^{er} siècle av. J.-C (VAN KRIMPEN-WINCKEL, 2009). Le système « *a graticcio* » se constitue de parois composées par une charpente continue et modulaire de poteaux et poutres en bois, dont les vides étaient remplis d'*opus caementicium*, un mélange de composition variable, contenant paille, terre, sable, pierres, morceaux de tuiles et de briques liés par un mortier de chaux (Fig. 85). La mise à point de cette technique a été très probablement influencée par la récurrence des phénomènes sismiques locaux. Nombreux indices indiquent en effet son utilisation pour plusieurs cas de reconstruction et réparation post-séisme en zone urbaine ; parmi eux, la *casa a graticcio* représenterait un exemple des interventions réalisées après le tremblement de terre de 62 av. J.-C. (PAPACCIO, 1993).



Fig.85: Herculanum (Italie), *casa a graticcio* : a) vue d'ensemble (crédits: R. Ulrich) ; b) structure de l'étage (crédits: P. Finkle) ; c) composants structurels (source: VAN KRIMPEN-WINCKEL, 2009)

VARIATIONS ET EFFICACITÉ

De l'Italie (*casa baraccata*) au Pakistan (*dhajji dewari*), en passant par la Grèce (*tsatmas*) et la Turquie (*himis*), les constructions vernaculaires utilisant un système à ossature avec différents types de remplissage ont démontré leur capacité à résister aux sollicitations sismiques, lors de multiples événements ; et cela souvent de manière plus remarquable que les constructions utilisant des techniques plus récentes¹⁹⁰ (KALEVRAS, 1981 ; GÜLHAN, GÜNEY, 2000).

En Haïti, les constructions utilisant un système en ossature en bois correspondent à deux typologies architecturales distinctes : l'une, relativement modeste, caractérisant les habitations des zones rurales (Fig. 86a); l'autre se rapportant aux architectures coloniales connues sous le nom de maisons *gingerbread* présentes dans les grandes villes du pays, dont le style dérive d'une adaptation de l'architecture française au contexte local (Figs. 86 b et c). Lors du séisme qui frappa le pays le 12

189 Une technique similaire est décrite par Vitruve dans l'ouvrage *De Architectura* (livre II), utilisant le terme de « *craticii* » pour indiquer un type particulier de construction employant une structure en bois avec un remplissage léger. Les interprétations de ce terme varient selon les traducteurs : certains utilisent l'expression de « colombage », d'autres de « wattle and daub ». Toutefois, les observations effectuées par Vitruve (en particulier ses critiques au regard du risque d'incendie et une tendance à un gonflement et retrait du remplissage) ne correspondant pas aux caractéristiques du système découvert à Herculanum ; ce qui conduit à penser qu'il se référait plutôt à la technique du torchis. Par conséquent, les exemples d'Herculanum ne peuvent être que de loin liés à ce que Vitruve a décrit (LANGENBACH, 2003, *op. cit.*).

190 Lors du séisme de 1894 à Istanbul, D. Egnitis, directeur de l'Observatoire d'Athènes en charge d'étudier les effets sur le bâti, observa : "The timber-framed buildings have resisted the earthquake amazingly. While some old timber structures of a mediocre quality were still standing, some well built, nice and new masonry buildings, even the ones joined with steel, were destroyed. It is clearly apparent that the timber buildings have resisted the earthquake better; on the contrary, the masonry ones have rarely withstood" (GÜÇHAN, 2007, p. 843). Pareillement, lors d'une évaluation des dommages causés par le tremblement de terre de 1963 à Skopje, l'ingénieur N.-N. Ambraseys, rapporta que "old adobe construction, particularly those with timber bracing, resisted the shock with some damage, but behaved far better than the [modern] brick or the hybrid [reinforced concrete with brick infill] construction" (LANGENBACH, 1990, *op. cit.*, p. 5).

janvier 2010, ces deux types de constructions ont montré un degré d'endommagement relativement limité, en particulier si comparé à celui des structures en béton et en maçonnerie de blocs de ciment (FISHER, VLACH, 1987 ; LANGENBACH, KELLEY, SPARKS, et al., 2010, *op. cit.*).



Fig.86: Haïti, effets du séisme de janvier 2010 : a) habitat rural (crédits: A. Douline) ; maisons *gingerbread* (Port-au-Prince) : b) chute de portions de remplissage de l'ossature (crédits: S. Kelley), c) bâtiment faiblement endommagé derrière le reste d'un structure en béton armé (crédits: R. Langenbach)

DE L'ANTIQUITÉ À LA NORMALISATION

Dans les régions sismiques de l'Amérique centrale et méridionale, les constructions vernaculaires emploient des techniques similaires entre elles, basées sur l'utilisation d'une structure en bambou associée à un mélange de terre mis en place comme remplissage confiné par des lattes (*bahareque*)¹⁹¹ ou appliqué sur un support entre les poteaux (*quincha*). Au Pérou, la technique de *quincha* déjà employée par des sociétés très anciennes, comme témoignent les découvertes archéologiques effectuées dans le site de Caral datant de 5 000 ans, a été l'objet d'une des premières réglementations de construction parasismique d'Amérique. En début du XVIII^e siècle son utilisation pour la construction de murs de grande hauteur était prescrite par une règle officielle qui, suite au séisme du 1746, devint une vraie et propre norme visant à améliorer la sécurité des bâtiments (SALEME, NAVARRO, 2002). De manière similaire, dans la région colombienne de Manizales, le *bahareque* se développa en tant que véritable technique de construction parasismique, donnant lieu à un système particulier appelé « *estilo tremblorero* » en raison de son caractère sismo-résistant (MOGOLLÓN SEBÁ, 2002). Au cours d'événements, ces techniques ont fait preuve d'une capacité effective à dissiper l'énergie dérivant des sollicitations causées par des tremblements de terre (LANGENBACH, 1989) et elles sont inscrites, parfois depuis plusieurs décennies, dans les codes de construction parasismique de plusieurs pays d'Amérique centrale et méridionale¹⁹².

COMPORTEMENT ET PARTICULARITÉS STRUCTURELLES

Couramment utilisé par les bâtisseurs vernaculaires, le système porteur ponctuel basé sur un principe d'ossature a été objet, dans des époques et pays différents (p.e. Portugal 1755, Italie 1783, Philippines 1880), de règlements de construction et même de brevets expressément référés à un type de construction à caractère parasismique¹⁹³ (MASCIARI-GENOESE, 1915 ; LANER, BARBISAN, 1986, *op. cit.*). Ces systèmes révèlent une capacité remarquable à supporter les sollicitations induites par un tremblement de terre, grâce à des multiples chemins de descente des charges, qui fournissent un niveau de sécurité supplémentaire assurant, en cas de défaillance d'un élément, une compensation par ceux adjacents (DOGANGÜN, TULUK, LIVAOĞLU, et al., 2006 ; KARABABA, 2007, *op. cit.*). Ce qui présente plusieurs avantages, tels que la possibilité d'effectuer de manière aisée des réparations

191 Au Nicaragua, une technique similaire, le *taquezal*, utilise différents types de mélange : en terre, en gravats liés par un mortier de terre, briques en terre crue maçonnées avec un mortier terre (PENALBA, 1981 ; QUINTALLET, SAMIN, 2012, *op. cit.*).

192 Cette normalisation se base dans certains cas sur des modifications considérables des techniques originaires, tels que le remplacement du remplissage en terre avec un remplissage en ciment (AIS, 2001).

193 Il est intéressant de noter comme l'idée d'une construction parasismique employant une ossature en bois est parfois étroitement liée à l'expérience acquise dans la construction navale. Une analogie fut souvent établie entre le comportement des bâtiments lors d'un séisme et le comportement des bateaux, capables de faire face aux sollicitations dynamiques et multidirectionnelles transmises par la mer. Tel a été le cas pour la conception du système *Gaiola Pombalino*, employé pour la reconstruction de la ville de Lisbonne suite au tremblement de terre du 1755 (cf. annexe A.3 : fiche d'approfondissement).

ponctuelles, d'exposer leurs occupants à un danger moindre¹⁹⁴ ainsi que de permettre la préservation des parties structurelles principales, même en cas d'écroulement ou rupture partielle.

Le principe sur lequel reposent ces systèmes est l'absence d'éléments rigides, attirant et/ou assimilant les sollicitations engendrées par le séisme : plutôt qu'essayer de les contrecarrer avec des matériaux et des connexions rigides, ces structures répondent en se balançant avec elles. Tant les matériaux utilisés, pouvant se fléchir considérablement avant de se briser¹⁹⁵, que les connexions entre les divers composants favorisant une certaine dissipation d'énergie, contribuent au comportement dynamique du bâtiment (CARDOSO, LOPES, BENTO, 2004). Toutefois, il ne s'agit pas d'une réponse de type élastique mais plastique (LANGENBACH, 2002, *op. cit.*), s'effectuant par des déformations et une fissuration progressives, dérivant de l'interaction entre les éléments qui composent la structure primaire et des éventuels systèmes de clôture de l'espace (parement, remplissage, etc.). L'effet d'amortissement des sollicitations qui s'accomplit par plusieurs déplacements réduits, distribués de manière diffuse dans l'ensemble structurel¹⁹⁶, confère à ces structures un comportement ductile¹⁹⁷. À cet égard, l'utilisation de matériaux disparates permet de bénéficier de leurs propriétés spécifiques (p.e. flexibilité du bois), ainsi que des avantages dérivant de leur combinaison et qui présentent des potentialités qu'ils seraient incapables de fournir individuellement. De fait, c'est le système en soi, plutôt que les matériaux ou les éléments individuels qui le composent, qui détermine le comportement d'un bâtiment¹⁹⁸ (LANGENBACH, 2003, *op. cit.*). Ce dernier est néanmoins aussi influencé par l'état des composants structurels qui, de par leur nature (bois, bambou), sont particulièrement vulnérables à une dégradation causée par l'humidité et les insectes. Dans plusieurs cas, ces facteurs se sont révélés être la vraie cause sous-jacente à l'effondrement de bâtiments lors d'événements sismiques¹⁹⁹.



Fig.87: Effets des séismes : a) Turquie 1999, construction vernaculaire faiblement endommagée à côté d'un bâtiment en béton armé effondré (source : DOGANGÜN, TULUK, LIVAOĞLU, et al.) ; b) El Salvador 2001, détachement des enduits (crédits : A. Douline); c) Pakistan 2005, chute d'une portion de remplissage (crédits : T. Schacher)

194 "If the timber framed buildings does collapse, large survival voids are created. Also the building has less concentrated, rushing weight. Brick will cause many injures but less squashed bodies than concrete blocks" (DOGANGÜN, TULUK, LIVAOĞLU, et al., 2006, p. 988).

195 Dans un ouvrage du 1784, M. Sarcone décrit le comportement d'une construction de type *baraccato* lors du séisme de 1783, en Calabre (cf. annexe A.3 : fiche d'approfondissement), en soulignant le caractère ductile de l'ossature en bois, qui s'effondra seulement après nombreuses secousses. Bien que les assemblages aient cédé causant l'écroulement de la structure, le bâtiment répondit parfaitement à la fonction d'abri parasismique pour laquelle il avait été employé, vu qu'avant son effondrement, il donna des nombreux signes de déformation et de rupture imminente (RUGGIERI, 2005, *op. cit.*).

196 Suite au séisme de 1967 au Cachemire, des recherches développées par le professeur Anand Arya montrèrent comme le comportement de bâtiments survécus relativement intacts et réalisés avec la technique du *dhajji dewari* (ossature bois avec remplissage en maçonnerie), soit étroitement corrélé à un amortissement par friction interne à la maçonnerie. Ceci peut se révéler considérablement plus élevé que dans des structures employant des technologies plus récentes, grâce au fait que les constructions vernaculaires présentent une quantité de plans de fissuration beaucoup plus importante (LANGENBACH, 2000, *op. cit.*).

197 Capacité (d'un matériau, d'un élément ou d'une structure) de subir des déformations plastiques (irréversibles) sans perte significative de résistance avant de se rompre (ZACEK, 2004, *op. cit.*).

198 "This characteristic – the ability of the disparate materials, each of relatively low strength, to work together as a single system to resist catastrophic damage from the overwhelming forces of earthquakes – is what makes these buildings so important" (LANGENBACH, 2000, *op. cit.*, p. 6).

199 Ce qui a été constaté, par exemple, lors d'évaluations post-séisme en Haïti pour les maisons *gingerbread* employant une charpente en bois (LANGENBACH, KELLEY, SPARKS, et al., 2010, *op. cit.*), ou au Salvador lors du séisme de 1986 pour des constructions en *bahareque* (LÓPEZ, BOMMER, MÉNDEZ, 2004).

MIXITÉ CONSTRUCTIVE

Dans plusieurs régions, l'utilisation de systèmes porteurs ponctuels est souvent associée à celle de systèmes continus. Dans certains cas, les bâtiments se caractérisent par des étages inférieurs en maçonnerie tandis que les étages supérieurs emploient une structure à ossature dont la légèreté de la trame et des matériaux augmente souvent avec le nombre d'étages (p.e. remplissage en briques et ensuite parement en bois sous toiture), ce qui permet de baisser le centre de gravité de la construction (LANGENBACH, 2000, *op. cit.* ; DOGAN, 2010). Outre à une question de praticité (mise en œuvre, éléments en porte-à-faux, etc.), la combinaison de ces deux systèmes se révèle souvent complémentaire dans la réponse à des sollicitations sismiques.

Dans plusieurs zones rurales et urbaines de Turquie (p.e. provinces de Kastamonu, Karabük et Bursa), les constructions se composent dans un grand nombre de cas d'un système porteur mixte associant l'utilisation d'une maçonnerie pour les étages inférieurs, à une ossature avec remplissage pour les niveaux supérieurs²⁰⁰ (Fig. 88a). Généralement, la base en maçonnerie suit la forme de la parcelle tandis qu'aux étages une géométrie plus régulière est obtenue par l'utilisation de baies et volumes en saillie (Fig. 88b). Outre aux propriétés spécifiques à chacun des systèmes employés, des aspects particuliers améliorent le comportement de ces constructions sous des sollicitations sismiques. D'une part, les volumes en saillie renforcent le bâtiment : les solives, qui s'étendent au-delà des murs au-dessous, gardent ceux-ci fermement en place grâce au poids de surcharge qui apporte une force de compression fournissant à la maçonnerie une résistance supplémentaire envers les forces latérales (LANGENBACH, 2000, *op. cit.*). D'autre part, la structure est réalisée de façon que chaque étage constitue une unité autonome très rigide qui peut glisser de façon indépendante des autres niveaux, ce qui contribue à une dissipation de l'énergie exercée par le séisme (FERRIGNI, HELLY, MAURO, et al., 2005, *op. cit.*).



Fig.88: Turquie : a) association à une maçonnerie porteuse (Narlıca) ; volumes en saillie (Safranbolu) ; c) indépendance des structures des étages (Kastamonu)

²⁰⁰ Cette association entre système porteur en ossature et maçonnerie aussi bien en pierre qu'en briques de terre crue est présente également dans l'architecture vernaculaire de nombreuses autres régions sismiques, en particulier de certains pays entourant le Bassin Méditerranéen (Albanie, Bulgarie, Grèce, Macédoine) et le long de la chaîne Himalayenne (Afghanistan, Inde, Pakistan) (cf. annexe : A.3).

DE LA POUTRE À LA CAGE

Parfois, de par sa composition et le type de liaisons entre ses composants, une charpente constitue une vraie et propre cage tridimensionnelle. Un cas particulièrement représentatif est celui des constructions en rondins (connues également comme « blockbau » ou « log construction »). Ce système a été largement employé dans plusieurs régions sismiques de la Russie (KLYACHKO, BENIN, BOGDANOVA, 2002) ainsi que dans celle chinoise du Yunnan (RENPING, ZHENYU, 2006) et dans le Cachemire Indien (Fig. 89a, DESAI, DESAI, 2007). Ce type de construction se base sur une structure quasi massive, mais parfois les éléments sont verticalement espacés constituant une sorte de trame dont les vides sont remplis avec des matériaux différents. Ce qui est le cas des architectures vernaculaires de la région du Gilân (Iran), où la partie d'habitation se compose d'une superposition de rondins grossièrement équerrés assemblés par des entailles laissant un espacement entre les éléments rempli avec un mélange de terre (Fig. 89b, cf. annexe A.3 : fiche d'approfondissement). Ces structures constituent une sorte de boîte agissant comme un ensemble continu qui se déforme plastiquement sous les sollicitations sismiques (HIRAI, MENG, SAWATA, et al., 2008).

Dans certains cas, la structure porteuse évolue en une structure hybride : le système primaire (p.e. ossature) et secondaire (p.e. remplissage) assument des rôles presque équivalents et complémentaires, se révélant tous les deux indispensables pour la stabilité de la structure ; et ceci non seulement sous les sollicitations sismique mais également pour une reprise des charges statiques.

Une typologie constructive présente dans la région afghane de l'Indu Kush, se compose d'un empilement de poutres horizontales en bois, alternées à des rangées de maçonnerie en pierre et stabilisées des deux côtés du mur par des clés verticales en bois (Fig. 89c). Il s'agit d'une structure mixte, qui profite simultanément des capacités de résistance à la traction du bois et de celles de résistance à la compression de la maçonnerie en pierre. Bien qu'elle présente un manque de contreventement, la liaison des éléments horizontaux par des clés et des agrafes, ainsi que leur entrecroisement aux angles, permettent pendant les séismes un mouvement sans une perte de cohérence structurelle (cf. annexe A.3 : fiche « Nuristan »).



Fig.89: Cages en ossature :

- structure en rondins, Cachemire pakistanais (source: DESAI, DESAI, 2007) ;
- habitation en construction avec structure en rondins espacés, Iran (crédits: M. Grodwhol) ;
- empilement de poutres horizontales avec maçonnerie, Afghanistan (source: EDELBERG, JONES, 1979)

CLASSIFICATION TYPOLOGIQUE : DU VIDE ET DU PLEIN

Ci après, je propose une catégorisation typologique relative aux systèmes porteurs ponctuels (Fig. 90). Elle se rapporte aux différentes modalités de clôture de la structure primaire qui ont été identifiées en relation à des exemples d'architecture vernaculaire de plusieurs régions exposées à des tremblements de terre. Les cas considérés vont de systèmes extrêmement simples (p.e. des poteaux enfoncés dans le sol reliés au sommet par une poutre sablière) à des systèmes complexes (p.e. structure en cage tridimensionnelle), employant le bois et/ou le bambou pour la structure porteuse. Bien que présentées comme des catégories distinctes, plusieurs d'entre elles peuvent caractériser un même bâtiment, tant en relation à l'utilisation de matériaux différents que de principes structurels mis en œuvre.

Une première distinction est effectuée entre les constructions où la charpente est laissée vide et celles où, en revanche, les espaces parmi les éléments qui la composent sont remplis selon différents procédés. Dans le premier cas (« vidé »), la charpente porteuse n'est souvent pas apparente, tant pour des questions pratiques (p.e. clôture de l'espace de vie) que structurelles (p.e. dans le cas qu'aucun système de contreventement soit employé). Dans le deuxième cas (« avec remplissage »), l'espace entre les éléments structurels est rempli avec des matériaux et selon des techniques variables. Ces deux catégories se déclinent à leur tour en différentes sous-catégories, selon le type de matériaux employés et/ou les modalités de leur mise en œuvre.

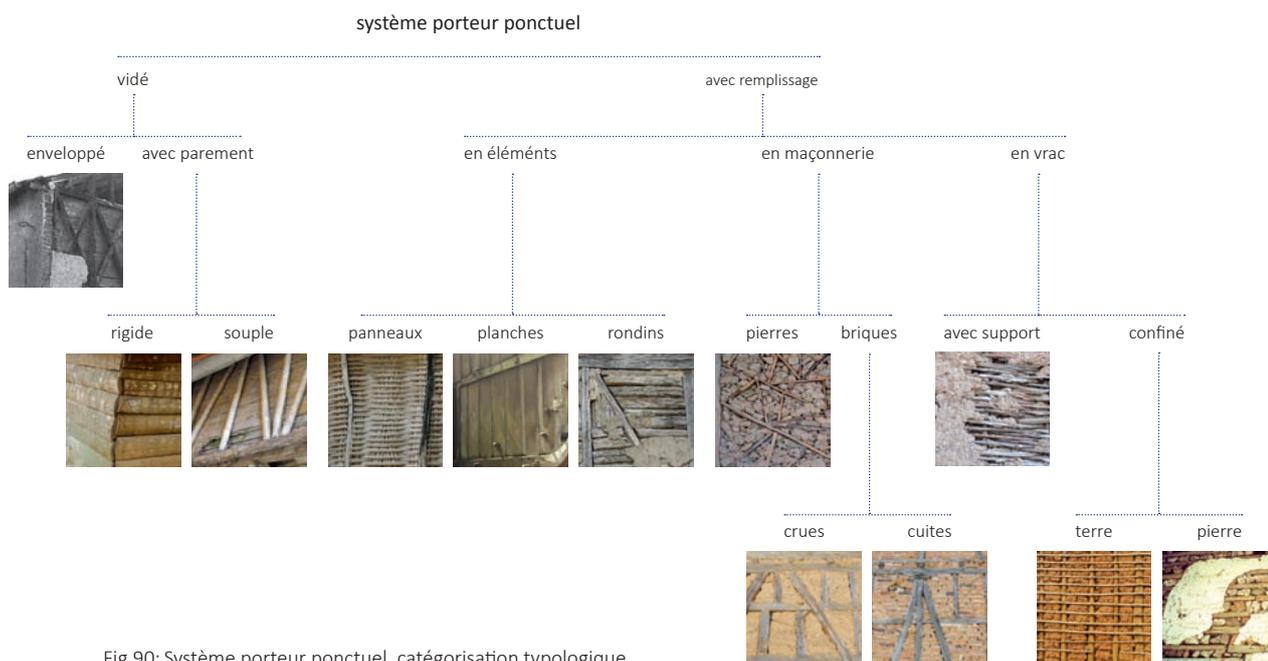
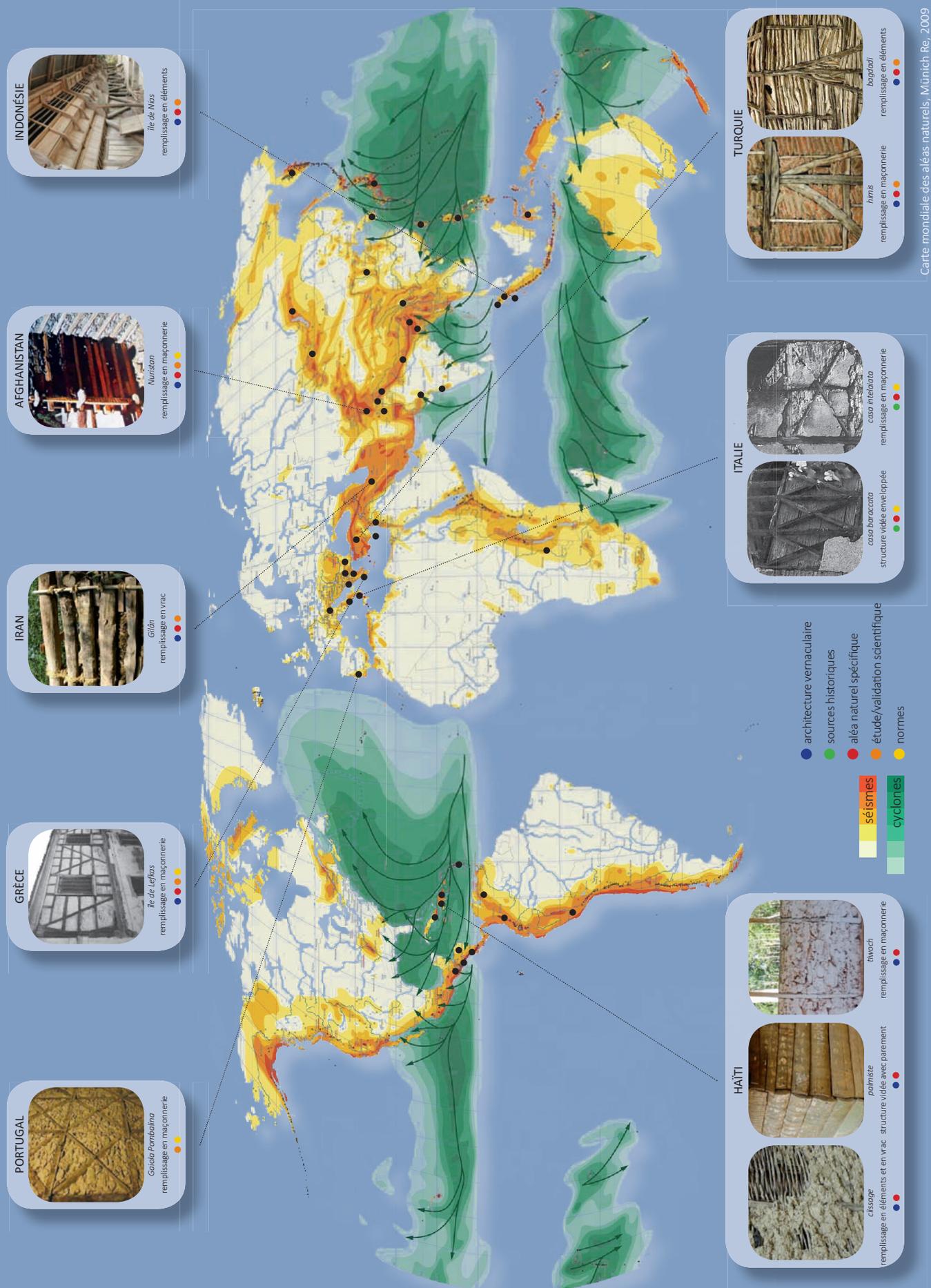


Fig.90: Système porteur ponctuel, catégorisation typologique

Dans la partie suivante, je présente de manière synthétique ces différentes catégories, avec la référence d'exemples situés. Huit entre les systèmes constructifs identifiés ont été détaillés sous forme de fiches d'approfondissement, en développant les spécificités constructives et les particularités parasismiques (cf. annexes A.3 : fiches d'approfondissement). La carte ci-après illustre la localisation de l'ensemble des systèmes identifiés avec l'indication de ceux ayant fait objet d'un approfondissement (Fig. 91).



Carte mondiale des aléas naturels, Münich Re, 2009

SYSTÈME PONCTUEL VIDÉ

La structure primaire est laissée vide et elle est libre de se déformer sous les sollicitations sismiques, seul des éventuels dispositifs de contreventement ou d'autres parties structurelles (p.e. structure des planchers et de la toiture) en influencent le comportement. Toutefois, la nécessité de clôturer l'espace, généralement pour des questions d'habitabilité, a conduit au développement de deux systèmes dont la distinction s'effectue essentiellement en relation aux dispositions constructives adoptées.

ENVELOPPÉ

Ce système voit l'application d'un principe d'enveloppe basé sur la mise en œuvre de dispositifs de cloison indépendants de la structure porteuse principale. Cette dernière est entourée à l'extérieur, et parfois à l'intérieur, par des éléments autoporteurs, généralement en maçonnerie. Ceux-ci peuvent être complètement déconnectés de la charpente ou lui être reliés par des ancrages, assurant la stabilité de la structure secondaire (en particulier lors que celles-ci s'élève sur plusieurs étages). Le système d'enveloppe participe à la stabilité de la structure primaire évitant des déformations importantes, spécialement en cas d'absence ou insuffisance de contreventement.

Deux exemples permettent d'explicitier ce principe : les constructions de type « *baraccato* » utilisé jusqu'au début du XIX^e siècle dans certaines régions de l'Italie méridionale et un système constructif vernaculaire constituant une portion importante de l'habitat de l'État du Maharashtra (Inde).

Les constructions « *baraccate* » se caractérisent par une ossature en bois, subdivisée en deux parties sur l'hauteur d'un étage et contreventée avec des éléments en croix (Figs. 92). Sur le côté extérieur, un mur en maçonnerie de pierre est juxtaposé à la structure primaire, en la cachant complètement à la vue (cf. annexe A.3 : fiche d'approfondissement).

Le système appelé « *khan* », particulièrement diffus dans la région de Marathwada (Maharashtra, Inde) pour les constructions à un étage, se compose d'une charpente en bois non contreventée constituée de poteaux positionnés en retrait par rapport au périmètre du bâtiment, portant la toiture, plate et relativement lourde. Un mur épais en maçonnerie de pierres liées par un mortier de terre entoure l'espace de vie (Figs. 93). Bien qu'aucun élément de stabilisation ne soit employé, le poids de la toiture maintient stable la structure en bois²⁰¹ (REVI, KISHORE, 1994 ; ARYA, 1998, *op. cit.* ; BRZEV, GREENE, SINHA, 2002).



Fig.92: Italie, *Casa baraccata* :

- a) ossature réalisée après le séisme de 1908 à Messine et Reggio Calabria (source: BARBISAN, 1997) ;
- b) structure enveloppée, Reggio Calabria (crédits: E. Plateroti) ;
- c) bâtiment achevé, Filadelfia (crédits: S. Tobriner)

201 Lors d'un séisme de M 6.4 qui frappa la région en 1994, les murs en maçonnerie subirent des importants dégâts. Dans nombreux cas, la structure en bois resta cependant stable, maintenant en place la toiture et préservant la vie de ses occupants (ARYA, 1998, *op. cit.*) ; comportement qui permet de réduire considérablement le nombre de victimes (REVI, KISHORE, 1994, *op. cit.*). Un principe similaire a été adopté sur l'île grecque de Lefkada où, au rez-de-chaussée, un mur périmétral en maçonnerie clôture des poteaux en bois portant la structure des étages supérieurs (Figs. 94 a et b). En cas de séisme, la maçonnerie peut s'effondrer sans compromettre la stabilité de la structure supérieure (cf. annexe A.3. fiche d'approfondissement).

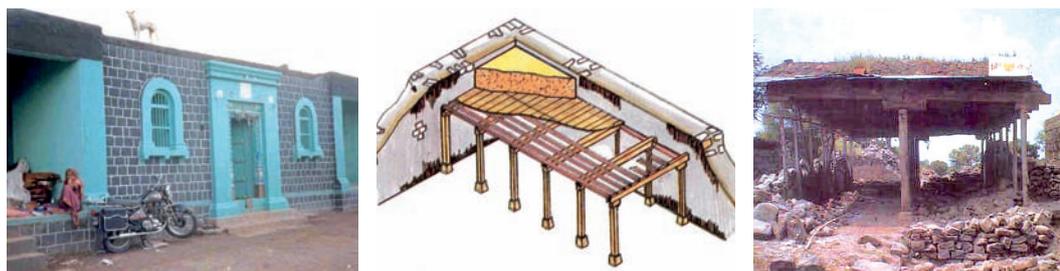


Fig.93: Système *khan*, Maharashtra (Inde) : a) bâtiment originaire ; b) schéma structurel ; c) après le séisme de septembre 1993 (sources: a et b) BRZEV, GREENE, SINHA, 2002 ; c) REVI, KISHORE, 1994)

Un principe similaire est présent dans l'architecture vernaculaire de la région de Kabalo (République Démocratique du Congo), affectée par des séismes d'intensité de moyenne à forte. Dans ce cas, il s'agit d'un système qu'on pourrait définir à « enveloppe inversée » : la structure portant la toiture est déconnectée et positionnée à l'extérieur des murs en maçonnerie de briques en terre crue clôturant l'espace habitable ; ce qui assure sa sauvegarde même en cas d'écroulement des parois, permettant ainsi une réparation et une réoccupation rapide de la construction ²⁰² (Fig. 94c, MOLES, HOSTA, 2009).

Dans le cas de systèmes à « enveloppe », le comportement d'une construction sous des sollicitations sismiques repose donc essentiellement sur la capacité propre à sa structure primaire à en faire face, envers laquelle les caractéristiques des matériaux ainsi que les éventuels dispositifs (assemblages, contreventements, raidisseurs, etc.) mis en place assument une importance considérable. Ce système présente l'avantage de favoriser une préservation et une réhabilitation presque immédiate de la structure, qui se maintient intacte et/ou qui contribue à la préservation d'autres parties de la construction.

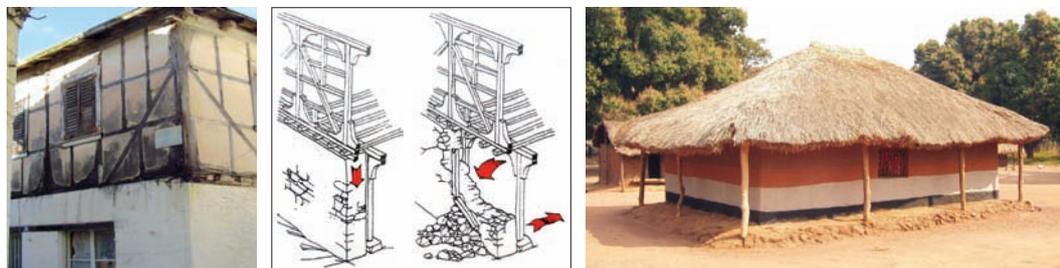


Fig.94: Grèce, île de Lefkada : a) vue extérieure (source: KARABABA, 2007), b) fonctionnement lors de séismes (source: FERRIGNI, HELLY, MAURO, et al., 2005) ; c) République Démocratique du Congo, habitat vernaculaire avec système à enveloppe inversée (crédits: O. Moles)

AVEC PAREMENT

Le deuxième système relatif à des structures vidées voit l'utilisation d'éléments de revêtement appliqués directement sur la structure primaire, par unités individuelles ou par panneaux (Fig. 95). Les matériaux utilisés se caractérisent par une relative légèreté et flexibilité, permettant un certain mouvement de la structure porteuse. Toutefois, on effectue ici une distinction entre des matériaux relativement rigides, comme le bois (p.e. bardage sous forme de planches) et ceux qui en comparaison se révèlent plutôt souples, tels que le bambou (sous forme de lattes aplaties ou tressées) et des éléments réalisés avec de roseaux ou d'autres types de plantes ou herbes. La souplesse des matériaux et du système de fixation (ligatures, clous, etc.) peut favoriser une contribution du parement à la stabilité de la structure (ZÁMOLYI, ZÁMOLYI, 2005 ; LANGENBACH, 2010b, *op. cit.*).

²⁰² Employé pour des bâtiments d'un seul étage, ce système se révèle également pertinent face aux inondations qui affectent régulièrement cette zone du pays.

Dans les zones rurales d'Haïti, la technique du *palmiste* était autrefois très répandue, utilisant des planches clouées à l'extérieur d'une charpente constituée de poteaux en bois (Fig. 95c, cf. annexe A.3 : fiche d'approfondissement). Outre à permettre une facilité de réalisation et d'extension de la construction, les planches en bois apportent un certain contreventement, et donc cohérence et solidité, à la structure. Lors du séisme de 2010, les constructions employant ce système ont fonctionné comme une sorte de boîte souple pouvant subir des déformations sans s'effondrer, même dans le cas de bâtiments abandonnés depuis longtemps ou présentant un état de dégradation avancé.



Fig.95: Parement souple : a) panneaux en roseaux (Dinajpur, Bangladesh), b) panneaux en lattes de bambou tressées (Nagaland, Inde) ; Bardage en planches : c) bardage extérieur (zones rurales, Haïti, crédits: E. Cauderay) ; d) bardage intérieur, chute du remplissage suite au séisme de 2010 (zones urbaines, Haïti, source: LANGENBACH, KELLEY, SPARKS, ET AL., 2010) ; e) double bardage avec cavité (Istanbul, Turquie)

Les éléments de parement peuvent être mis en place sur le côté extérieur, laissant la structure visible à l'intérieur, ou sur les deux faces créant une cavité interne. Dans ce cas, ils servent souvent de support à un enduit et l'espace entre la structure constitue un vide d'isolation, améliorant le confort du bâtiment. Ce système peut également être associé à un remplissage avec des matériaux en vrac ou en maçonnerie. Dans le premier cas, le parement assume la fonction de coffrage perdu; tandis que dans le deuxième cas, le parement est employé uniquement sur la face extérieure du mur, avec essentiellement une fonction de protection de la structure.

En cas d'effondrement, les occupants sont exposés à un danger moindre en raison de l'utilisation d'éléments relativement légers qui résultent être facilement réutilisables. Lors qu'un remplissage est mis en œuvre entre les éléments structurels, le parement peut, en outre, constituer un système de protection supplémentaire. Pendant le séisme de 2010 en Haïti, le revêtement en planches de bois caractérisant les constructions de type *gingerbread* a empêché l'écroulement vers l'intérieur du remplissage en maçonnerie, protégeant ainsi les occupants de la chute des débris (LANGENBACH, KELLEY, SPARKS, et al., 2010, *op. cit.*).

Dans la région de Sylhet (Bangladesh), les tremblements de terre associés à des inondations de plus en plus fréquentes ont déterminé l'émergence d'une typologie constructive particulière aux zones les plus exposées. Le mode de construction courant est en effet évolué passant d'une structure porteuse massive, réalisée avec la technique de la bauge, à une ossature clôturée, dans sa partie supérieure, par un parement en panneaux légers et, dans sa partie inférieure, par un mur en terre déconnecté de la structure primaire (Fig. 96b). Ce système se révèle capable de mieux supporter l'impact des aléas locaux admettant un endommagement de certaines parties de la construction sans que cela engendre l'effondrement complet du bâtiment, permettant en outre une réparation rapide ainsi qu'une mise en danger réduite de ses occupants (source : analyses de terrain, 2012).



Fig.96: Structure avec parement en zone sismique : a) bambous tressés avec structure en bambou (Nagaland, Inde) ; b) panneaux végétaux avec enduit (Bangladesh) ; b) bardage en planches (Bartın, Turquie)

SYSTÈME PONCTUEL AVEC REMPLISSAGE

Dans ce cas, le comportement de l'ensemble structurel est influencé par le type et les caractéristiques du remplissage, dont le rôle s'est souvent révélé déterminant dans la réponse de la construction à des sollicitations violentes et soudaines. Le remplissage participe tant à maintenir une cohérence structurelle qu'à dissiper les sollicitations induites par un séisme (VIEUX-CHAMPAGNE, 2013). Trois sous-catégories peuvent être identifiées selon l'utilisation d'éléments, d'une maçonnerie ou de matériaux en vrac.

REEMPLISSAGE EN ÉLÉMENTS

Ce type de remplissage se base sur la mise en œuvre de pièces coupées sur mesure entre les composants de la structure primaire et secondaire. Les matériaux employés assurent une certaine rigidité, tout en restant relativement légers. Ils sont utilisés sous forme de pièces pré-coupées laissées à l'état brut (rondins) ou équarrées et polies (planches) et/ou assemblées en panneaux (lattes ou branches tressées et/ou clouées sur un cadre), dont les dimensions sont calibrées en relation à leur localisation. Surtout dans le premier cas, les pièces peuvent être orientées en plusieurs directions (horizontale, verticale ou diagonale) et elles ne sont généralement pas connectées entre elles. La fixation avec la charpente est effectuée à sec, par ligature et/ou par encastrement simple (pression) ou au moyen d'assemblages particuliers (languette et rainure, encoches, etc.) réalisés sur la structure porteuses et/ou sur les éléments de remplissage. Le remplissage permet ainsi la constitution d'une structure continue en boîte, dans laquelle il assume la fonction d'élément raidisseur et de contreventement.

Situées dans une zone fortement sismique, les constructions vernaculaires de l'île de Nias se caractérisent par un espace habitable défini par une structure indépendante et semi-rigide surélevée. Elle se compose de planches en bois glissées verticalement dans des rainures effectuées dans les poutres du plancher et de toiture, ou horizontalement dans des montants secondaires (Fig. 97a). Lors de deux séismes de magnitude particulièrement élevée (M 9.1 en 2004 et M 8.7 en 2005), ces structures ont montré une excellente capacité à rester intacte, même en cas de défaillance de la substructure en pilotis (cf. annexe A.3 : fiche d'approfondissement). Ce principe caractérise les constructions vernaculaires de nombreuses régions indonésiennes exposées à des phénomènes particulièrement fréquents et violents, comme les habitations de la province d'Aceh, celles des populations Karo Batak et Toba Batak (Sumatera Barat) ainsi que de celles Toraja de l'île Sulawesi.



Fig.97: Indonésie, remplissage en planches : a) île Nias (crédits: Nata'alui Duha) ; b) Karo Batak, Berastagi ; c) Toba Batak, Danau Toba

Les autres deux types de remplissage en éléments présentent également des particularités spécifiques. L'utilisation de panneaux se base sur des composants très légers qui, même en cas d'effondrement, ne représentent pas un danger pour les occupants et dont les matériaux et les modalités de mise en œuvre peuvent contribuer à un certain amortissement des sollicitations (p.e. le tressage des lattes). Ce type de remplissage est souvent associé à la pose d'un enduit qui, selon son épaisseur, peut aller coïncider avec la catégorie du remplissage « en vrac ».

Bien que nécessitant une quantité considérable de matériau, l'emploi d'unités individuelles directement encastrées dans la structure (p.e. rondins) présente l'avantage, lors de sollicitations sismiques, de permettre des déplacements différés des diverses pièces. En outre, l'emboîtement individuel avec le cadre structurel admet un délitement d'un ou plusieurs éléments sans que cela entraîne le videment du remplissage. En Turquie, ce système caractérise les architectures de la province de Bartın (Figs. 98 b et c) et de la ville de Niksar (province de Tokat). Des rondins équerrés sont encastrés entre l'ossature porteuse, en occupant tout son épaisseur et en s'adaptant à la dimension et position des ouvertures. Derrière l'enduit de nombreuses constructions à l'apparence en maçonnerie se cachent, de fait, des façades entièrement en bois dont la structure primaire est identifiable uniquement grâce aux chapiteaux surmontant les montants verticaux ainsi qu'aux dispositifs de contreventement (équerres arrondies, diagonales).

Etant donné qu'elles se basent sur un principe d'assemblage par encastrement, les constructions en rondins sont incluses dans cette catégorie, bien que dans ce cas la structure primaire coïncide avec les éléments de remplissage.



Fig.98: a) remplissage en panneaux (*kay klissage*, Haïti) ; b et c) *dizeme*, remplissage en rondins (Bartın, Turquie)

REMPLISSAGE EN MAÇONNERIE

Ce système se base sur la mise en œuvre d'unités (pierres, briques en terre crue ou en terre cuite) maçonnées entre les éléments de la structure primaire et secondaire. Généralement en bois, celle-ci est souvent subdivisée par des éléments (diagonales, entretoises, contreventements en croix, etc.) qui, dans la plupart des cas, contribuent à la stabilité du système et qui, en le répartissant en panneaux de taille réduite, limitent la propagation de fissures à travers la maçonnerie (VINTZILEOU, TOULIATOS, 2005).

Les matériaux utilisés pour le remplissage, leur disposition, ainsi que la fréquence et les modalités de répartition de la structure primaire, influencent considérablement le comportement des parties et de l'ensemble de la construction. Sous l'impact d'un séisme, ces structures montrent généralement une réponse de type plastique²⁰³ car elles répondent aux sollicitations par des déplacements des éléments structuraux, des panneaux de remplissage et des unités maçonnées (DIKMEN, 2010). L'utilisation d'un mortier de nature plus fragile (terre, terre et chaux) que les unités qu'il relie (p.e. briques ou pierres) permet un mouvement de ces dernières sous les sollicitations sismiques qui se répartissent ainsi dans la structure et déterminent une déformation des panneaux de remplissage.

203 "When unreinforced masonry begins to crack, in terms of engineering analysis, it is usually described as having "failed," even if collapse does not occur. The internal elastic strength of the wall drops, and in repeated cycles, the wall undergoes plastic deformations through movement along the mortar joints (in-plane), or in bending (out-of-plane). The most important attribute of soft mortar is that, when the mortar strengths are below that of the masonry units, when the wall does crack, it does so along the mortar joints, resulting in greater overall stability" (LANGENBACH, 1989, op. cit., p. 17).

Grâce à la fragilité du mortier, des glissements se produisent à l'interface entre les éléments d'ossature ainsi qu'en correspondance des joints entre les unités maçonnées, sans en causer une fissuration (VINTZILEOU, ZAGKOTIS, REPAPIS, et al., 2007). La friction entre les composants du remplissage et entre le remplissage et la structure constitue un important mécanisme de dissipation d'énergie contribuant à équilibrer l'incompatibilité entre la rigidité des panneaux en maçonnerie et la flexibilité de l'ossature (GÜLKAN, LANGENBACH, 2004) et réduire les sollicitations de l'ensemble structurel ainsi que l'endommagement d'autres éléments²⁰⁴.

L'absence de liaisons mécaniques entre les éléments structurels et la maçonnerie peut, pendant un séisme, causer la chute de petites sections de remplissage (LANGENBACH, 2000, *op. cit.*). Cependant, la défaillance de certains panneaux n'entraîne généralement pas une perte de stabilité de la structure dans son ensemble. En effet, la subdivision de chaque travée avec une progression d'éléments diagonaux, verticaux et horizontaux contribue à maintenir les murs en place, même en cas d'effondrement de certains panneaux de remplissage (TOBRINER, 2000, *op. cit.*).



Fig.99: Variantes de remplissage et de répartition de la structure primaire (*hımış*, Turquie) :
a et b) briques en terre crue ; b et c) briques en terre cuite ; c et d) pierres

Dans le Cachemire pakistanais, l'ossature en bois est subdivisée par un complexe système de contreventements, réalisé avec des planchettes disposées selon une géométrie variable entre les montants verticaux de la structure porteuse²⁰⁵. Le remplissage en maçonnerie se divise en plusieurs panneaux de taille réduite, ce qui limite la propagation de fissures pouvant conduire à un effondrement sur une grande hauteur (Fig. 100). Lors d'un séisme de M 8.7 qui a eu lieu en 2005, les dommages subis par de nombreux bâtiments employant cette technique se limitèrent au délitement de quelques panneaux de maçonnerie, ne compromettant pas la stabilité de la structure et facilitant une réparation rapide (LANGENBACH, 2009, *op. cit.*).

²⁰⁴ Dans les constructions vernaculaires avec une ossature en bois et remplissage, "the precompression stress provided by the load bearing weight of the wall, combined with the weak and nonbrittle behavior of the mortar, enables the stresses to be spread throughout the wall rather than being concentrated along the diagonal. Instead of one large tension crack, with crushing failure at the corners, the softness and give of the mortar encourages a more wide-spread, small-scale cracking across the mortar joints of the whole panel. This also allows the building to dissipate energy, and thus perform in a ductile rather than a brittle manner" (Ibid., p. 16).

²⁰⁵ Cette répartition s'effectue avec des motifs très aléatoires résultant probablement de l'utilisation de chutes de bois, disponibles avec des longueurs différentes, comme suggère l'appellation de cette technique, *dhajji dewari* qui, en persan, signifie « patchwork » tissus fabriqués à partir de la récupération de restes de tissu (LANGENBACH, 2009, *op. cit.*).



Fig.100: Cachemire pakistanais, *dhajji dewari* : a) structure vide ; b, c et d) variante de remplissage ; e) dégâts suite au séisme de 2005 (crédits : a, b et e) T. Schacher ; source : c et d) HIÇYILMAZ, BOTHARA, STEPHENSON, 2011)

L'amortissement des sollicitations engendré par le glissement et une dégradation du remplissage affectent et modifient la fréquence de vibration propre au bâtiment, réduisant sa tendance à entrer en résonance avec le séisme (DOGANGÜN, TULUK, LIVAOĞLU, et al., 2006). De fait il contribue à protéger la structure envers un endommagement extrême, évitant une défaillance majeure ou un effondrement soudain (LANGENBACH, 2000, *op. cit.*).

Les observations conduites suite à deux séismes, en 1999 et 2000, en Turquie mettent en évidence le comportement particulier des structures en *hımış*, constituées par une ossature en bois avec un remplissage en maçonnerie (cf. annexe A.3 : fiche d'approfondissement). Le premier séisme a eu lieu avec une intensité de M 7.6 et causa énormément de dégâts. La plupart des constructions vernaculaires resta cependant intacte, présentant néanmoins des signes du travail²⁰⁶ de la structure sous l'effet des sollicitations (p.e. fissuration des enduits, des chutes de petites sections de remplissage) (GÜLHAN, GÜNEY, 2000, *op. cit.*). Le deuxième séisme fut d'intensité plus modérée (M 6.1) et provoqua un niveau d'endommagement similaire à celui causé par le premier séisme. Cette correspondance dérive de la capacité des constructions vernaculaires à absorber des secousses violentes avec une progression très faible des dommages subis (LANGENBACH, 2007, *op. cit.*), grâce à une dissipation pouvant s'effectuer sur une longue période sans engendrer une dégradation structurelle rapide²⁰⁷ (LANGENBACH, 2000, *op. cit.*).



Fig.101: Turquie : construction en *hımış* ayant survécu au séisme de Kocaeli de 1999, en revanche le bâtiment voisin en béton armé s'est complètement effondré (crédits: R. Langenbach)

²⁰⁶ "To use the term "working" to describe the behavior of the masonry infill when it sheds its stucco surface during an earthquake is in contrast to describing it as cracking, deteriorating or failing. The use of the term "working" describes the behavior as a positive one, emphasizing that it could continue safely over time. The use of the term "failure" focuses on the notion that the masonry is breaking and is progressing towards collapse" (LANGENBACH, 1999, *op. cit.*, p. 13-14).

²⁰⁷ Les constructions vernaculaires assument un comportement considérablement différent de celles en béton armé. En comparant ces deux types de constructions, on constata que ces derniers montrent une progression très rapide d'un endommagement marginal à la destruction : celles qui semblent être des fissures mineures constituent le début de dégâts qui, en cas de séisme puissant, conduisent rapidement à l'effondrement du bâtiment entier. Alors que les constructions vernaculaires montrent un niveau similaire de dégâts dans des séismes d'intensité aussi bien modérée qu'élévée ; et cela en dépit du fait que l'endommagement commence à se produire avec des secousses beaucoup plus faibles que pour les structures en béton armé. Ce qui en fait leur caractéristique de protection la plus importante (LANGENBACH, 2003, *op. cit.*).

REPLISSAGE EN VRAC

Ce système se base sur la mise en œuvre d'un mélange à un état visqueux-plastique appliqué, empilé ou coulé. Selon la technique employée, une distinction peut être effectuée entre le remplissage étalé sur un support positionné entre les espaces de la structure, et le remplissage constituant une masse compacte directement mise en place entre les éléments structurels.

Le premier cas (« avec support ») correspond à une technique de garnissage d'une structure secondaire, espacée (p.e. treillis, lattes de bois ou bambou) ou compacte (p.e. panneaux, tressage de branches ou lattes), avec une épaisse couche de mortier de terre et/ou de chaux, parfois stabilisée avec du sable et des fibres (Fig. 102a). Le support est constitué de panneaux préfabriqués ou d'éléments directement intégrés par encastrement à la structure, réalisés à partir de branches ou lattes (éclisses, lattis, gaulettes) tressées ou disposées de manière horizontale, diagonale ou en treillis et dont l'espacement permet l'accrochage du mortier. Dans la plupart des cas, le remplissage est ensuite recouvert par un enduit. Lors des sollicitations sismiques, le mortier et le support, en particulier lors qu'il s'agit de lattes tressées directement entre la structure, travaillent ensemble comme un matériau composite (GONZÁLEZ, GUTIÉRREZ, 2005).

Dans les zones rurales d'Haïti, la technique du *klissage* utilise des panneaux en lattes de palmier tressées horizontalement, insérés entre les éléments verticaux de l'ossature en bois. Bien que parfois soient laissés apparents (« remplissage par éléments »), ces panneaux sont souvent recouverts sur leurs deux faces par une épaisse couche de un mortier de terre ou de terre chaux. Les structures ainsi réalisées résultent particulièrement légères et présentent un degré réduit de mise en danger de ses occupants, grâce à l'absence de gros blocs pouvant s'écrouler sous l'action des sollicitations sismiques (Fig. 102e). Suite au tremblement de terre de 2010, de par la rapidité de son exécution et la constatation de son bon comportement, le *klissage* a été réutilisé spontanément par la population pour la réalisation d'abris d'urgence et la réparation de habitations endommagées.

Dans des autres cas (« confiné »), le remplissage se constitue d'un mélange homogène (p.e. terre) ou d'un amalgame de différents matériaux (p.e. terre, pierres de dimensions variables, morceaux de briques) confinés par des lattes, des baguettes ou des éléments horizontaux espacés et fixés sur les côtés extérieurs de l'ossature (Figs. 102 b, c et d).

Lors que le mélange intègre des matériaux disparates, ceux-ci peuvent être agglomérés à sec ou être liés par un mortier fragile (p.e. terre, terre et chaux) ; ils ne composent pas une vraie et propre maçonnerie, mais plutôt une sorte de béton cyclopéen pouvant être mis en œuvre avec un coffrage temporaire ou perdu, réalisé avec des matériaux légers (p.e. planches de bois, canisses, lattes de bambou, etc.).

Lors d'évaluations conduites suite à différents séismes (p.e. Nicaragua 1931, Salvador 1986, Colombie 1999), une désagrégation de l'enduit des bâtiments employant ce type de structure a été constatée (LANGENBACH, 2000, *op. cit.*). Ce phénomène n'est toutefois pas synonyme d'un endommagement structurel, mais au contraire il montre la répartition des sollicitations de manière uniforme à travers le mur, grâce à des déplacements réduits de la matière qui reste renfermée entre la structure. Outre à limiter la chute de gros éléments, le confinement constitue une liaison supplémentaire entre les composants structurels contribuant à la résistance envers des sollicitations latérales, tout en garantissant une certaine élasticité (GÜÇHAN, 2007, *op. cit.*).



Fig.102: a) torchis (Turquie) ; b) remplissage en terre confiné (Guatemala, crédits: M. Mas Gomes) ; c) *taquezal* avec gravat (Nicaragua, source: QUINTALLET, SAMIN, 2012) ; d) *bağdadı* (Turquie) ; e) effet du séisme de 2010 sur un panneau en clissage avec mortier de terre chaux (Haïti)

10.3.2. SYSTÈMES PORTEURS CONTINUS

Les systèmes porteurs continus se réfèrent aux structures correspondant à une logique de reprise de charge par des éléments massifs (p.e. murs linéaires) ou présentant des caractéristiques similaires (p.e. piliers, murs trumeaux). Ce principe structurel est associable à des constructions basées sur l'utilisation de matériaux mis en œuvre en tant que masse uniforme et compacte ou en unités de taille variable. Le premier cas se rapporte principalement à l'emploi de la matière terre associée à des techniques constituant des éléments constructifs homogènes dans leur masse. Le deuxième se rapporte à l'utilisation de plusieurs types de matériaux employés selon le principe de la maçonnerie, où les différentes unités peuvent être reliées entre elles par un liant et/ou par d'autres dispositifs particuliers.

COMPORTEMENT STRUCTUREL ET DISPOSITIFS CONSTRUCTIFS

De par la nature des matériaux utilisés et les modalités de leur mise en œuvre, les structures correspondantes à un système porteur continu se caractérisent généralement par une bonne résistance à des charges en compression, mais une faible capacité à supporter des sollicitations en cisaillement et en traction. Les efforts induits par un séisme peuvent, par conséquent, provoquer une désolidarisation de certaines parties structurelles et un endommagement entraînant l'effondrement du bâtiment entier (KORKMAZ, KORKMAZ, DONDUREN, 2010).

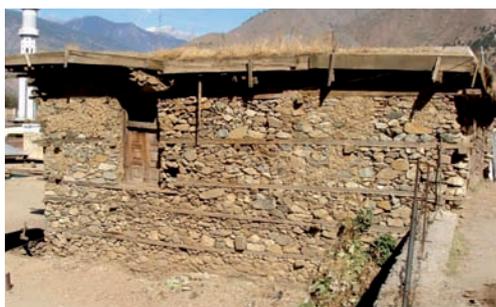


Fig.103: Cachemire pakistanais, après le séisme de 2005 : deux constructions réalisées avec des matériaux et des techniques similaires mais n'intégrant pas les mêmes dispositifs : a) complètement effondrée (crédits: O. Moles), b) quasiment intacte (crédits: T. Schacher)

L'application de règles de l'art spécifiques à la technique utilisée constitue un facteur essentiel pour améliorer le comportement d'une structure (BOTHARA, BRZEZ, 2011). Pour la construction en maçonnerie de pierre, par exemple, l'utilisation de pièces en boutisse ou de dispositions particulières (p.e. harpage, alternance de pierres en boutisse et panneresse) réduisent les risques d'une désolidarisation entre murs opposés et d'une séparation des deux faces du mur, en particulier lorsqu'il se compose de deux parois de parement avec un remplissage. Les bâtisseurs vernaculaires ont en outre élaborés plusieurs solutions astucieuses permettant de dépasser certaines limites des matières et/ou des techniques employées. Ceci en utilisant un seul et unique matériau (en lui conférant par exemple des formes particulières) ou en le combinant à des matériaux hétérogènes, de manière à compenser ses carences et/ou amplifier certains mécanismes, améliorant ainsi la capacité de l'ensemble structurel à faire face à l'impact des séismes²⁰⁸.

208 Les caractéristiques de certains composants peuvent apporter une contribution considérable au comportement d'une structure, notamment en relation au principe du frottement réduisant le niveau d'endommagement potentiel. Egalement pour ces systèmes l'utilisation d'un mortier de type fragile, à base de terre et/ou de chaux, contribue à assurer une stabilité de l'ensemble structure et cela non seulement envers des sollicitations sismiques (LANGENBACH, 1989, *op. cit.*). "The use of lime-sand mortar [...] furnishes a plastic cushion that allows bricks or stones some movement relative to each other. The entire structural system depends upon some flexibility in the masonry components of a building. A cushion of soft mortar furnishes sufficient flexibility to compensate for uneven settlement of foundations, walls, piers and arches: gradual adjustment over a period of months or years is possible" (Harley McKee, 1980. *Masonry*. Washington: National Trust/Columbia University Series, p. 61, cité par Ibid., p. 16).

UNE COMPLÉMENTARITÉ HISTORIQUE

L'intégration systématique de matériaux hétéroclites à une structure homogène est une pratique qui a été adoptée depuis l'antiquité. Les premiers témoignages écrits dont l'on dispose sont les descriptions, faite par Julius César d'une technique employée par les Celtes pour la constructions des murs de fortification (HUGHES, 2000), tandis que les premières traces identifiables dans le bâti remontent à plusieurs milliers d'années et se situent en différentes régions du monde. Des exemples d'intégration d'éléments en bois à des structures en maçonnerie ont été mis à jour dans le Nouveau Palais de Cnossos en Grèce (1450 av. J.-C.), en Egypte dans le Temple d'Aton Little d'Akhenaton (1350 av. J.-C.) et au Pakistan dans le Mohenjo Daro (3500 av. J.-C.) (HUGHES, 2000 ; LANGENBACH, 2003, *op. cit.*). Déjà pendant le II^e millénaire av. J.-C. un système de renforcement de la maçonnerie en briques de terre crue avec des cadres bois était utilisé dans la Syrie septentrionale, partie la plus exposée du pays aux phénomènes sismiques (LANER, BARBISAN, 1986, *op. cit.*).

L'hypothèse que l'intégration de certains matériaux à des ouvrages en maçonnerie ait été effectuée expressément pour améliorer leur comportement aux sollicitations sismiques, est renforcée par le fait que ce principe a été appliqué également dans des régions où l'accès à ces matières était considérablement difficile. En est un exemple l'utilisation du bois dans des régions désertiques de l'Iran et de l'Egypte où il pourrait avoir été importé spécifiquement en tant que matériau permettant de résoudre un problème exceptionnel : améliorer la capacité des murs à résister aux secousses sismiques (HUGHES, 2000, *op. cit.*).

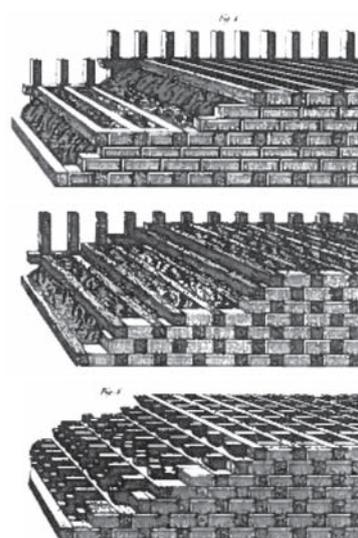


Fig.104: Étapes de construction des murs avec armatures en bois, (Rondelet 1832)

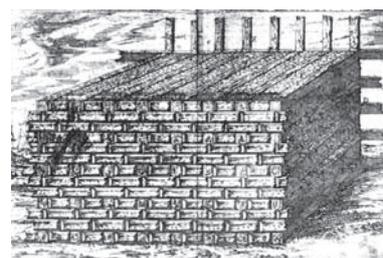


Fig.105: Murs des villes galliques (d'après Julius César, 1575)

CLASSIFICATION TYPOLOGIQUE : ENTRE HOMOGÉNÉITÉ ET MATÉRIAUX HÉTÉROCLITES

Ci après, je propose une catégorisation typologique relative aux systèmes porteurs continus. Elle se réfère aux caractéristiques et dispositifs identifiés dans plusieurs exemples d'architecture vernaculaire de différentes régions exposées à des phénomènes sismiques. Les cas considérés incluent des systèmes basés sur un principe de maçonnerie ainsi que sur des techniques donnant lieu à des structures dont la composition est comparable à une masse homogène. La présence d'une de ces catégories n'est pas exclusive envers d'autres techniques et systèmes ; plusieurs d'entre elles peuvent être simultanément présentes dans le même ouvrage comme, souvent, être associées à un système porteur de type ponctuel.

Une première distinction est effectuée entre deux principales typologies. L'une (« homogène ») se rapporte à des structures présentant des dispositifs mis en place, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du mur, pour améliorer le comportement du bâti à partir de l'utilisation d'un seul matériau. L'autre (« avec insertions ») inclut des constructions qui intègrent, de manière ponctuelle ou continue, des éléments composés de matériaux différents de ceux composants la masse murale, et dont les caractéristiques physiques et de mise en œuvre contribuent à la réponse de l'ensemble structurel sous des sollicitations sismiques.

Ces deux catégories se déclinent à leur tour en différentes sous-catégories, selon le type de dispositions et les variantes de mise en œuvre qu'elles présentent (Fig. 106).

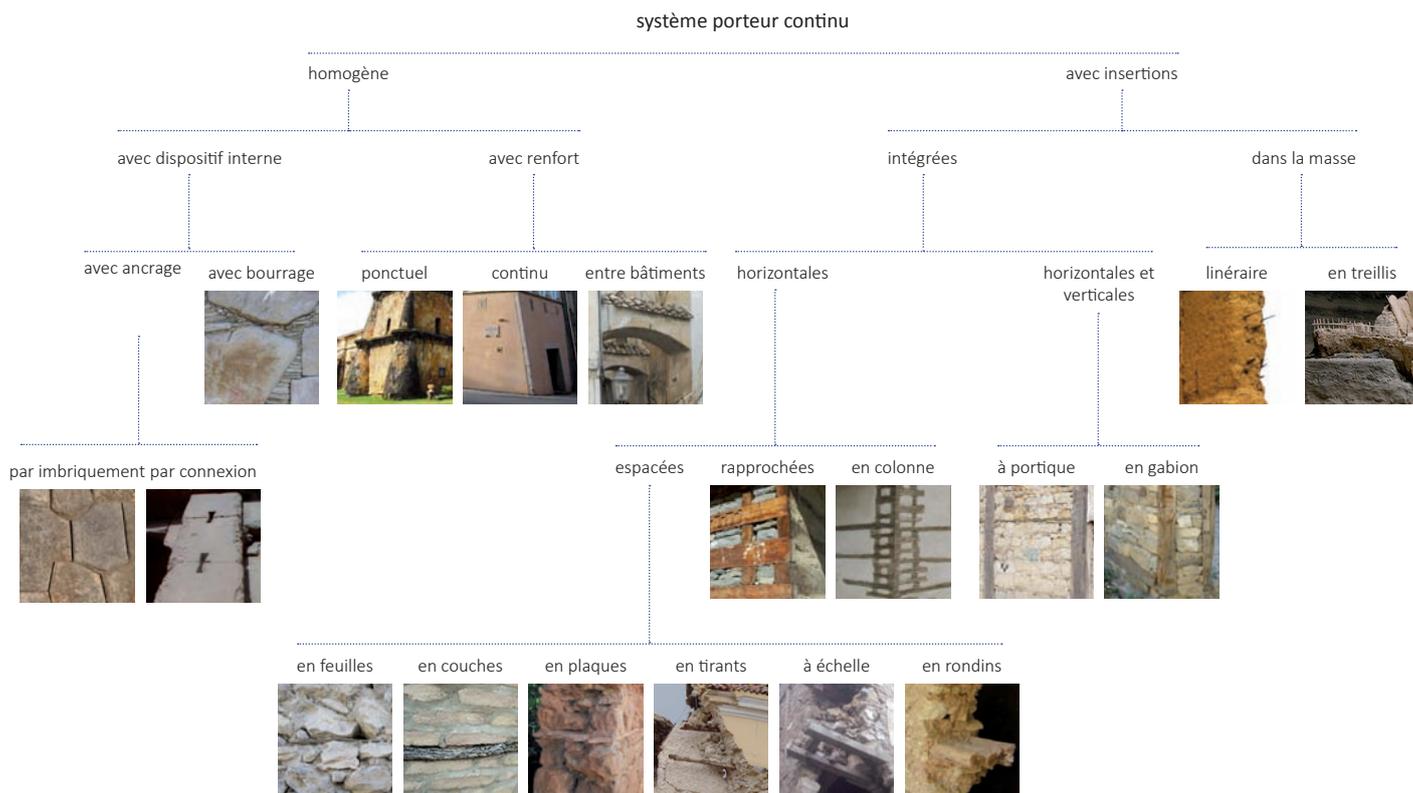
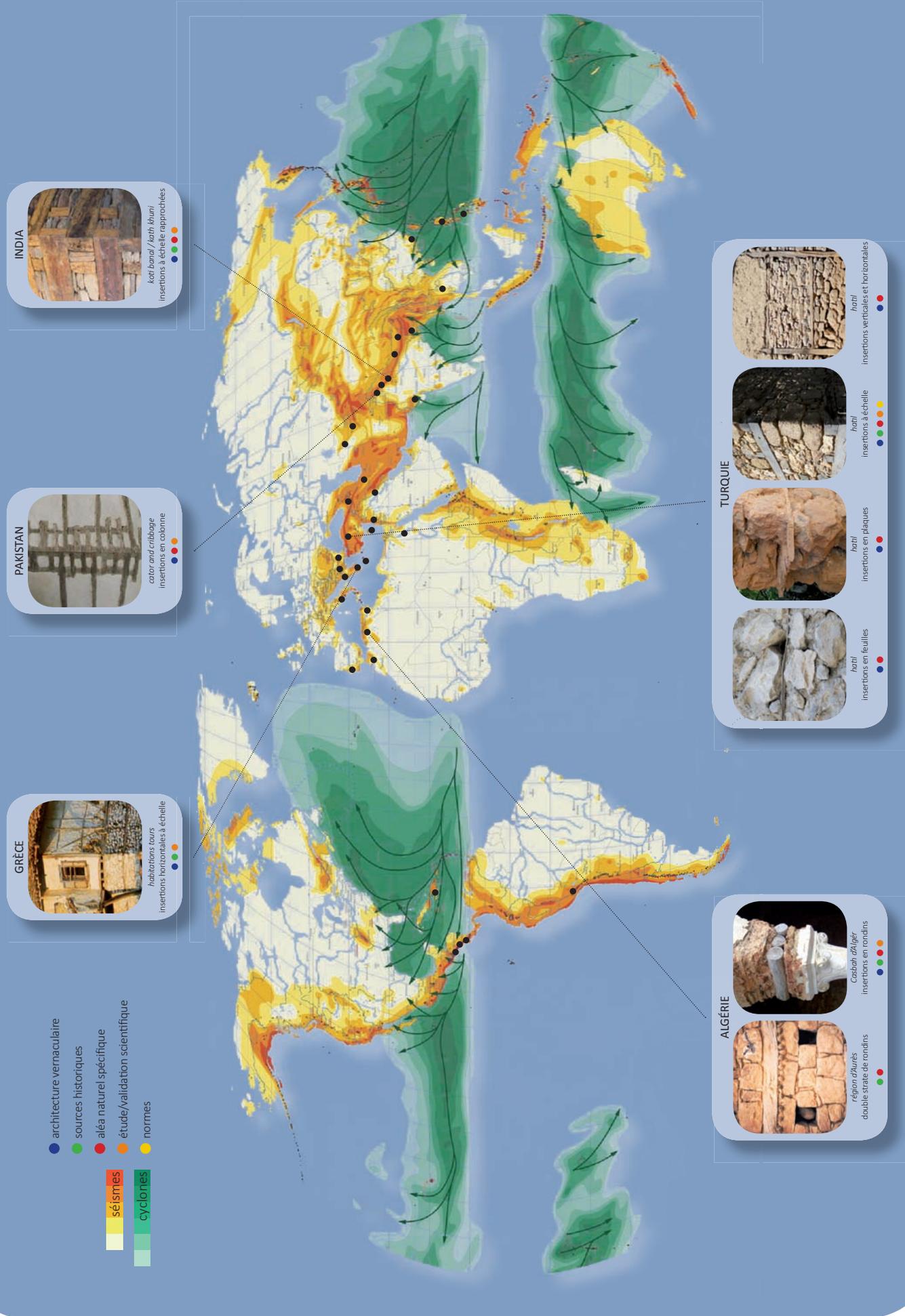


Fig.106: Système porteur continu, catégorisation typologique

L'explication de ces différentes catégories présentées dans la partie suivantes est accompagnée d'exemples situés, parmi lesquels cinq systèmes constructifs ont été détaillés dans des fiches, développant les spécificités constructives et les particularités parasismiques (cf. annexes A.3 : fiches d'approfondissement). La carte ci-après illustre la localisation de l'ensemble des systèmes identifiés avec l'indication de ceux ayant fait objet d'un approfondissement (Fig. 107).

En relation aux systèmes porteurs continus, une quantité d'informations considérablement plus réduite que pour les systèmes ponctuels a pu être acquise, en particulier en référence au rôle et influence spécifiques de certains dispositifs sur le comportement structurel lors de sollicitations sismiques. Ce fait est peut-être en partie déterminé par la difficulté de calculer et modéliser ce type de structures, à cause de la complexité et de la variabilité des matériaux, des interactions entre les composants et des formes de construction²⁰⁹. La classification présentée ici de suite se réfère, par conséquent, à des techniques et dispositifs relevés dans l'architecture vernaculaire de régions sismiques, plutôt qu'à des typologies dont les spécificités ont été scientifiquement validées. Toutefois, un certain nombre de données empiriques dérivantes d'observations effectuées suite à des événements particuliers, de preuves historiques ainsi que d'expérimentations conduites à échelle réelle (p.e. sur table vibrante), supporte leur prise en compte dans cette analyse et permet également d'en dégager des principes référés à leur caractère parasismique ; néanmoins, le comportement effectif de plusieurs des cas considérés reste souvent encore à établir.

209 À cet égard, les limites des outils scientifiques actuels dans l'étude des mécanismes caractérisant ces structures ont été explicitées par l'architecte Randolph Langenbach en référence à un des systèmes considérés dans les chapitres suivants: "as the bhatar system relies on structural stability and energy dissipation rather than strength characteristics, standard calculation techniques appropriate for dynamic analysis if engineered structures have limited validity when applied to bhatar construction" (LANGENBACH, 2009, *op. cit.*, p. 50).



Carte mondiale des aléas naturels, Munich, Re, 2009

SYSTÈME CONTINU HOMOGENÈ

Pour la réalisation aussi bien d'habitations que de bâtiments à caractère religieux, communautaire et même défensif, les constructeurs ont parfois fait recours à un seul type de matériau (souvent de la pierre) ou une même technique (p.e. maçonnerie en pierre) pour la réalisation de l'ensemble de la structure porteuse verticale. En relation à cette approche, j'ai identifié deux principales types de dispositions : la mise en place de dispositifs internes au mur basés sur un traitement particulier des unités maçonnées ou de leur mise en œuvre (« avec dispositif interne »); l'ajout d'éléments massifs de stabilisation, adossés à l'extérieur du bâtiment (« avec renfort »).

AVEC DISPOSITIF INTERNE

Bien que certaines règles de l'art contribuent à réduire la vulnérabilité d'un ouvrage, les constructions s'enrichissent souvent de dispositifs particuliers améliorant leur résistance aux efforts de torsions et cisaillement induits par des sollicitations horizontales. À cet égard, trois principes ont été identifiés en relation à des cas basés sur des systèmes en maçonnerie, essentiellement en pierre²¹⁰. Les techniques qui en découlent favorisent un amortissement de l'énergie par une augmentation du frottement interne (FERRIGNI, 2005c, *op. cit.*), dérivant de l'utilisation d'ancrages particuliers entre les blocs et/ou de la constitution de zones d'amortissement.

La réalisation de rangées très régulières et serrées permet d'amplifier la friction entre les éléments du mur²¹¹ grâce à la régularité des leurs surfaces (FERRIGNI, 2005b, *op. cit.*). Mais les constructeurs ont également mis en œuvre des dispositifs permettant la concaténation des unités maçonnées par un taillage particulièrement soigné ou par l'utilisation de pièces spécifiques assurant une connexion et une certaine cohérence entre les éléments. Dans le premier cas (« par imbriquement »), l'ancrage se fait directement par les blocs composant le mur, dont la surface est travaillée de manière à créer des décrochements²¹² (Figs. 108). Des exemples très anciens ont été identifiés dans des bâtiments de la vallée des temples en Egypte. Plusieurs structures présentent en effet des blocs avec des entailles en correspondance des angles, permettant l'encastrement entre pierres contiguës ; ce qui pourrait être considéré comme une mesure préventive envers les phénomènes sismiques (NIKER, 2010).



Fig.108: Imbriquement et ancrage de blocs en pierre, trois cas archéologiques : a) Egypte, vallée des temples (source: NIKER 2010) ; b) Cambodge, temple de Beng Mealea (crédits: E. Samin) ; c) Cuzco, architecture Inca (crédits: F. Bandarini)

210 Bien que ces principes soient parfois présents dans des bâtiments très connus et/ou historiquement anciens (p.e. la ville Inca de Cusco au Pérou), très peu d'informations ont été repérées au cours de cette recherche au regard de leurs influences sur le comportement du bâti sous des sollicitations sismiques.

211 "Whatever technique was used, anti-seismic effectiveness depended on how even each surface was: the smoother the surface, the larger the area of contact and the greater the friction, so that the wall would be able to dissipate more energy without breaking" (FERRIGNI, 2005b, *op. cit.*, p. 258).

212 Un autre système permettant l'emboîtement des unités de maçonnerie se rapporte à l'utilisation d'éléments taillés en forme polygonale et maçonnés à sec. Un exemple d'application de ce principe est visible dans des architectures des civilisations précolombiennes et de la Grèce mycénienne, où ce principe était également employé en tant que technique de réparation (MEDLEY, ZEKOS, 2007). Sa particularité est la constitution d'un vrai et propre réseau d'arcs internes à la maçonnerie garantissant une certaine stabilité de l'ensemble, même lors de l'écroulement de parties de l'ouvrage (RAMIS, 2008).

Nombreuses vestiges de l'architecture Inca, en particulier dans la ville de Cuzco et dans les sites de Machu Picchu et Ollantaytambo (Pérou), se caractérisent par plusieurs dispositifs qui, tout en employant un seul matériau de construction, permettent de contraster efficacement les sollicitations sismiques. Les pierres sont maçonnées à sec en rangées irrégulières et des entailles en crochet permettant l'encastrement entre composants de la même rangée ainsi qu'entre rangées superposées. Ce système d'ancrage est appliqué quasiment de manière tridimensionnelle : chaque unité est taillée selon une forme complexe, avec des encoches favorisant l'emboîtement des pièces de manière à limiter des déplacements verticaux et hors plan (FERRIGNI, 2005c, *op. cit.* ; SCHACHER, 2005, *op. cit.*).

Dans d'autres cas (« par connexion »), les éléments de maçonnerie sont connectés entre eux par des pièces de liaison réalisées avec des matériaux relativement souples tels que le bois ou des métaux doux²¹³, et insérées dans des rainures dans les blocs en pierre (NIKER, 2010 *op. cit.*). Ce principe a été adopté pour des murs et des colonnes de nombreux bâtiments grecs d'époque classique (parmi lesquels le Parthénon). Des agrafes et des chevilles en bois et en métal étaient en effet utilisées, notamment pour les parties particulièrement vulnérables tels que les angles et les sections supérieures des murs (STIROS, 1995).

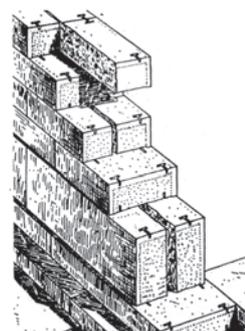


Fig.109: (gauche) a) Grèce, montage des blocs constituant le Parthénon (source: STIROS, 1995) ; b) Egypte, connexion entre blocs de la même rangée (source: NIKER 2010)



Fig.110: Bourrage : a) en joints fins, Kadibükü (Turquie) ; b) en piles, Délos (Grèce, source: Wikipedia) ; c) étendu, Chypre (source: MEDA CORPUS, 2011)

Parfois, l'augmentation de la friction dans la maçonnerie est obtenue par l'insertion d'éléments de taille réduite (cailloux, morceaux de tuiles, etc.) entre des blocs plus grands, constituant ainsi des zones d'amortissement internes à la masse murale (Figs. 110). Ce principe (« bourrage ») donne lieu à plusieurs variantes selon les dimensions et la disposition des éléments. Dans le centre historique de San Giuliano di Puglia, en Italie, la maçonnerie se compose de pierres de taille entrecoupées par des pierres de proportions plus réduites constituant des vrais et propres « joints » entre les blocs. Les constructions ainsi réalisées présentent généralement un bon comportement, comme il a été constaté suite au séisme de M 5.9 qui frappa la région du Molise en 2002 (DECANINI, DE SORTIS, GORETTI, et al., 2004). La mise en place d'un dispositif similaire est aussi observable dans les vestiges archéologiques de Délos (Grèce) où, en revanche, les grands blocs de forme irrégulière sont intercalés à des piles de pierres plates de taille réduite, composant des rangées relativement régulières (Fig. 110b). L'espacement entre les blocs de grandes dimensions peut être même assez important, comme dans certaines constructions de l'île de Chypre, dans lesquelles les unités principales sont parfois quasiment « noyées » entre les pierres plus petites, engendrant une disposition irrégulière sans des rangées vraiment perceptibles (Fig. 110c, MEDA CORPUS, 2011).

²¹³ "The role of lead mantling iron clamps and dowels was not simply to protect them from corrosion, [but] to permit a plastic deformation after a certain stress level and prevent a brittle failure of the marble elements" (STIROS, 1995, p. 732).

AVEC RENFORT

L'énergie relâchée par un séisme pourrait, au niveau structurel, être contrecarrée par une masse équivalente (FERRIGNI, 2005c, *op. cit.*). Selon cette logique, des dispositifs parfois mis en œuvre entre plusieurs bâtiments tirent profit de l'ensemble de leur masse pour contrebalancer les forces latérales. Ce principe a été appliqué soit en groupant plusieurs immeubles, constituant des îlots compacts qui répondent aux sollicitations de manière unitaire, qu'ajoutant des éléments structurels de liaison, notamment lors de séparation entre différents blocs construits (p.e. lors d'un passage ou d'une rue). Ce dernier cas se rapporte à la mise en place d'arcs de contraste connectant des bâtiments aux niveaux des planchers (Fig. 111a), et devenant parfois des voûtes soutenant des vraies et propres pièces d'habitations. Présent dans les constructions vernaculaires de plusieurs pays entourant la Méditerranée, ce dispositif offre l'avantage de contraster les sollicitations horizontales, empêchant en particulier le renversement des façades (FERRIGNI, 2005a, *op. cit.*).

À l'échelle du bâtiment, des renforts ponctuels ont souvent été mis en œuvre pour améliorer le comportement du bâti existant, apportant solidité et cohérence à l'ouvrage (Fig. 111b). Ils sont reconnaissables par exemples dans les contreforts, les loggias et les escaliers adossées aux façades caractérisant l'architecture de nombreuses régions d'Italie (PIEROTTI, ULIVIERI, 2001, *op. cit.* ; FERRIGNI, HELLY, MAURO, et al., 2005, *op. cit.*). Ces renforcements peuvent également assumer un caractère continu, en se prolongeant tout le long d'un bâtiment (Fig. 111c); disposition parfois difficilement décelable, sinon dans les embrasures des ouvertures qui ne sont pas à la verticale (Fig. 111d, FERRIGNI, 1990, *op. cit.*).



Fig.111:Renforts (Italie): a) entre bâtiments (Atrani) ; b) contrefort ponctuel à l'angle du bâtiment et réduisant la largeur du passage (Atrani) ; c) contrefort continu (Bonefro, crédits: R. Langenbach) ; d) embrasure des ouvertures en biais (Atrani)

La nécessité de renforcer des structures envers les sollicitations typiques des phénomènes sismiques a, parfois, donné lieu à des styles architecturaux très particuliers. Ce qui a été le cas pour certains bâtiments coloniaux aux Philippines qui montrent l'adaptation de typologies architecturales et constructives étrangères aux phénomènes sismiques locaux, sacrifiant l'élégance des formes au profit de matériaux et techniques plus appropriés (BANKOFF, 2007). Les interventions de reconstruction et réparation, faisant suite à plusieurs séismes au cours du XVII^e siècle, s'accompagnèrent de l'apparition d'un nouveau style connu comme « earthquake baroque »²¹⁴ caractérisé par une large utilisation de contreforts (Fig. 112b, RANTUCCI, 1994). Cette évolution produit des bâtiments trapus, assumant parfois une forme quasiment pyramidale (p.e. église San Agustin dans la région de Ilocos Norte²¹⁵, Fig. 112a), et utilisant des éléments architecturaux pour renforcer les points potentiels faibles des édifices, comme dans l'église de Santo Tomas de Villanueva à Miag-ao (région d'Iloilo), où des massifs clochers sont positionnés aux angles de la façade principale apportant un renforcement supplémentaire²¹⁶ (Fig. 112c).

214 Des bâtiments, en particuliers des églises, associés à ce style sont également présents dans des régions de l'Amérique Latine (p.e. Guatemala) qui, comme les Philippines, ont été simultanément concernées à certaines époques historiques par des phénomènes sismiques et une colonisation européenne s'inspirant du style baroque qui y était en vogue (LEGARDA, 1960).

215 Suite au séisme de M 7.7 (Source : USGS) qui frappa la région de Luzon en juillet 1990, bien qu'aucune évaluation spécifique a été conduite, on constata que cette église ne présentait aucun dommage structurel évident (UNESCO, 1993).

216 Ce processus d'adaptation des modes de construction aux conditions et phénomènes locaux continua dans les siècles



Fig.112: Earthquake Baroque, Philippines : église de San Agustin, a) façade trapue et b) renforts ponctuels latéraux; c) église de Santo Tomas de Villanueva, clochers d'angle
(sources : a et b) architecturalmoleskine.blogspot.com ; c) skyscrapercity.com)

Les éléments de renforts caractérisant l'architecture vernaculaire sont, dans la plupart de cas, le résultat d'interventions visant à remédier à des dégâts survenus suite à un séisme et, dans ce sens, ils se réfèrent essentiellement à une culture de la réparation (cf. chap. 8). Cependant, le style « baroque earthquake » pourrait être considéré comme correspondant à une « culture de la massivité préventive », étant donné que les renforts sont en effet directement intégrés aux bâtiments depuis leur conception.



Fig.113: Renforcements postérieurs à la construction d'origine (Atrani, Italie) : a) contrefort ponctuel et doublement de la façade avec (b) juxtaposition de piliers à la structure préexistante encore visible



suivants, alimenté par la succession de phénomènes sismiques, portant à la substitution de la maçonnerie de pierre avec des systèmes flexibles en bois, s'inspirant des modes de constructions vernaculaires couramment employés par les populations indigènes (BANKOFF, 2007, *op. cit.*).

SYSTÈME CONTINU AVEC INSERTIONS

Les constructeurs ont dans certains cas adopté des dispositions techniques basées sur l'insertion de matériaux différents de ceux employés pour la structure porteuse primaire. L'application de ce principe dérive probablement de plusieurs facteurs²¹⁷ et répond à des fonctions multiples²¹⁸. Cependant en relation aux informations dont j'ai pu disposer, il est intéressant de noter comme il soit identifiable uniquement dans l'architecture vernaculaire située dans des zones sismiques. Selon les spécificités de la technique employée, deux typologies distinctes sont identifiables : des éléments d'épaisseur variable insérés dans une structure en maçonnerie de pierres ou de briques (« intégrées ») ; des éléments d'épaisseur relativement mince, noyés dans une structure massive et homogène (« dans la masse »), souvent réalisée avec le matériau terre.

INSERTIONS INTÉGRÉES

L'intégration d'éléments à une structure en maçonnerie correspond à plusieurs variantes, selon leur disposition dans le mur et l'influence qu'ils peuvent exercer sur le comportement de l'ensemble structurel. Ces éléments sont généralement en bois et la structure porteuse en maçonnerie en pierre sèche, ou en pierres ou briques (cruées et cuites) liées par un mortier²¹⁹. Dans certaines régions, ce principe est mis en place dans une maçonnerie réalisée toujours avec le même type de matériaux, tandis que dans d'autres cas son application se base sur l'emploi de matériaux différents²²⁰ ; ce qui rapporte à la question des ressources accessibles localement. En effet, d'une part le développement d'un certain système peut avoir été la conséquence des matériaux disponibles, les constructeurs ne disposant pas d'autres solutions pour renforcer un certain type d'ouvrage ; d'autre part, la réalisation d'une même disposition avec des techniques différentes ainsi que la sélection et association de matériaux particuliers, pourraient expressément constituer une réponse à des problèmes spécifiques²²¹.



Fig.114: Basilique de Agios Nikolaos (Thessaloniki, Grèce) : a) déambulatoire avec insertions adossé au corps principal en maçonnerie simple, b) façade principale, c) détail des insertions horizontales en bois (crédits a et b: Buchhändler ; source c: a3-3gymthes.blogspot.com)

217 Certains types d'insertions ont aussi très probablement une fonction de facilitation de la mise en œuvre de la maçonnerie ; en particulier en considération du mortier habituellement employé (un mélange de terre et/ou chaux), dont le séchage s'effectue par un processus relativement lent. Les éléments positionnés à des intervalles réguliers travaillent en tant que liaison structurelle le long et à travers le mur (HUGHES, 2000, *op. cit.*), évitant l'affaissement des parties basses de l'ouvrage ; ce qui permet d'avancer en hauteur sans attendre le durcissement du mortier, en accélérant ainsi le temps d'exécution (SUMANOV, 2003).

218 Certaines insertions permettent de contrebalancer les effets découlant de tassements différentiels sur des sols instables ; les angles ou certaines parties du bâtiment peuvent ainsi se trouver en porte-à-faux sans que la capacité portante de l'ensemble soit compromise (HUGHES, 2000, *op. cit.*). Toutefois, ce principe a été appliqué également dans le cas de sols stables, ce qui renforce l'hypothèse d'une utilisation corrélée à une amélioration du comportement structurel envers des sollicitations de type sismique (LANGENBACH, 2009, *op. cit.*).

219 Le type de structure qui en découle a été défini par l'architecte Randolph Langenbach avec l'expression « timber-laced masonry », qu'on pourrait traduire comme maçonnerie lacée en bois (Ibid.).

220 À titre d'exemple : dans le Cachemire pakistanais la mise en place d'éléments horizontaux en bois (technique du *bhatar*) est effectuée uniquement avec une maçonnerie de pierre (Ibid.), tandis qu'en Turquie le même principe (*hatli*) est appliqué avec une maçonnerie aussi bien de pierre que de briques en terre crue (source : analyses de terrain).

221 La basilique d'époque Byzantine d'Agios Nikolaos à Thessaloniki (Grèce) représente un cas intéressant. Le corps principal est entouré sur trois côtés par un déambulatoire réalisé, dans une période successive, également en maçonnerie de pierre mais avec l'ajout d'insertions horizontales en bois. La nouvelle structure, outre à fournir une réponse à des exigences fonctionnelles, pourrait également constituer une amélioration de celle originaire avec un système ayant démontré son potentiel parasismique. Des informations plus précises n'ont cependant pas été trouvées au cours de cette recherche.

L'intégration d'éléments en bois dans des ouvrages en maçonnerie est une pratique qui permet de bénéficier de propriétés élastiques et de résistance à la traction de ce matériau (HUGHES, 2000, *op. cit.*). Ces insertions apportent ductilité à la maçonnerie améliorant, grâce notamment à la complémentarité avec un mortier fragile²²², la capacité de l'ensemble structurel à supporter des sollicitations sismiques. Elles agissent comme un système de répartition des charges et de contrôle de la propagation des fissures diagonales, en délimitant la zone endommagée, et fournissent monolithisme au système porteur, en prévenant une désolidarisation du système porteur et augmentant sa résistance à la flexion et au cisaillement (AYTUN, 1981, *op. cit.*).

L'efficacité de ce système est toutefois étroitement corrélée à la dégradation du bois et à une perte de cohérence des assemblages. Une désolidarisation des connexions entre poutres perpendiculaires peut déterminer une fragilité aux angles du bâtiment, avec leur possible écartement. Pareillement, une dissociation des liaisons entre éléments longitudinaux, effectuées pour assurer une continuité linéaire, peut conduire à des fissurations et endommagements importants, notamment sous des sollicitations en hors plan (CAIMI, HOFMANN, 2013).

En relation à la modalité d'intégration de ces insertions dans une structure en maçonnerie, j'ai identifié deux principaux cas : l'un se rapportant à des éléments disposés uniquement de manière horizontale (« horizontales »), l'autre associant des éléments horizontaux et verticaux (« horizontales et verticales »). Dans chacun de ces deux cas, la maçonnerie garde son rôle structurel primaire ; toutefois, selon leur disposition, les caractéristiques et le rôle des insertions peuvent être sensiblement différents.

INSERTIONS HORIZONTALES

La mise en place d'éléments en bois disposés de manière horizontale est parmi le type d'insertion le plus répandu. Cette pratique est relevable dans nombreux pays allant du Bassin Méditerranéen jusqu'à la chaîne Himalayenne (cf. carte des typologies) et, en particulier, elle caractérise les bâtiments ordinaires et des édifices majeurs (p.e. temples, palais) des territoires ayant fait partie de l'Empire Ottoman.

Selon l'endroit, cette disposition assume des caractéristiques spécifiquement locales, tant en relation à sa dénomination²²³ qu'aux variations qu'elle présente dans les matériaux employés, les modalités de mise en œuvre, le nombre et les caractéristiques des éléments ainsi que leur espacement et système d'assemblage. Une première distinction peut être opérée en relation à leur disposition dans le mur. Je considère ici trois typologies : les deux premières se caractérisent par une orientation bidirectionnelle des éléments, tandis que la troisième typologie intègre une dimension quasi tridimensionnelle. Dans le premier cas, les insertions sont relativement écartées, avec un espacement pouvant aller de l hauteur d'un étage à quelques dizaines de centimètre (« espacées »). Dans le deuxième, elles sont disposées de manière très rapprochée, voire pratiquement superposée, constituant une trame presque continue sur le plan horizontal et vertical. Dans le troisième cas, des éléments horizontaux faisant le pourtour du bâtiment sont associés à d'autres, de longueur plus réduite, situés en correspondance des angles et des jonctions entre murs perpendiculaires (« en colonne »).

222 "With timber-laced masonry, it is important to understand that the mortar is not designed to hold the bricks together – but rather to hold them apart. It is the timbers that tie them all together. The benefits of energy dissipation are gained from the non-destructive friction and cracking that can take place in a masonry wall that is surrounded and thus confined by the timber bands" (Ibid., p. 43).

223 Il est intéressant de noter comme, souvent, l'appellation locale attribuée à un certain système constructif se révèle indépendante des matériaux utilisés, faisant plutôt référence à un principe de construction (p.e. le terme cachemiri *taq*, indiquant une construction modulaire) ou à l'utilisation d'un certain type d'insertions (p.e. le terme turque *hatıl*, indiquant des bandes horizontales réalisées avec des matériaux différents de la masse murale).

INSERTIONS ESPACÉES

Cette typologie se rapporte à l'utilisation d'insertions simples, constituées d'un seul élément intégré généralement au centre du mur, ainsi que d'insertions doubles ou même multiples, se caractérisant par l'introduction de plusieurs éléments disposés sur les deux faces du mur ou le traversant complètement. En relation aux exemples identifiés, les suivants paramètres varient : matériaux, disposition et fonction.

- Insertions en tirant

Dans le cas d'insertions simples, des éléments en bois et en métal ont été souvent employés sous forme de tirants noyés dans la masse du mur. Dans la ville de L'Aquila (Italie), frappée en avril 2009 par un séisme de M 6.3, les dommages subis par l'église de Santa Maria del Suffragio ont mis en lumière des poutres en bois intégrées, à différents niveaux, dans la maçonnerie de la coupole, et dont la dégradation a été probablement un des facteurs déterminant l'effondrement de certaines parties de l'ouvrage (Figs. 115 a et b, LAGOMARSINO, 2012). Ces tirants assurent généralement la connexion entre murs différents et ont probablement aussi la fonction de réduire les mécanismes de torsion hors plan des parties centrales des façades, notamment en absence de murs de refend et en présence d'ouvertures. Leur apport à la stabilité du bâtiment dérive également de la friction qui se produit entre la maçonnerie et toute la longueur d'élément en bois (Ibid.).



Fig.115: Insertions en tirant en bois : église de Santa Maria del Suffragio après le séisme de 2009, L'Aquila (Italie) : a) vue de la coupole (source: focus.de) et b) détail des insertions (source: LAGOMARSINO, 2012) ; c) tirants en bois dans maçonnerie en pierre brute hourdée, Tunisie (source: MEDA CORPUS, 2011)

Ce type de dispositif est présent dans les architectures de plusieurs pays²²⁴, utilisant parfois des barres métalliques à la place des poutres en bois²²⁵. Bien que n'évitant pas complètement l'endommagement de la structure, ces insertions peuvent avoir une influence décisive dans la limitation des dégâts, empêchant parfois un effondrement généralisé. Suite au séisme qui frappa Haïti en janvier 2010, des évaluations des dommages subis par les constructions de type *gingerbread* (cf. chap. 10.4.1) ont permis de constater le rôle joué par ce dispositif²²⁶. Les bâtiments se caractérisant par une structure

224 À titre d'exemple, l'utilisation de tirants intégrés à la maçonnerie a été relevée en Grèce (TOULIATOS, 2003), Tunisie (MEDA CORPUS, 2011), Turquie (analyses de terrain 2012) ainsi que dans les architectures de plusieurs régions d'Italie comme le Molise (DECANINI, DE SORTIS, GORETTI, et al., 2004, *op. cit.*), la Toscane (PIEROTTI, ULIVIERI, 2001, *op. cit.*) et Les Abruzzes (D'AYALA, PAGANONI, 2011 ; POURSOUIS, 2012).

225 Dans la région de L'Aquila (Italie), les tirants métalliques correspondent essentiellement à des interventions de réparation ou de renforcement, tandis que les tirants en bois sont intégrés à la structure depuis sa construction (LAGOMARSINO, 2012, *op. cit.*) ; l'emploi du bois étant historiquement plus ancien (FERRIGNI, HELLY, MAURO, et al., 2005, *op. cit.*). L'utilisation de tirants métalliques a été également observée pour les arcs des portiques internes du caravansérail Cinci Han de la ville de Safranbolu (Turquie) en association à des doubles poutres en bois insérées dans la maçonnerie de pierre (Fig. 116a ; source : analyse de terrain 2012).

226 "While the damage to some of the bearing-wall masonry buildings was severe, few of the houses built with masonry actually collapsed [...]. The more usual damage in load bearing masonry buildings tends to be at the top of the structure where the accelerations are the greatest because of the resonance of the structure and where the overburden loads that pre-compress the masonry, which gives it strength, are the least. In the Gingerbread Houses, the damage was most often concentrated in the ground floor, with far less damage in the upper story. A critically important protective feature of many bearing-wall masonry Gingerbreads is the "iron chains". [...] As noted by several team members, the role of these lateral metal ties in preventing even more severe damage is without question; the masonry buildings performed best when horizontal iron tie rods were present at the tops of the exterior walls" (LANGENBACH, KELLEY, SPARKS, et al., 2010, *op. cit.*, p. 49-50).

en maçonnerie avec des tirants en fer ancrés par des plaques métalliques, au niveau des planchers des étages et de la toiture, à l'extérieur des murs opposés. Lors du tremblement de terre, ce système a, d'une part, limité la séparation des murs perpendiculaires évitant ainsi un écroulement complet et, d'autre part, fourni une solidarisation entre les piliers qui, vidés de la maçonnerie, ont très violemment oscillés (Figs. 116 a et b, LANGENBACH, KELLEY, SPARKS, et al., 2010, *op. cit.*).



Fig.116: Insertions en tirant métalliques : maisons *gingerbread*, Port-au-Prince (Haïti, source: LANGENBACH, KELLEY, SPARKS, ET AL., 2010), (a) plaques d'ancrage et (b) dégâts sans effondrement complet lors du séisme de 2010 ; c) association entre tirants métalliques et insertions horizontales en bois dans le caravansérail Cinci Han, Safranbolu (Turquie)

- Insertions multiples et à échelle

Dans plusieurs pays, l'intégration d'éléments horizontaux s'effectue cependant avec un nombre d'insertions plus élevé et/ou un espacement plus réduit, subdivisant la masse murale en sections relativement disjointes. Dans la plupart des cas, cette répartition d'effectue sur la base d'un principe similaire : des éléments en bois, disposés avec un espacement vertical régulier dans une maçonnerie en pierre ou briques de terre crue. Les caractéristiques et le mode d'utilisation de ces insertions varient toutefois considérablement.

À titre d'exemple, dans plusieurs régions de Turquie²²⁷ leur utilisation se limite à certaines parties de la construction (Figs. 117 a et b), comme les soubassements et les étages inférieurs (p.e. province de Bursa) en association à d'autres techniques (p.e. ossature avec remplissage). Cependant, ce principe a parfois été adopté pour réaliser l'ensemble du bâtiment, comme dans la ville d'Erzurum où il constitue la seule typologie constructive présente dans l'architecture vernaculaire existante aujourd'hui (Fig. 117c). En complément, des éléments horizontaux ont été parfois intégrés de manière ponctuelle pour renforcer des zones de fragilité (p.e. en proximité d'angles et d'ouvertures) ainsi que pour solidariser deux murs perpendiculaires (Fig. 118d). L'épaisseur et les caractéristiques de ces éléments varient entre zones géographiques distinctes mais également entre localités relativement proches. Dans la ville de Safranbolu, certains bâtiments historiques se caractérisent par l'utilisation de lames en bois d'une épaisseur très fine (entre 2 et 5mm), qui se plient et s'adaptent aux éléments en maçonnerie, tandis que dans d'autres cas les insertions ont été réalisées avec des planches de l'épaisseur de quelques centimètres (entre 1 et 4cm) qui, en une seule ou plusieurs pièces, traversent complètement l'épaisseur du mur (Figs. 118 a, b et c ; cf. annexe A.3 : fiche d'approfondissement).



Fig.117: Utilisation des insertions horizontales (Turquie) : (a) en soubassement (Narlıca) ; b) pour les étages inférieurs (Sölöz) ; c) pour la totalité du bâtiment (Erzurum)

²²⁷ Ces informations dérivent d'analyses de terrain conduites au cours de cette recherche (août 2012) en différentes régions de la Turquie le long de la faille Nord Anatolienne.



Fig.118: Types d'insertions horizontales (Safranbolu, Turquie): a) en fines lames en bois, b) en planches traversantes, c) en doubles poutres tout le long du mur ou (d) comme renforcement ponctuel

Comportement et reconnaissance

La majorité des cas identifiés se rapporte à un principe d'insertion correspondant à un système « à échelle » : deux poutres à section carrée ou rectangulaire disposées sur les deux faces des murs en maçonnerie et connectées par des pièces de taille réduite, positionnées transversalement à des intervalles réguliers. Ces pièces sont généralement placées en dessus des éléments longitudinaux, la connexion se faisant par des clous métalliques et/ou des assemblages à mi-bois²²⁸. Chaque composant de ces « échelles » a une influence directe sur la stabilité de l'ensemble de la masse murale, tant dans le plan qu'en hors plan : les pièces transversales fonctionnent comme des pierres traversantes reliant les deux faces du mur et solidarissent les poutres longitudinales qui, à leur tour, lient les murs perpendiculaires entre eux améliorant leur résistance au cisaillement et limitant un éroulement complet²²⁹ (BOTHARA, HIÇYILMAZ, 2008). Ces insertions amortissent les sollicitations verticales et horizontales et agissent en tant que chaînage contribuant à maintenir la configuration du plan des murs, même si un certain degré de déplacement latéral devait se produire (DUGGAN, 1999). Le rôle parasismique des insertions horizontales « à échelle » a été officiellement reconnu et intégré dans les codes de construction turques²³⁰ et indiens et, suite au séisme de 2006 au Pakistan, il fut intégré parmi les systèmes constructifs officiellement admis pour la reconstruction par les autorités locales (SCHACHER, 2008, *op. cit.*).



Fig.119: Insertions à échelle : a) connexions entre poutres et avec traverse (Cumalıkızık, Turquie) ; b) connexion entre poutre et traverse (Çamlıyamaç Köyü, Turquie) ; c) superposition aux angles du bâtiment (Narlıca, Turquie), d) aussi bien vers l'intérieur que l'extérieur (Cachemire Pakistanais, fort de Besham, 1750 ap. J.-C., crédits d : T. Schacher)

²²⁸ Des cas avec des traverses encastrées dans le même plan que les poutres ont également été identifiés (cf. annexe A.3 : fiche d'approfondissement « Koti banal- Kath-khuni »).

²²⁹ Suite au séisme de M 7.6, en 2005 au Pakistan, on constata une limitation du niveau d'endommagement dérivant d'un système constructif local (appelé *bhatar*) intégrant à une maçonnerie de pierre des éléments horizontaux en bois selon le principe « à échelle » : "the wall is trying to delaminate, but the timber "through-stones" are holding the wall together. The Batar have effectively stopped the proliferation of localised failure into a global collapse mode" (BOTHARA, HIÇYILMAZ, 2008, *op. cit.*, p. 225).

²³⁰ Malgré la reconnaissance de son rôle structurel, ce principe est souvent repris dans les constructions récentes uniquement en termes esthétiques, en appliquant des profils en bois sur la face extérieurs de murs en maçonnerie. Les insertions horizontales perdent ainsi leur caractère parasismique devenant une simple décoration (source : analyses de terrain 2012). En outre, le système considéré dans ce code se réfère uniquement au cas d'insertions « à échelle ». Au cours de cette recherche, aucune référence a pu être identifiée au regard du rôle structurel des autres types d'insertions (p.e. planches et lames en bois), bien que leur utilisation ait été constatée dans plusieurs bâtiments faisant objet d'ouvrages spécifiques au regard de l'architecture vernaculaire turque ainsi que, dans certains cas (p.e. ville de Safranbolu), classés comme patrimoine historique (p.e. par l'UNESCO en tant que patrimoine mondial).



Fig.120: Insertions en échelle (Turquie) assurant la stabilité du mur (a) et des étages supérieurs (b) en cas de défaillance localisée aux angles ou dans le plan du mur (c) ; d) le mur théodosien présente des traces d'insertions horizontales selon le même principe mais avec triple poutre (Istanbul)

Insertions continues dans une structure en piliers

L'insertion d'éléments horizontaux ne s'effectue pas uniquement dans le cas de constructions employant des murs en maçonnerie continue. Certaines architectures de la ville de Srinagar (Jammu et Cachemire, Inde) se caractérisent par un système constructif modulaire, le *taq*, se composant de piliers porteurs associés à des baies ou à des murs plus fins en remplissage (Figs. 121). Les éléments porteurs et non porteurs sont connectés par des poutres horizontales en bois, encastées dans la maçonnerie au niveau des planchers et des linteaux, tout le long des faces extérieures et intérieures des murs²³¹. Ce système présente des caractéristiques presque contradictoires par rapport aux codes actuels et aux pratiques communément acceptées pour la construction en zone sismique, telles que l'absence de liaisons entre les murs de remplissage et les piliers ainsi que le faible lien entre les rangées de maçonnerie (LANGENBACH, 1989 *op. cit.*). Toutefois, la capacité de ces structures s'est révélée effective lors de plusieurs événements²³². Suite à un séisme en 1967, les ingénieurs N. Gosain et A. S. Arya considèrent la présence des insertions horizontales empêchant une désolidarisation des piliers et apportant ductilité à une structure autrement très fragile²³³, de même qu'un amortissement des sollicitations se produisant par la fissuration et le déplacement de la maçonnerie le long des joints en mortier, parmi les facteurs déterminants ayant permis à des bâtiments de plusieurs étages de demeurer relativement intacts (LANGENBACH, 1990 *op. cit.*).

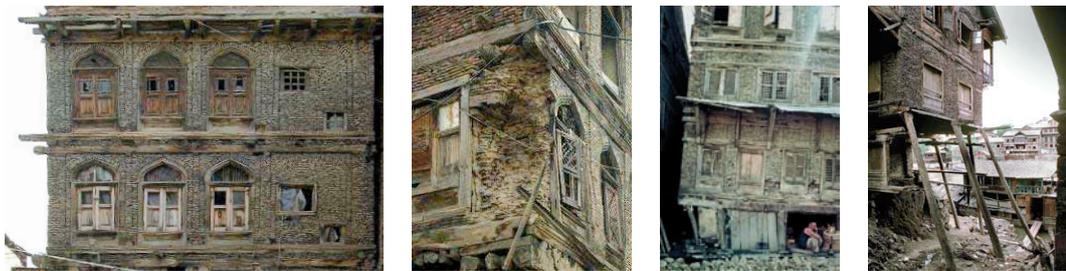


Fig.121: Système *taq*, Srinagar (Inde, crédits: R. Langenbach) : a) modularité ; b) les poutres horizontales en bois solidarisent le mur composé de matériaux disparates ; c) bâtiment ayant survécu au séisme de 1885, en dépit de l'important tassement du sol la structure ne s'est pas effondrée ; d) construction partiellement endommagée, les insertions en permettent un étayage ponctuel grâce à leur fonction de laçage de la maçonnerie

231 Dans la ville de Srinagar la maçonnerie est réalisée en briques cuites avec un mortier à base de terre et/ou de chaux. Cette typologie constructive est présente également dans des zones rurales de certaines vallées d'Uri et de Baramullah (dans la partie occidentale du Cachemire Indien) mais, dans ce cas, elle voit l'utilisation d'une maçonnerie de pierre pour les piliers, et de briques en terre cuite pour le remplissage (SHAH, TAYYIBI, 2008).

232 Lors du séisme de 1885 qui frappa cette région, Arthur Neve qui fut témoin de l'événement nota : "very many of the houses are out of the perpendicular, and others, semiruinous. But the general construction in the city of Srinagar is suitable for an earthquake country; wood is freely used, and well jointed; clay is employed instead of mortar, and gives a somewhat elastic bonding to the bricks [...]. If well built in this style the whole house, even if three or four stories high, sways together, whereas more heavy rigid buildings would split and fall" [...] Prior to this earthquake, another British traveler to the Kashmir, Frederick Drew noted that these houses were locally recognized for their aseismic attributes, "these mixed modes of construction are said to be better as against earthquakes [...] than more solid masonry, which would crack" (LANGENBACH, 1990, *op. cit.*, p. 3-4).

233 "An increase in ductility augments the energy absorbing capacity of the structure, thereby increasing its chances of survival during the course of an earthquake shock" (Gosain et Arya dans LANGENBACH, 1990, *op. cit.*, p. 4).

- Insertions en rondins

L'utilisation d'éléments équerrés et/ou correspondant à une système « à échelle » est parmi les types d'insertions les plus répandues ; toutefois d'autres modes de mise en œuvre ont été également identifiés.

Les bâtiments composant la Casbah d'Alger se caractérisent par une subdivision de la maçonnerie en briques avec l'intégration d'éléments permettant un vrai et propre roulement de parties de la construction (Figs. 122 a, b et c, cf. fiche d'approfondissement). Cette disposition a été appliquée à différents composants structurels par l'introduction de rondins dans les murs, s'entrecroisant en correspondance aux angles²³⁴ (ABDESSEMED FOUFA, BENOVAR, 2006), ainsi que dans des colonnes et à la base des arcs les déconnectant de la partie murale en dessus (FOUFA, 2007). Dans d'autres zones urbaines et rurales d'Algérie, ce principe a été appliqué selon des modalités différentes. Dans la région d'Arès, cette séparation est effectuée disposant, dans une maçonnerie en pierre et/ou en briques, des rondins longitudinaux superposés à des branches orientées orthogonalement et couvrant toute l'épaisseur de la masse murale (Fig. 122d, MEDA CORPUS, 2011, *op. cit.*).

Un principe similaire est présent en Syrie où des rondins sont posés longitudinalement dans l'épaisseur du mur en maçonnerie en briques en terre crue et sont reliés entre eux par des traverses à section ronde²³⁵ (MEDA CORPUS, 2011, *op. cit.*). Il est intéressant de noter sa diffusion dans la région de la ville de Damas ainsi dans le nord dans les alentours d'Alep, zones situées en correspondance des limites des plaques tectoniques Arabique, Africaine et Eurasienne.



Fig.122: Insertions en rondins (Algérie) : a) traversant l'épaisseur du mur ; b) à la base des arcs et (c) en tête de colonne ; d) variante de la région d'Arès (sources : a) ABDESSEMED FOUFA, BENOVAR, 2008 ; b et c) FOUFA, 2007 ; d) MEDA CORPUS, 2011)

- Insertions avec matériaux hétéroclites

L'intégration d'éléments horizontaux ne s'effectue pas uniquement avec du bois. Une technique apparue en époque Romaine (à partir du I^{er} siècle) voit l'introduction de rangées de larges et plates briques en terre cuite dans des ouvrages en maçonnerie de moellons (Fig. 123a). Cette disposition renforce la cohésion de l'ensemble de l'ouvrage en y apportant une liaison transversale et limitant la fissuration (KIZIS, 1977, *op. cit.* ; BOTHARA, BRZEV, 2011, *op. cit.*). Un exemple de cette technique est présent dans certaines parties du mur Théodosien situé dans la partie la plus ancienne de la ville d'Istanbul (Turquie). Pendant la restauration en époque récente d'une section de cet ouvrage, les rangées de briques traversant originairement toute l'épaisseur de la muraille ont été reproduites avec

234 En relation au système d'assemblage aux angles, particulièrement efficace en absence de tout élément vertical, Carette (1850) écrivit " les anciennes maisons mauresques [présentent] une précaution excellente prise par les constructeurs pour consolider les angles. Elle consiste à placer horizontalement, de 50 en 50 cm de hauteur, des pièces de bois d'environ 02 mètres de longueur. Ces pièces, noyées dans la maçonnerie, se prolongeaient alternativement suivant chacun des deux murs et venaient se croiser dans l'angle. J'ai vu des maisons sapées à la base et à moitié démolies se soutenir encore grâce à cet artifice de construction" (ABDESSEMED FOUFA, BENOVAR, 2006, *op. cit.* p. 58)

235 Une autre variante de ce principe était employée sur l'île de Crète, à l'âge de Bronze : des branches étaient utilisées pour constituer des grilles horizontales intégrées, à des intervalles réguliers, à une maçonnerie de moellons avec mortier en terre (TSAKANIKA-THEOHARI, 2009).

un parement appliqué de manière superficielle en tant, donc, que simple élément décoratif. Lors du séisme de Marmara d'août 1999, les portions du mur datant de plus de 1600 ans, où ces bandes sont demeurées dans leur état original, ont subi un endommagement très limité ou quasiment nul tandis que la partie reconstruite s'est effondrée (LANGENBACH, 2003, *op. cit.*).

D'autres types de matériaux ont également été employés. Un cas particulier est celui d'un exemple situé dans la ville de Khiva en Ouzbékistan (frontière avec le Turkménistan), où un lit de roseaux aplatis et tressés a été inséré dans la partie inférieure des murs en maçonnerie en briques de terre crue, en les désolidarisant complètement des fondations²³⁶ (Fig. 123b). L'élément d'insertion a ici probablement une fonction très différente des cas cités précédemment, en se rapportant plutôt à un principe d'isolation sismique²³⁷ (cf. chap. 10.5).

Une technique similaire a été décrite par Hérodote au regard du mode de construction utilisé par les Babyloniens, système qui est encore visible aujourd'hui dans certains vestiges tels que la ziggourat de Dur-Kurigalzu (1400 av. J.-C.) dans l'Irak actuel. Des nattes en roseaux étaient disposées, toutes les cinq rangées, dans une maçonnerie en briques de terre crue de manière à traverser complètement l'épaisseur de l'ouvrage²³⁸, soit-il un simple mur ou des structures monumentales de taille exceptionnelle (Fig. 123c). Ce système favorise une distribution homogène des charges (RUGGIERI, 2005, *op. cit.*) ainsi qu'une limitation des déplacements horizontaux et de la fissuration verticale (SAUVAGE, 2011).



Fig.123: a) bandes en briques cuites entre rangées en maçonnerie de pierres (mur théodosien, Istanbul) ; nattes en roseaux dans maçonnerie en briques de terre crue : b) Turkménistan (crédits: D. Gandreau) et (c) ziggourat Dur-Kurigalzu en Irak (crédits: T. J. Tritten)

- Catégories supplémentaires

Le principe d'insérer des éléments horizontaux espacés dans une masse murale s'effectue de fait selon multiples façons. Outre aux principales typologies jusqu'ici présentées (« en tirants », « à échelle », « en rondins »), je considère également trois catégories supplémentaires, bien qu'en relation à la documentation accédée leur présence et diffusion paraissent moins répandues. Elles se réfèrent à des insertions de type traversant, qui occupent donc complètement l'épaisseur de l'ouvrage en les subdivisant en portions physiquement déconnectées. Leur différenciation se rapporte essentiellement aux caractéristiques des éléments intégrés : des planches ou éléments rigides en une seule pièce ou assemblées (« en plaques ») ; des nattes ou panneaux superposés, réalisés avec des matériaux tressés (« en couche ») ; des lames d'épaisseur particulièrement réduite (« en feuilles »).

²³⁶ Source : David GANDREAU, archéologue, laboratoire CRATERRE-ENSAG (communication personnelle).

²³⁷ En outre, il se peut que le lit de roseaux assume également une fonction de barrière capillaire limitant les remontées d'humidité dans le mur en maçonnerie de briques en terre crue (SAUVAGE, 2011).

²³⁸ Dans la ziggourat de Dur-Kurigalzu (actuelle Aqar Quf) *“la struttura dei mattoni di fango è interrotta ogni 5 ricorsi da uno strato di stuoie di canne di notevole profondità. L'intera struttura era inoltre legata assieme da cavi multipli di robuste canne intrecciate che correivano direttamente da una facciata all'altra, alternativamente nelle due direzioni perpendicolari”* (LATINA, Corrado, 1989. *Terremoti e costruzioni. Progetto e tecnologia della resistenza sismica*. Firenze : Alinea, 1989. cité par RUGGIERI, 2005, *op. cit.*, p. 141).

INSERTIONS RAPPROCHÉES

Une variante du système à insertions horizontales en bois selon le principe de l'« échelle » voit la disposition très rapprochée des ces éléments qui sont, dans certains cas, quasiment superposés.

Dans certaines vallées du Nord de l'Inde (Etats de l'Uttarkhand et de l'Himachal Pradesh), l'architecture vernaculaire se caractérise par des constructions réalisées avec un système de doubles poutres parallèles en bois, disposées horizontalement et alternées à une maçonnerie en pierres plates, maçonnées à sec ou avec un mortier de terre²³⁹ (cf. annexe A.3 : fiche d'approfondissement). Dans la partie inférieure des murs, les poutres reposent directement les unes sur les autres, tandis que dans la partie supérieure, elles sont intercalées à des rangées de maçonnerie. Sous des sollicitations sismiques, les doubles poutres horizontales, connectées entre elles, agissent comme un cadre à comportement homogène contreventé par la maçonnerie, fournissant une rigidité à l'ensemble et une capacité à résister aux déformations identiques dans les deux directions ; principe valable spécialement dans les parties inférieures des murs où ces poutres constituent un système tridimensionnel et les pierres ne portent aucune charge (RAUTELA, JOSHI, 2008b). Lors de l'érection du bâtiment, la partie en bois est réalisée en premier et ensuite remplie avec la maçonnerie, ce qui permet une pré-compression de l'ensemble structurel²⁴⁰ (RAUTELA, JOSHI, 2008a).

Les constructions basées sur ce système montrent une grande ductilité, ce qui permet d'absorber une importante quantité d'énergie avant leur effondrement ; si poussés à la limite de leur capacité, les murs et les planchers tendent à céder graduellement tout en continuant à porter des charges élevées (RAUTELA, JOSHI, 2008b, *op. cit.*).



Fig.124: Construction *kath-khuni / koti banal* (Inde) : a) principe structurel (source : RAUTELA, JOSHI, SINGH, ET AL., 2008) ; b) superposition aux angles ; c) traverse de connexion entre les poutres (crédits b et c: J. Thakkar)



Fig.125: Variantes de construction *kath-khuni / koti banal* : a) avec clés verticales de stabilisation (source : hrishichandanpurkar.blogspot.ch) ; avec dernier étage en porte-à-faux en ossature bois (source: RAUTELA, JOSHI, SINGH, et al., 2008) et (c) en maçonnerie avec insertions (crédits: T. Schacher)

239 Les appellations du système employées varient à échelle régionale : *koti banal* (RAUTELA, JOSHI, 2008a, *op. cit.*), *kath khuni* (THAKKAR, 2008), *chaukhat* (AGRAWAL, SHAH, 2001) ou *sumer* (SAKLANI, NAUTIYAL, NAUTIYAL, 1999). Toutefois, bien qu'en intégrant des variantes typologiques locales, les architectures réalisées avec ce système constructif présentent des caractéristiques très similaires.

240 Ce principe est accentué par la mise en œuvre des pierres avec des côtés légèrement inclinés vers l'intérieur : chaque mouvement du sol serre l'ensemble encore plus étroitement (THAKKAR, MORRISON, 2008).

INSERTIONS EN COLONNES

Cette troisième typologie se caractérise par des éléments en bois intégrés horizontalement aux murs selon deux principes, desquels dérive le terme de *cator and cribbage* couramment utilisé pour indiquer cette technique (cf. annexe A.3 : fiche d'approfondissement).

Des poutres horizontales en bois (*cators*), positionnées sur les deux côtés des murs et assemblées aux angles, relient l'ensemble du bâtiment et connectent entre elles des colonnes creuses constituées par l'empilement (*cribbage*) de courts éléments en bois, superposés à deux à deux et orientés en direction opposée, en correspondance des angles du bâtiment et des intersections entre murs orthogonaux (Fig. 126a, KOTOGIANNIS, 2010). Cette structure forme une sorte de cage dont la section est remplie avec un maçonnerie de pierre, donnant lieu à un système mixte où les charges verticales sont transférées au sol simultanément par la maçonnerie et par la structure en bois (HUGHES, 2000, *op. cit.*). Chaque composant joue un rôle particulier dans la réponse à des sollicitations horizontales, en tirant profit des propriétés complémentaires des matériaux utilisés (Fig. 126b). La structure en bois agit comme un chaînage tridimensionnel, fournissant ductilité et un confinement du remplissage, qui est ainsi capable de supporter des importantes sollicitations en hors plan (HUGHES, 2007). Ce confinement est souvent renforcé dans les parties inférieures du bâtiment, améliorant la capacité des colonnes envers des efforts pouvant provoquer une importante déformation au cisaillement²⁴¹ (Fig. 126c). Le remplissage est mis en place après la construction de la structure en bois et il ne porte initialement aucune charge verticale. Avec le temps, les éléments en bois se déforment sous les charges permanentes déterminant une pré-compression du remplissage. Ce mécanisme résulte être le principal responsable de la stabilité des panneaux de remplissage envers des déplacements en hors plan²⁴², auquel s'associe la dissipation de l'énergie par la friction interne à la maçonnerie et entre celle-ci et la structure en bois (KOTOGIANNIS, 2010, *op. cit.*).

Ce type d'insertion correspond à une pratique constructive diffuse dans les régions de l'Himalaya : sa présence a été constatée au Pakistan, dans le nord de l'Inde, au Népal et au Tibet (FERRIGNI, 2005c, *op. cit.*). Elle a été employée aussi bien pour des habitations que pour des constructions à caractère défensif, datant de plusieurs centaines d'années comme le Baltit Fort (nord du Pakistan, XV^e siècle) et le Shigar Fort (Baltistan, XVII^e siècle), voire des milliers d'années comme la tour Altit, dans la vallée pakistanaise d'Hunza (HUGHES, 2000, *op. cit.*). Une technique similaire a également été identifiée en Syrie, dans la région de Damas, en association à une maçonnerie en briques de terre crue. Des rondins en bois sont intégrés horizontalement aux murs et, en correspondance des angles des bâtiments, un renforcement est réalisé par l'augmentation de leur fréquence et une superposition orthogonale (MEDA CORPUS, 2011, *op. cit.*).



Fig.126: Construction *cator and cribbage* (Pakistan) : a) fort Baltit (crédits: T. Schacher) ; b) fort Shigar avec socle en insertions espacées (source: ismaili.net) ; c) fort Altit, tour Shikari datant d'environ 1100 ans présentant un socle avec renforcement du confinement par rapprochement des insertions (crédits: Plhiggs- Wikimedia Commons)

241 Il est intéressant de noter comme ce principe de renforcement du confinement à la base des colonnes est présent également dans l'Eurocode 8 pour la construction en béton armé (KOTOGIANNIS, 2010, *op. cit.*).

242 Les façades du Baltit fort (vallée de Hunza, Pakistan) présentaient, avant leur restauration, un déplacement du mur de 1.5m en hors plan; les insertions horizontales en bois ont de fait permis d'éviter l'écroulement du bâtiment entier (HUGHES, 2007, *op. cit.*).

INSERTIONS HORIZONTALES ET VERTICALES

Les constructions correspondantes à cette typologie se rapportent à la mise en place, selon une trame régulière, de montants verticaux disposés sur les deux faces de la maçonnerie, aux angles du bâtiment ainsi que tout le long des murs. Ces éléments sont parfois connectés par des poutres longitudinales au niveau des planchers ou de la toiture et, plus rarement, au niveau de leur base. Bien que dans certains cas ils présentent une épaisseur relativement importante (TSAKANIKA-THEOHARI, 2009, *op. cit.*), ces montants ne constituent généralement pas la structure porteuse primaire, mais plutôt un système complémentaire de laçage et confinement de la maçonnerie²⁴³.

Cette typologie correspond à une hybridation, tant au niveau constructif que structurel, entre le système à ossature et à maçonnerie. Selon les modalités et les caractéristiques des éléments intégrés, les insertions peuvent assumer une configuration à « portique » ou constituer un ensemble continu tridimensionnel associable à une morphologie en « gabion », selon un principe pouvant être considéré proche à la maçonnerie chaînée²⁴⁴. La partie murale assume en effet tant le rôle de porteur des charges verticales et que de contreventement de la structure en bois, tandis que cette dernière assure le confinement et la stabilisation de la maçonnerie²⁴⁵ ainsi que, en cas de son effondrement, la stabilité des parties supérieures du bâtiment (TOULIATOS, 2003, *op. cit.*).



Fig.127: Insertions horizontales et verticale (Turquie) : a et b) en portique ; c et d) en gabion

Un des exemples les plus anciens se situe en Grèce avec un système utilisé pendant l'époque minoenne (Age de Bronze, période néo-palatale), dont les traces sont visibles dans l'Akrotiri à Thera (Santorin, 1500 av. J.-C.) ainsi que dans le palais de Cnossos et une villa d'Aghia Triada à Crète. Ces édifices montrent la mise en place d'un renforcement de la maçonnerie en pierre par un système « à portique » encastré dans le mur et assemblé de manière à résister à des fortes sollicitations en traction. Il se compose de montants en bois disposés verticalement, par paires d'une part et l'autre du mur et connectés par une double lisse haute ainsi que par des éléments intermédiaires au niveau des linteaux (Fig. 128, TOULIATOS, 1996 ; TSAKANIKA-THEOHARI, 2009, *op. cit.*).

243 Bien que cette typologie soit présente en différents pays, aussi bien dans des vestiges archéologiques particulièrement anciennes (Crète, age de Bronze) que dans des architectures encore habitées aujourd'hui, très peu d'informations ont été trouvées à son égard. D'autres auteurs ont également constaté comme elle n'a visiblement pas été étudiée de manière systématique (Ibid.).

244 La maçonnerie confinée est une technique de construction adoptée en nombreuses régions sismiques. Sa mise en œuvre s'effectue en réalisant, d'abord, les panneaux maçonnés et, dans un deuxième temps, les colonnes et poutres en béton armé. La maçonnerie constitue la structure porteuse primaire et supporte les sollicitations sismiques, tandis que les éléments de confinement (colonnes et poutres) assurent son maintien en évitant sa complète désagrégation (BRZEV, 2007 ; SCHACHER, 2009, *op. cit.*).

245 Des recherches conduites au Portugal ont montré l'efficacité d'un système en cadre en bois pour le renforcement du bâti historique en maçonnerie (ARÊDE, MENDES, SILVA, et al., 2008). Le système étudié se constitue d'une structure tridimensionnelle composée de montants verticaux et horizontaux connectés entourant le mur en maçonnerie. La capacité de dissipation de l'énergie propre à une maçonnerie en pierre avec un mortier fragile est considérablement amplifiée lors que la désagrégation de la maçonnerie est évitée, grâce à l'introduction du confinement en bois qui accroît, en outre, la capacité de déformation latérale. Bien que le système considéré dans ces recherches concerne un cadre appliqué à l'extérieur du mur, des analogies avec les systèmes présents dans l'architecture vernaculaire pourraient subsister (mais elles restent à vérifier). Le système s'étant montré le plus efficace se compose d'éléments disposés orthogonalement ; ce qui est le cas de certains systèmes identifiés (p.e. en Grèce).

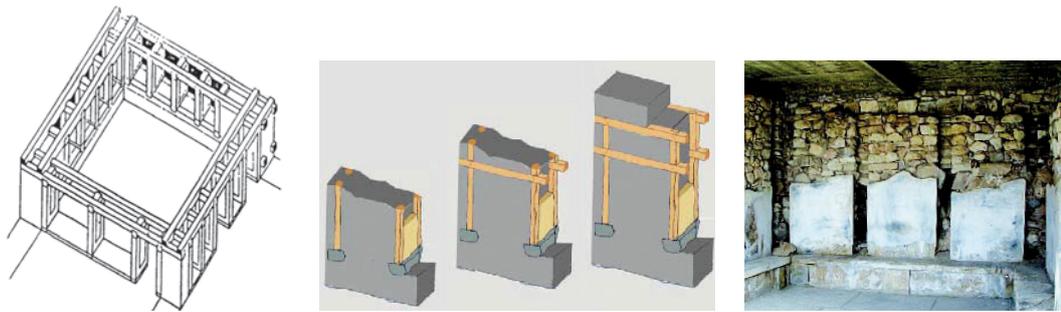


Fig.128: a) structure en gabion, Akrotiri, Santorin (Grèce, source: TOULIATOS, 1996) ; structure en portique, villa Aghia Triada (Crète, époque minoenne, source: TSAKANIKI-THEOHARI, 2009) : b) schéma de la structure en bois, c) traces dans la structure en maçonnerie

En raison de leur localisation (angles du bâtiment, ouvertures, etc.), de la régularité de leur trame ainsi que leurs dimensions, les montants verticaux constituent souvent une structure complémentaire capable de porter, au moins temporairement, la charge de la toiture ou des étages supérieurs, en cas de défaillance du mur en maçonnerie. La mise en place d'insertions horizontales ne se révèle pas systématique et, quand elle a lieu, peut s'effectuer de différentes manières.

Dans certaines régions de Turquie, ce principe a été appliqué avec une épaisseur variable des éléments horizontaux. Dans la région de Safranbolu, ils se constituent de minces planches déconnectées des montants verticaux. En revanche dans la ville de Bursa et les villages de Cumalıkızık, Narlıca et Sölöz, les épaisseurs sont quasiment équivalentes et les éléments horizontaux sont connectés entre eux par des pièces transversales en bois et aux montants verticaux par des clous métalliques.



Fig.129: Variantes (Turquie) : a) insertion ponctuelle (Safranbolu) ; b) insertions horizontales fines et déconnectées de celles verticales (Çerçen) ; c) insertions avec épaisseur équivalent (Bursa) ; d) insertions diagonales (Narlıca)

Ce type d'insertion est souvent employé en association à d'autres techniques (ossature bois et/ou maçonnerie avec insertions horizontales) et/ou uniquement pour certaines parties du bâtiment (p.e. pour les étages inférieurs associés à une ossature pour les niveaux supérieurs ou pour les portions de mur en dessus de parties en saillie). Il est également utilisé dans une logique d'allègement progressif du mur, comme dans certaines constructions de la province de Bursa se composant d'un soubassement en maçonnerie de pierre avec insertions horizontales, surmonté d'un niveau en maçonnerie de briques en terre crue avec insertions horizontales et verticales, auquel sont superposés plusieurs étages en ossature bois avec remplissage en briques de terre crue²⁴⁶.



Fig.130: Turquie : a) insertions verticales en portique et horizontales à échelle (Tavşancıl) ; b) en cas d'écroulement partiel ou total de la maçonnerie les insertions verticales peuvent reprendre les charges des étages (Tavşancıl) ; c) utilisation ponctuelle en dessous des parties en saillies (Safranbolu) ; d) allègement structurel en vertical (Narlıca)

²⁴⁶ Source : analyses de terrain, 2012.

INSERTIONS DANS LA MASSE

Cette typologie se rapporte à des constructions basées sur des techniques, souvent associables à l'utilisation du matériau terre, donnant lieu à des murs porteurs qui assument le caractère d'une masse homogène. Certaines de ces architectures vernaculaires présentent un type particulier d'insertion composé d'éléments noyés à l'intérieur de la masse murale et généralement réalisés avec des matériaux végétaux (p.e. bambou, roseaux, etc.). Deux principales typologies sont identifiables: des éléments disposés horizontalement à des intervalles réguliers (« linéaires ») ou positionnés de manière verticale constituant une grille placée au centre du mur (« en treillis »).

Les provinces chinoises du Fujian, Jiangxi et Guangdong se caractérisent par la présence de constructions très anciennes (origine estimée entre le XI^e et le XIII^e siècle), connues sous le nom de « *tulou* ». Elles se basent sur un plan circulaire, carré, rectangulaire et parfois triangulaire, délimité par un épais mur en terre damée (technique du pisé) dont l'hauteur peut atteindre plusieurs dizaines de mètres (HANMIN, 1991). Le mur en pisé se constitue de blocs d'une hauteur d'environ 40cm, composés de quatre ou cinq couches de terre damée ; des minces rondins en bois et des lattes de bambou à section rectangulaire sont intégrés horizontalement à l'épaisseur du mur, selon deux modalités²⁴⁷ : des éléments continus connectés entre eux et mis en place à chaque banchées ; des éléments intégrés tous les 10-13cm dans le plan vertical et distancés d'environ 20cm sur le plan horizontal²⁴⁸ (HANMIN, 2010). Ces insertions agissent comme des vraies et propres barres d'armature, selon le même principe que celles couramment utilisées pour la construction en béton armé. Elles présentent en effet une bonne résistance en traction, améliorant le comportement du mur lors de sollicitations horizontales en compensant la faible résistance à la traction propre au matériau terre²⁴⁹ (LIANG, STANISLAWSKI, HOTA, 2011). Leur utilisation permet en outre de réduire considérablement les déformations horizontales induites par des sollicitations sismiques (STANISLAWSKI, 2011) ainsi que la fissuration de la masse du mur (ZHANG, LUO, LIAO, 2011) et, lors qu'ils se croisent et sont reliés entre eux, d'assurer une solidarisation des angles²⁵⁰ (LIU, MIAO, YE, et al., 2006).



Fig.131: Chine, *tulou* : a) vue (source: HANMIN, 2010); b) insertions visibles suite à l'érosion du mur (source: LIANG, HOTA, 2009) ; c) insertions en bambou (crédits: M. Chamodot- B. Cloquet)

247 Certains bâtiments présentent, visibles en façade, des éléments en bois intégrés horizontalement aux murs en pisé et courant de façon continue tout le long du bâtiment. Ces insertions se présentent avec un espacement variable : dans le village de Tanjiao (région de Nanjing) elles sont situées en correspondance des planchers des étages, tandis que dans la ville de Longyan, notamment dans le bâtiment dénommé Schanchenglou, ces éléments sont disposés avec une fréquence plus élevée correspondant à plusieurs éléments horizontaux sur l'hauteur d'un étage (HANMIN, 1991, *op. cit.*).

248 Ce type d'insertions est également utilisé en forme de L et disposés à une distance de trois banchées, pour renforcer les angles des bâtiments à plan carré ou rectangulaire (Ibid.).

249 Le principe caractérisant ces constructions pourrait être rapporté à celui de la terre armée, technique utilisée pour la réalisation d'ouvrages routiers et se basant sur l'association entre le matériau terre et des armatures linéaires, capables de supporter des importants efforts en traction et apportant de la cohésion au matériau (SCHLOSSER, 1969). "C'est le frottement entre la terre et les armatures qui intervient en tant que phénomène essentiel dans la terre armée : la terre transmet aux armatures par frottement les efforts qui se développent dans la masse, les armatures se mettent alors en traction et tout se passe comme si la terre possédait, dans les directions où sont placées les armatures, une cohésion dont la valeur est directement proportionnelle à la résistance à la traction des armatures" (SCHLOSSER, 1973, p. 80).

250 La capacité de ces structures à faire face à des sollicitations latérales est néanmoins le résultat de multiples facteurs, tels que la masse et le volume des murs en pisé qui garantissent une stabilité envers des sollicitations hors plan et qui permettent une certaine dissipation de l'énergie, le fruit des murs et la structure intérieure en bois des étages qui apportent une certaine rigidité à l'ensemble, en contrebalançant l'élevée ductilité du matériau terre (HANMIN, 2010, *op. cit.* ; STANISLAWSKI, 2011, *op. cit.*).



Fig.132: Insertions en bois (source: HANMIN, 2010) : a et b) insertions espacées (Nanjing) ; c) insertions internes rapprochées visibles suite à l'érosion du mur ; d) insertions multiples avec (e) renforcement aux angles (bâtiment Schanchenglou)

Le principe d'une armature interne aux murs voit parfois l'utilisation d'éléments disposés verticalement ou constituant une sorte de grillage noyé dans la masse (« en treillis »).

Dans le site de Joya de Céren (Salvador), des fouilles archéologiques ont mis au jour les vestiges de plusieurs constructions préhistoriques (environ 600 av. J.-C.) qui se composent de colonnes en terre massive et des murs réalisés avec un système nommé, dans la littérature, « *bajareque* » (MCKEE, 1999 ; BROWN, SHEETS, 2000), et qui paraît similaire à la typologie en ossature avec remplissage en vrac sur support (cf. chap. 10.4.1). Le principe adopté pour les constructions de Joya de Ceren présente toutefois certaines différences par rapport au système trouvable encore aujourd'hui dans l'architecture vernaculaire de plusieurs pays d'Amérique Centrale. Les colonnes situées aux angles des bâtiments sont structurellement déconnectées des murs réalisés selon le principe de garnissage d'un support. Toutefois la masse en terre paraît plus épaisse et les éléments intégrés espacés et souples. Ce sont de fait des murs autoporteurs armés par des insertions constituant une grille, parfois double, noyée dans la masse du mur (SHEETS, 2002).

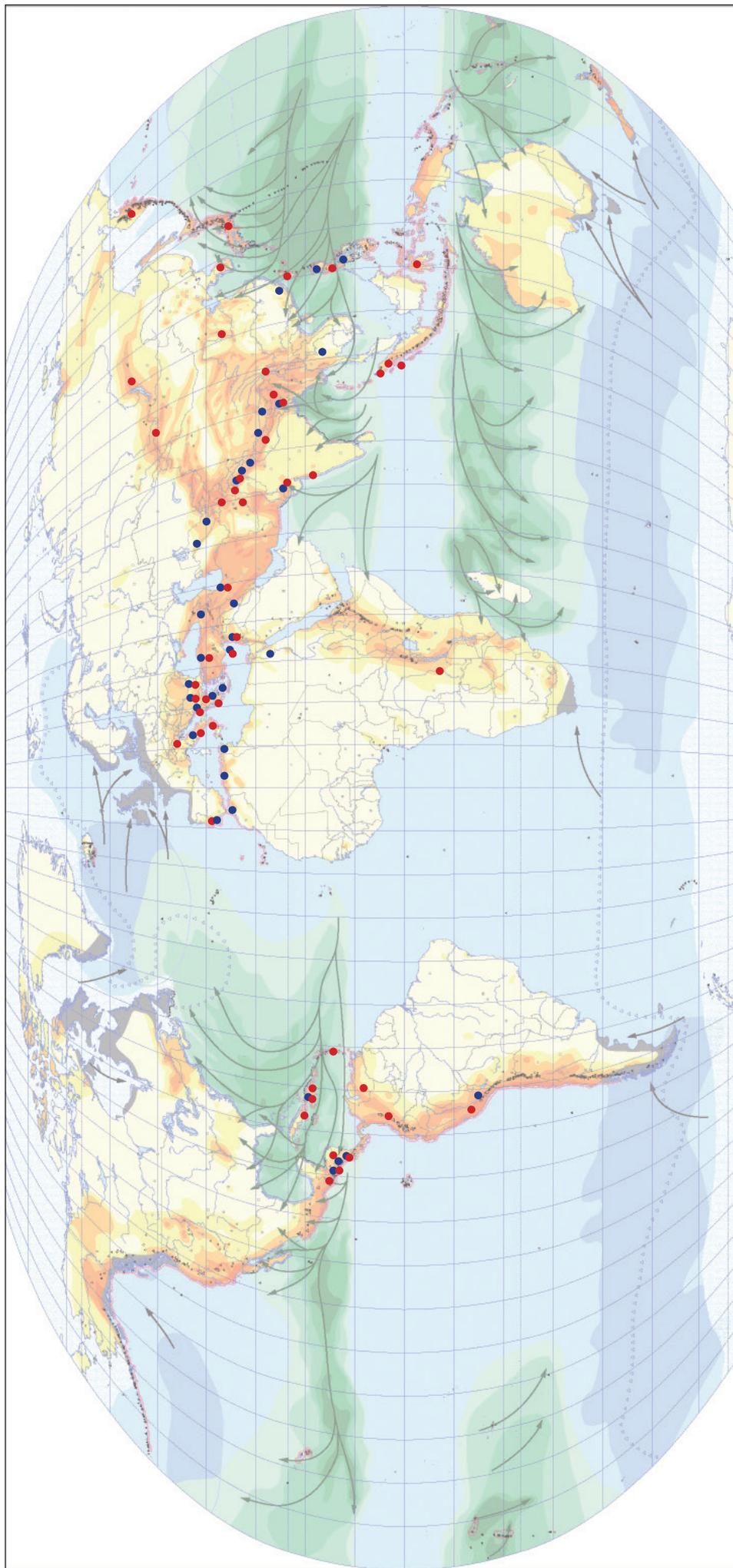
Estimé sur la base de la forte sismicité du site archéologique (BROWN, SHEETS, 2000, *op. cit.*), le caractère sismo-résistant à la base de cette technique a été une source d'inspiration pour la proposition d'une nouvelle technique constructive, le « *bahareque céren* » qui se réfère à un système proche d'une typologie « confinée » : le matériau terre assume un rôle porteur et il est confiné par une double grille, réalisée avec des éléments souples (p.e. cannes), retenant la masse murale et conférant une certaine cohérence à la structure²⁵¹ (CARAZAS AEDO, RIVERO OLMOS, 2003).



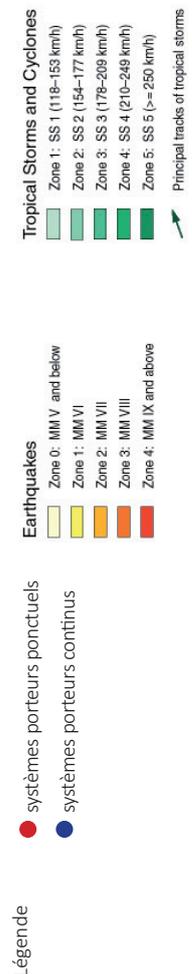
Fig.133: Joya de Céren, site archéologique : a) vestige d'une habitation (source: UNESCO) ; b) détail du principe constructif (source: arqueoruta.blogspot.com) ; c) construction en *bahareque céren* réalisée suite au séisme de 2001 au Salvador (crédits: W. Carazas-Aedo)

²⁵¹ Après le séisme qui eu lieu en 2001 au Salvador, des prototypes de ce système constructif ont été réalisés dans le cadre d'un programme de reconstruction d'habitat conduit par les organisation FUNDASAL et Misereor (FUNDASAL, 2001).

LOCALISATION DES CAS IDENTIFIÉS SELON SYSTÈME PORTEUR



Carte mondiale des aléas naturels ©MunichRe 2009



10.3.3. TYPOLOGIES STRUCTURELLES : UNE COMPARAISON GÉOGRAPHIQUE

En conclusion de cet approfondissement relatif aux principaux systèmes constructifs caractérisant l'architecture vernaculaire en zone sismique, certaines observations peuvent être effectuées à partir de l'ensemble des cas identifiés. Pour ce faire je me base sur un croisement entre des cartes permettant une visualisation graphique de la distribution géographique des catégories typologiques considérées. Ces supports ont été élaborés à partir d'une carte mondiale des aléas naturels indiquant les zones sismiques, sur la base d'une évaluation probabiliste de l'intensité maximale (échelle Mercalli Modifiée) pour une période de retour de 475 ans (LESTUZZI, 2008). Elle intègre également les zones exposées à des phénomènes cycloniques ainsi que leurs principales trajectoires ; ce qui permet d'élargir les considérations faites au potentiel caractère parasinistre, outre que parasismique, des cas considérés²⁵². Deux types de carte ont été élaborés²⁵³ : l'un, ci-contre, présente la localisation des deux systèmes porteurs analysés ; l'autre est spécifique à chaque système et situe les cas identifiés en les distinguant en relation aux typologies qui leur sont associées (Figs. 45 et 46). Les observations relatives à ces cartes sont en outre supportées par une liste d'exemples classés par typologie (cf. annexe A.3.4 : liste récapitulative) ainsi que par un tableau considérant leurs caractéristiques et matériaux (cf. annexe A.3.5 : tableau récapitulatif). Étant donné que ces considérations se fondent essentiellement sur les exemples repérés au cours de cette recherche, elles n'ont pas la prétention d'exhaustivité ni d'établir des conclusions généralisables. Du travail et des observations conduites, il me paraît néanmoins intéressant d'en dégager quelques questionnements et constatations, pouvant constituer un point de départ pour des investigations ultérieures.

Tout d'abord, en relation à la distribution des deux systèmes porteurs (Fig. 44), on peut constater comme ils sont tous les deux présents de manière relativement homogène en différentes zones géographiques. Cependant, dans les régions affectées par des phénomènes de type cyclonique (p.e. Amérique Centrale, Japon) les exemples identifiés se caractérisent majoritairement par des systèmes de type ponctuel. Cette typologie structurelle est, en outre, largement répandue dans les zones présentant une sismicité particulièrement élevée, telles que certaines régions situées le long de la chaîne Himalayenne, autour du bassin méditerranéen ainsi que le long des côtes orientales et occidentales de l'Océan Pacifique ; de fait en correspondance des celles considérées comme les majeures zones sismiques à échelle mondiale : la ceinture du feu et la ceinture Alpino-Himalayenne²⁵⁴. En correspondance de cette dernière zone, la présence de systèmes porteurs ponctuels est, dans plusieurs cas (p.e. Bulgarie, Grèce, Turquie), concomitante avec celle de système porteurs continus. Des structures à ossature sont en effet souvent associées à une maçonnerie porteuse, caractérisant les étages inférieurs et/ou certains types de bâtiments (p.e. à caractère religieux ou communautaire).

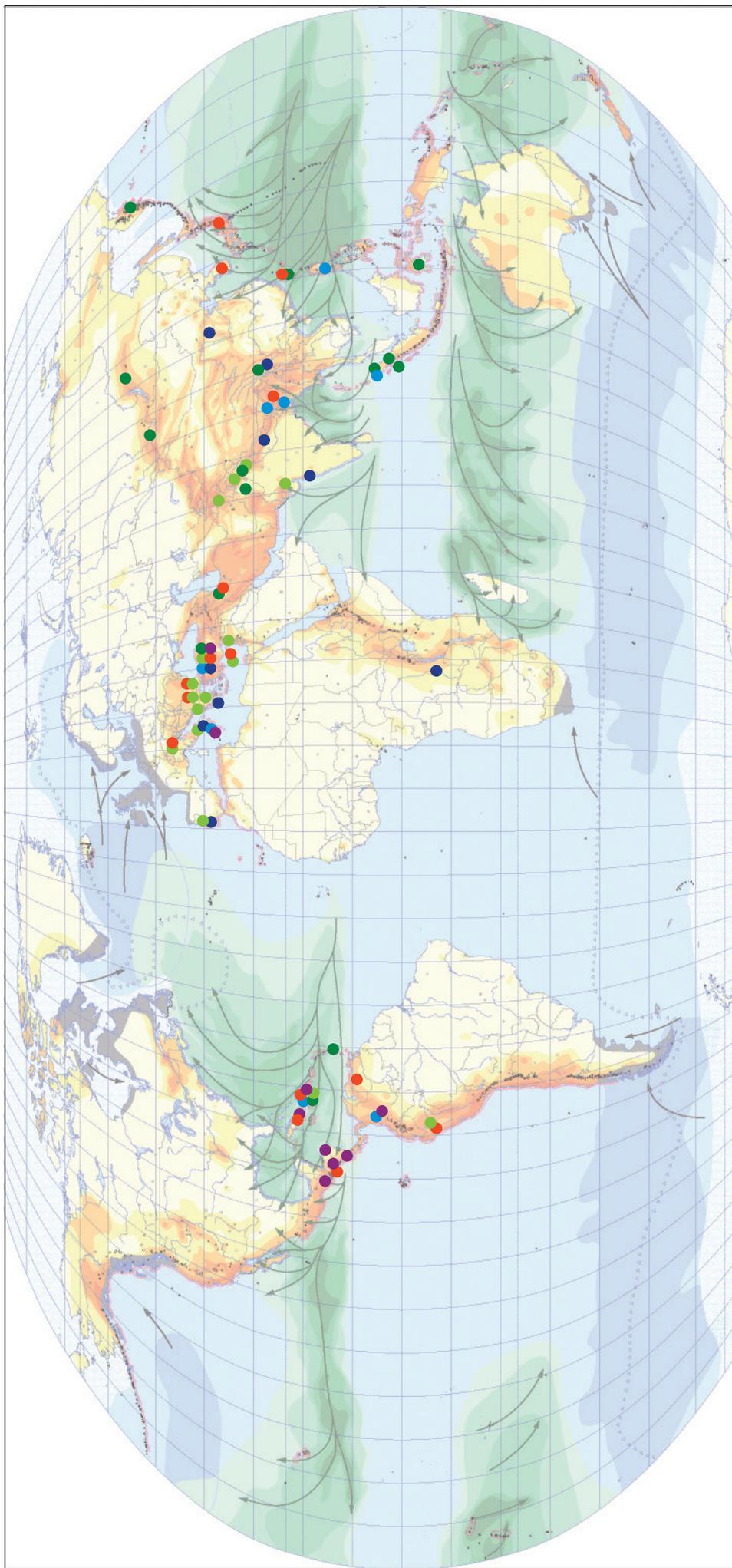
La comparaison détaillée entre la localisation géographique et les spécificités des systèmes présents dans l'architecture vernaculaire de différentes régions soulève plusieurs questionnements au regard des facteurs à l'origine de certaines coïncidences relatives à la distribution spatiale et aux similitudes de certains exemples. Parfois, des constats au regard de caractéristiques similaires des phénomènes sismiques (fréquence, intensité) pourraient être dressés, néanmoins l'influence des spécificités climatiques et géomorphologiques, se rapportant également aux ressources naturelles disponibles, ainsi que les échanges culturels émergent comme des aspects potentiellement décisifs.

252 Le choix de prendre en compte, au niveau cartographique, également des aléas de type cyclonique se rapporte à leur présence et récurrence historique qui sont déterminées par des facteurs d'ordre géographique et atmosphérique. Elles sont donc relativement non influençables par l'action humaine et, à ce titre, comparables aux phénomènes sismiques (bien que ces deux types de phénomènes présentent des différences substantielles dont, en outre, la prévisibilité de leur impact).

253 Les cas identifiés sont indiqués avec des points-repères qui correspondent à leur localisation exacte. Toutefois, lorsqu'un ou plusieurs systèmes et/ou typologies sont présents de manière diffuse dans un pays, un seul repère par type structurel ou catégorie typologique a été utilisé pour des questions de lisibilité des cartes ; cela concerne en particulier les suivants pays : Bangladesh, Bulgarie, Grèce, Haïti, Italie, Macédoine, Portugal, République Dominicaine, Turquie.

254 La zone dénommée ceinture du feu couvre les régions autour de l'Océan Pacifique où se produisent environ le 90% des séismes à échelle mondiale ; elle comprend les côtes occidentales de l'Amérique méridionale, centrale et septentrionale, le Japon, les Philippines, l'Indonésie et la Nouvelle Guinée, les îles du Pacifique sud occidental jusqu'à la Nouvelle Zélande. Avec environ 5-6% des séismes, la ceinture Alpino-Himalayenne constitue la deuxième région plus sismique au monde, s'étendant du nord de l'Inde jusqu'au bassin méditerranéen, en passant par l'Iran et la Turquie (Source : USGS).

SYSTÈME PORTEUR PONCTUEL : LOCALISATION PAR TYPOLOGIE



Carte mondiale des aléas naturels ©MunichRe 2009

Légende

- vidé
- enveloppé
- avec remplissage
- en éléments
- en maçonnerie
- en vrac
- avec support
- confiné

Earthquakes

- Zone 0: MM V and below
- Zone 1: MM VI
- Zone 2: MM VII
- Zone 3: MM VIII
- Zone 4: MM IX and above

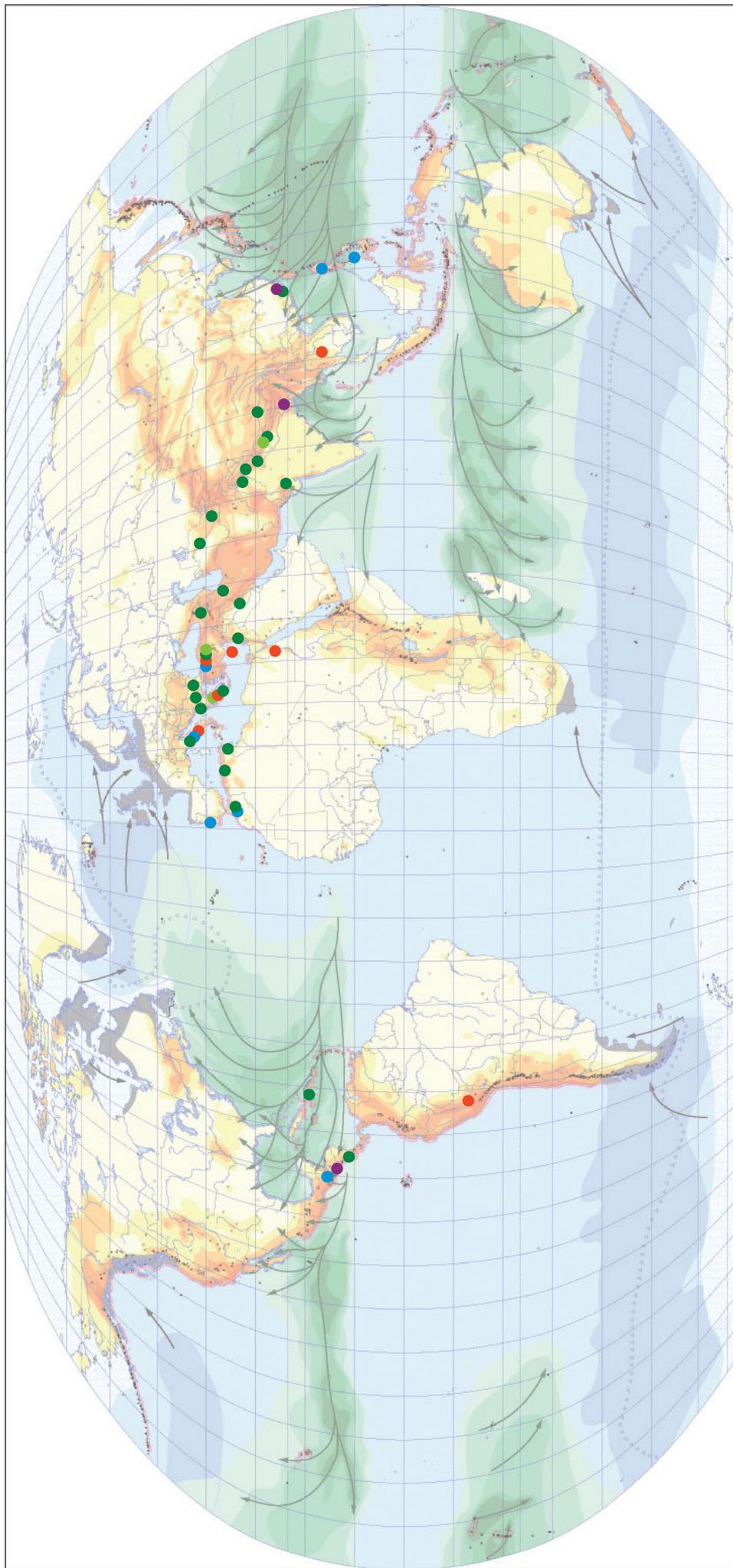
Tropical Storms and Cyclones

- Zone 1: SS 1 (118–153 km/h)
- Zone 2: SS 2 (154–177 km/h)
- Zone 3: SS 3 (178–209 km/h)
- Zone 4: SS 4 (210–249 km/h)
- Zone 5: SS 5 (>= 250 km/h)
- Principal tracks of tropical storms

SYSTÈMES PORTEURS PONCTUELS

- Les systèmes porteurs ponctuels caractérisent l'architecture vernaculaire de plusieurs régions associant phénomènes sismiques et cycloniques. Parmi ces cas, un nombre considérablement réduit présente un remplissage en maçonnerie. Cela est peut-être dû à un comportement plutôt rigide de ce type de remplissage qui peut être affecté par une fissuration importante dérivante des mouvements de la structure porteuse sous les poussées latérales, tant des vents que des séismes, avec un conséquent risque d'éclatement accru par une éventuelle désolidarisation entre le panneau de remplissage et la structure. Les typologies les plus répandues correspondent à des systèmes de clôture relativement légers et, en particulier dans les zones à sismicité élevée (p.e. Amérique Centrale, Japon), à un remplissage en vrac qui n'entrave pas des éventuels mouvements de la structure et dont l'endommagement ne constitue pas une menace importante pour la préservation de la structure et la sécurité de ses occupants.
- La typologie constructive correspondant à un système porteur vide enveloppé caractérise deux situations distinctes. L'utilisation d'une maçonnerie de pierre est identifiable dans les zones à sismicité modérée mais récurrente. L'enveloppe se constitue d'une structure porteuse complémentaire reprenant, en situation normale, les charges des étages et/ou de toiture mais admettant un effondrement sous des sollicitations sismiques (p.e. île de Lefkada en Grèce, Etat du Maharashtra en Inde, Turquie). D'autre part, l'utilisation du matériau terre sous forme de maçonnerie de briques ou de blocs a été identifiée dans des zones où les séismes ont une récurrence moins fréquente (égale ou supérieure à 30 ans), en relation à des cas où l'enveloppe se constitue d'une structure autoportante autonome (p.e. République Démocratique du Congo).
- L'application d'un principe de parement caractérise essentiellement les zones à sismicité élevée, avec donc des tremblements de terre fréquents et violents (p.e. Colombie, Indonésie, Turquie) ainsi que certaines régions (p.e. Bangladesh, Haïti, Philippines) exposées à des phénomènes cycloniques récurrents. En relation à ces derniers cas, on peut constater comme l'utilisation de matériaux souples (lattes en bois ou bambou, panneaux en canisse ou roseaux) soit privilégiée. La relative légèreté et flexibilité de ces systèmes de clôture peut contribuer, notamment si en planches en bois, à assurer une certaine cohérence structurelle sous des sollicitations sismiques. Toutefois, un parement avec des éléments relativement rigides offre une certaine résistance aux poussées du vent, s'exposant à un arrachement par la pression différentielle s'exerçant sur les parois et pouvant engendrer le détachement de certaines parties, structurelles ou de clôture. En revanche, la perméabilité de système en panneaux en lattes et/ou tressés réduit les risques d'une rupture brutale sous les charges aérodynamiques et, en cas d'endommagement, ces éléments sont généralement plus économiques et plus rapides à remettre en place.
- Les observations relatives aux constructions correspondantes à la typologie avec remplissage en éléments rejoignent celles effectuées précédemment pour le parement. Les cas s'y rapportant se situent en effet essentiellement dans des zones à sismicité élevée et l'utilisation d'éléments relativement rigides, tels que planches et rondins, principalement dans des zones non cycloniques. En effet, si en relation à des sollicitations sismiques l'encastrement de ces éléments dans la structure peut contribuer à en assurer une certaine cohérence (le remplissage agissant comme un contreventement), sous l'impact de vents violents la relative rigidité de ce type de remplissage risque d'entraîner l'éclatement des éléments.
- La construction en rondins (typologie « remplissage en éléments ») est présente essentiellement dans des régions des zones tempérées à sismicité élevée (p.e. Sibérie et Russie nord orientale).
- Les systèmes porteurs avec remplissage en maçonnerie sont présents dans les zones à sismicité de modérée (p.e. Balkans, Italie centrale, Portugal) à élevée (p.e. Amérique centrale, Pérou, Turquie). Cette typologie est largement répandue dans les régions entourant les rives septentrionales du bassin méditerranéen, où les matériaux et les modalités de mise en œuvre utilisés sont, en outre, très similaires.
- Les systèmes avec remplissage en vrac sont parmi ceux les plus répandus avec une distinction entre remplissage avec support présent dans un large nombre de pays en différentes zones du monde, et remplissage confiné présent principalement dans des régions à climat doux et, en particulier, en Amérique centrale.

SYSTÈME PORTEUR CONTINU : LOCALISATION PAR TYPOLOGIE



Carte mondiale des aléas naturels ©MunichRe 2009

Légende

- homogène ● avec dispositif interne ● avec renfort
- avec insertions ● avec insertions
- intégrées ● horizontales ● horizontales et verticales ● dans la masse

Earthquakes

- Zone 0: MM V and below
- Zone 1: MM VI
- Zone 2: MM VII
- Zone 3: MM VIII
- Zone 4: MM IX and above

Tropical Storms and Cyclones

- Zone 1: SS 1 (118–153 km/h)
- Zone 2: SS 2 (154–177 km/h)
- Zone 3: SS 3 (178–209 km/h)
- Zone 4: SS 4 (210–249 km/h)
- Zone 5: SS 5 (>= 250 km/h)
- Principal tracks of tropical storms

SYSTÈMES PORTEURS CONTINUS

- Les cas relatifs à la typologie de système porteur avec dispositif interne se rapportent à des exemples d'architecture historiquement très anciens et géographiquement dispersés (p.e. Cambodge, Egypte, Pérou). D'une part, ce dernier aspect supporte l'hypothèse d'un développement de ces solutions de manière indépendante, donc non déterminé par des facteurs rapportables à des échanges culturels entre les constructeurs de ces régions. D'autre part, la nécessité d'une spécialisation particulière tant pour la conception que pour la réalisation a été probablement à la base d'une application de ce principe circonscrite essentiellement à des bâtiments majeurs ainsi que d'une diffusion géographique et d'une persistance historique limitées.
- En relation aux systèmes porteurs continus avec renforts, tant ponctuels que continus, il est intéressant de noter comme les cas identifiés se situent majoritairement dans les pays à sismicité modérée et fréquence de faible à modérée (conditions donc favorables à l'émergence d'une culture de la réparation), entourant le bassin méditerranéen (p.e. Maroc, Italie centrale, Portugal). En effet, les exemples répertoriés dans d'autres régions (Philippines et Guatemala) relèvent essentiellement d'exemples pouvant être rapportés à des pratiques importées au cours des colonisations européennes.
- Bien que les types de matériaux et les modalités d'insertions varient, la typologie structurelle du système porteur continu avec des insertions horizontales résulte être largement répandue. Dans les zones à sismicité élevée, le principe d'insertions intra étages d'éléments horizontaux en bois dans une structure en maçonnerie se révèle être le plus diffus, en particulier dans la bande géographique allant de l'Algérie jusqu'à la chaîne himalayenne et correspondant à la ceinture Alpino-Himalayenne. Historiquement, cette zone correspond à une région d'intenses échanges culturels, occupations et déplacements de populations et constructeurs, facteurs qui, en association à une disponibilité de ressources parfois très similaires, ont probablement influencé le développement et la diffusion de techniques analogues.
- La mise en place d'un principe d'insertion avec d'autre matériaux est rapportables aux situations suivantes : avec des végétaux, elle est présente principalement dans des régions relativement arides à sismicité modérée (p.e. Irak, Ouzbékistan) ; en revanche les insertions en briques ou en tirants dans une maçonnerie de pierre se rapportent en particulier à des cas situés autour du bassin méditerranéen ou ayant connus une influence de pratiques européennes (p.e. constructions *gingerbread* en Haïti), dans des zones où les phénomènes sismiques se manifestent avec une récurrence de faible à modérée.
- Le nombre de cas identifiés en relation aux autres typologies d'insertions (horizontales rapprochées et en colonne, horizontales et verticales ainsi que dans la masse) a été assez restreint. Leur identification dans des régions géographiquement distinctes laisse néanmoins supposer une présence plus étendue, mais dont les limitations actuelles sont aussi probablement une conséquence d'une prise en compte restreinte dans les analyses des architectures vernaculaires existantes. En revanche, pour la typologie relative à des insertions dans la masse, le nombre d'exemples réduits peut être déterminé par une difficulté d'identification de ces insertions, possible essentiellement lors d'un endommagement de la structure, ainsi que par l'évolution des techniques et modes de construction vers des solutions techniquement plus pertinentes en terme de rapidité et facilité de réalisation, de coûts et probablement d'adéquation aux ressources et aux risques locaux.

10.4. DISPOSITIFS VERNACULAIRES PARASINISTRES : DE LA MACRO À LA MICRO ÉCHELLE

La capacité d'une construction à supporter des sollicitations exceptionnelles, telles que celles produites par certains aléas naturels, est influencée par des mesures mises en place à l'échelle du site et par les caractéristiques du système constructif, mais également par des dispositifs particuliers explicitement mis en œuvre par ses constructeurs et/ou dérivant des propriétés intrinsèques aux matériaux utilisés.

Les éléments contenus dans ce chapitre découlent des exemples analysés au cours de cette recherche; ils concernent des principes que j'ai extrapolés en raison de l'intérêt particulier qu'ils présentent en tant que dispositions spécifiques contribuant à une réduction de la vulnérabilité de parties ou de l'ensemble structurel envers différents types d'aléas naturels. Un seul de ces dispositifs n'est cependant généralement pas suffisant pour assurer une mise en sécurité totale d'une construction; c'est en effet l'ensemble de plusieurs mesures appliquées simultanément, de la macro (territoire, système constructif) à la micro (détail) échelle, qui détermine et/ou améliore la résilience effective d'un bâtiment.

La partie suivante se structure en quatre sections, la première présentant des principes à échelle de l'ensemble structurel et les trois suivantes se référant à des mesures ciblées à certaines parties constructives et directement corrélables à trois types particuliers d'aléas naturels (cyclones, inondations et séismes), qui sont statistiquement ceux qui plus affectent l'environnement bâti. Pour chacun des principes extrapolés, je présente une définition synthétique du dispositif identifié accompagné par un schéma explicatif ainsi qu'un ou plusieurs exemples représentatifs des modalités et variantes de sa concrétisation

10.4.1. PRINCIPES D'ENSEMBLE

Parmi les exemples analysés, certains aspects soulignent la complexité des paramètres pris en compte par les constructeurs vernaculaires, indépendamment du type d'aléas et des systèmes et matériaux de construction mis en œuvre.

- **Polyfonctionnalité**

Certains éléments architecturaux répondant à des nécessités fonctionnelles et/ou esthétiques assument également un rôle structurel.



Exemple : dans certaines habitations des zones rurales d'Haïti, la clôture de la galerie est réalisée avec des planches en bois disposées en croix entre les poteaux, qui reposent sur un soubassement en maçonnerie de pierre. Ces éléments agissent en tant que contreventement, assurant une certaine cohérence structurelle et évitant un effondrement de la superstructure, même en cas d'écroulement du soubassement (Fig. 137a, analyse de terrain 2012).

- **Dispositifs multi-risques**

Dans une construction, des dispositifs distincts peuvent être intégrés en réponse à la présence d'aléas différents. Inversement, un seul de ces dispositifs améliore parfois le comportement de la structure envers l'impact de plusieurs phénomènes.



Exemple : la faible hauteur sous toiture des habitations rurales haïtiennes limite la prise au vent et, déplaçant le barycentre de la construction vers le bas, favorise une bonne résistance aux séismes. En outre, des contreventements horizontaux aux quatre angles de la poutre sablière (Fig. 137b) solidarissent l'ossature en bois envers des sollicitations induites aussi bien par des vents violents que par des tremblements de terre (analyse de terrain 2012).

- **Durabilité et résistance**

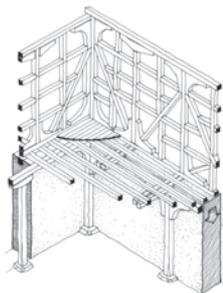
La capacité d'une structure à faire face à l'impact de phénomènes naturels particulièrement violents, est influencée également par l'état de conservation de ses composants. L'association entre durabilité et résistance donne lieu parfois à des dispositifs limitant aussi bien la dégradation de l'ouvrage que la vulnérabilité du bâti et de ses occupants.



Exemple : dans certaines habitations rurales haïtiennes, les parties des murs hors contact avec l'eau sont réalisées avec des matériaux rapidement dégradables mais économiques, tandis qu'un demi mur en maçonnerie de pierre, plus durable mais demandant des efforts économiques et techniques importants, protège les parties les plus exposées (Fig. 137c). Ce principe présente également l'avantage de réduire la mise en danger des occupants en cas d'effondrement partiel (analyse de terrain 2012).

- **Rupture maîtrisée**

Dans certains cas, l'impossibilité de réaliser des constructions suffisamment résistantes a donné lieu à des systèmes constructifs prenant en compte l'éventualité d'un effondrement partiel ou total. L'application de ce principe se traduit dans la réalisation d'éléments « sacrificiels » et/ou d'une dissociation entre parties structurales permettant la sauvegarde de celles plus importantes (p.e. en raison de leur coût élevé) et favorisant une réparation rapide ainsi qu'une réutilisation des matériaux.



Exemples : l'architecture vernaculaire de l'île de Lefkada (Grèce) se base sur un système structurel double : des murs en maçonnerie aux étages inférieurs et des poteaux en bois portant les étages supérieurs en ossature légère (Fig. 137d). En cas d'effondrement des murs en maçonnerie sous des sollicitations sismiques, la stabilité des niveaux supérieurs n'est pas compromise grâce à l'indépendance des deux systèmes et les pierres peuvent être réutilisées pour la reconstruction (KARABABA, 2007, *op. cit.*).



Un principe similaire est présent dans les habitations traditionnelles de la région de Kabalo (République Démocratique du Congo), affectée par des séismes et des inondations. La toiture est portée par des poteaux indépendants des murs en terre, dont l'écroulement n'engendre pas un effondrement complet, préservant ainsi le toit (Fig. 137e, MOLES, HOSTA, 2009, *op. cit.*).

Fig.137: Principes d'ensemble : a) système de clôture/contreventement de la galerie, Haïti ; b) contreventement des poutres sablières, Haïti ; c) simultanété de techniques, Haïti ; d) système structurel double, Grèce (source: VINTZILEOU, TOULIATOS, 2005) ; e) indépendance structurelle, République Démocratique du Congo (crédits: O. Moles)

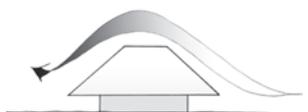
10.4.2. RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITÉ ENVERS LES VENTS VIOLENTS ET CYCLONIQUES

Dans les régions affectées par des aléas cycloniques ou des vents particulièrement violents, les constructions vernaculaires présentent différents types de dispositions permettant de réduire la vulnérabilité de l'ensemble structurel ou de certaines de ses parties. Ces dispositifs correspondent à des mesures techniques de type aussi bien permanent que temporaire (cf. chap. 9), s'intégrant au bâti de manière préventive et définitive et/ou ponctuelle et provisoire. Au-delà du respect de critères de base (site d'implantation, forme régulière, toiture à quatre pentes, pente et débords de toiture etc.) permettant de réduire la vulnérabilité d'un bâtiment et largement présents dans le bâti vernaculaire de ces régions, certains dispositifs s'appliquant tant à l'échelle du détail qu'à celle de l'ensemble construit correspondent à des principes préconisés par le génie paracyclonique actuel (DEVELOPMENT WORKSHOP, 2003 ; BHANDARI, KRISHNA, KUMAR, 2005 ; AGARWAL, 2007 ; BARRÉ, DE LA FOYE, MOREAU, 2011).



Fig.138: Phénomènes cycloniques : a) vents violents et pluies torrentielles ; effets du cyclone Aila, 2009 (source: Associated Press) ; b) envol de la toiture (Orissa, Inde) ; c) effondrement de la structure porteuse (Bangladesh)

• Forme aérodynamique

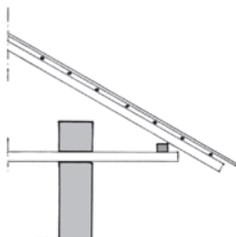


Principe : bâtiment de forme trapue, avec hauteur totale très réduite et limite inférieure de la toiture très bas ;

Rôle : réduction des charges aérodynamiques, en particulier lors de sites très exposés sans éléments de protection (p.e. plaines, absence ou insuffisance de barrières végétales et/ou construites, etc.) ;

Référence : Bangladesh, région de Khulna (analyses de terrain 2012).

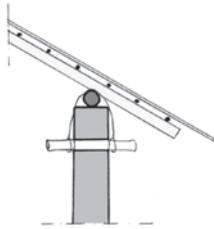
• Systèmes d'ancrage



Principe : encastrement des entrants de la charpente de toiture dans la masse des murs ;

Rôle : fixation de la structure de toiture pour en réduire la vulnérabilité aux forces de soulèvement, en particulier lors de débords de toiture importants ; l'ancrage est assuré par la masse de la portion supérieure du mur ;

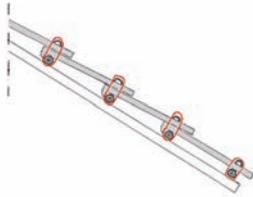
Référence : Bangladesh, région de Rajshahi (analyses de terrain 2011).



Principe : ancrage d'éléments structurels reliés avec des cordes à des pièces horizontales intégrées transversalement à un système structurel massif ;

Rôle : stabilisation de la poutre sablière ou d'autres éléments de la charpente de toiture ;

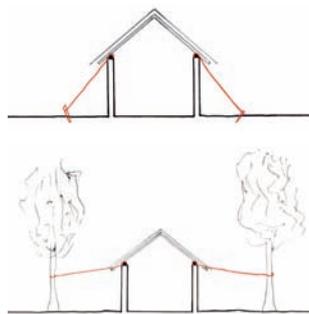
Référence : Bangladesh, régions de Mymensingh et Sylhet (analyses de terrain 2012).



Principe : pièces disposées en dessus de la couverture et transversalement à la pente de toiture, ligaturées à la charpente au moyen de cordes passant par des trous percés dans les tuiles, à des intervalles réguliers ;

Rôle : stabilisation de la couverture limitant le déplacement des éléments et réduisant le risque d'envol sous les efforts de portance, de traînée et de dérive ;

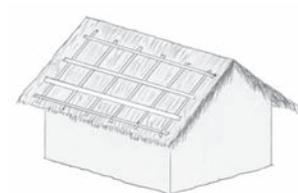
Référence : Bangladesh, région de Khulna (analyses de terrain 2012).



Principe : haubanage par ancrage au sol (p.e. piquets) ou à d'autres éléments stables (p.e. arbres) ;

Rôle : consolidation de la charpente et/ou des parties structurelles susceptibles d'envol, au moyen de cordes liées à la structure et/ou de pièces de stabilisation positionnées en dessus de la couverture ; système pouvant être mis en place et/ou consolidé avant l'impact d'un cyclone ;

Référence : Bangladesh, régions de Khulna et Sylhet (analyses de terrain 2012).



Principe : application d'éléments sur une couverture en pièces détachables (p.e. en tuiles ou chaume) ;

Rôle : stabilisation par la superposition d'éléments continus ou ponctuels, rigides (p.e. grille) ou souples (p.e. filet) selon le matériau de couverture ; parfois réalisé avec des plantes grimpantes ou des éléments disposés de manière ponctuelle transversalement à la pente de toiture ;

Référence : Bangladesh, région de Khulna (analyses de terrain 2012).

• Désolidarisation structurelle et élément fusible

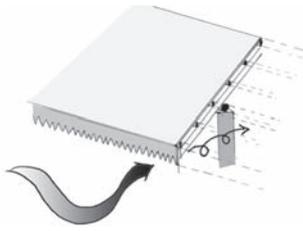


Principe : déconnexion ou doublage de la structure entre le corps principal et des parties secondaires (p.e. véranda) ;

Rôle : parties secondaires assumant le rôle d'éléments fusibles dont l'arrachement ne compromet pas la structure principale, limitant des dommages potentiels à la structure primaire ;

Référence : Haïti, zone de Grande Rivière (analyses de terrain 2012).

- Réduction des sollicitations locales



Principe : planches de rive dentelées dépassant la ligne basse du pan de toiture d'environ 20-30cm tout autour du bâtiment ;

Rôle : dispositifs brisant le flux du vent et favorisant une minimisation des dépressions susceptibles de décoller la couverture par la génération de tourbillons et la réduction des forces locales d'arrachement ;

Référence : Haïti, zones rurales dans les départements de l'Ouest et du Sud-Est (analyses de terrain 2012).

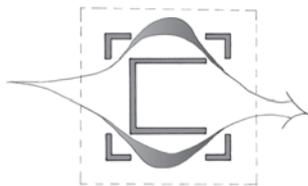
- Contrôle du champ de pression interne



Principe : planches perforées mises en place entre la partie supérieure du mur et la toiture ;

Rôle : homogénéisation de la porosité de la structure permettant un équilibrage de la pression entre intérieur et extérieur réduisant les sollicitations susceptibles d'arracher la couverture ;

Référence : Haïti, zones rurales dans les départements de l'Ouest et du Sud-Est (analyses de terrain 2012).



Principe : structure ouverte avec toiture portée par des éléments continus et/ou ponctuels indépendants d'un noyau intérieur fermé ;

Rôle : minimisation des différences de pression par la perméabilité de la construction n'obstruant pas le flux du vent, tout en assurant une protection ;

Référence : Bangladesh, région de Khulna (analyses de terrain 2012).



Principe : soupape de dépressurisation dans une toiture à quatre pentes ;

Rôle : compensation de la différence de pression entre intérieur et extérieur et réduction de la pression interne par la création d'une liaison entre le volume interne et la partie supérieure de la toiture où le niveau dépressionnaire est le plus élevé, limitant le potentiel arrachement de la toiture ;

Référence : Bangladesh, région de Dinajpur (analyses de terrain 2011).

Fig.139: Principes de réduction de la vulnérabilité envers les vents violents et cycloniques

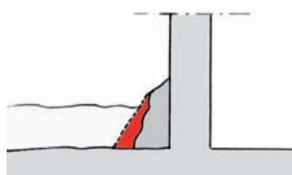
10.4.3. RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITÉ ENVERS LES INONDATIONS

Envers des phénomènes de crue, les bâtisseurs vernaculaires ont souvent mis en place des dispositifs de protection et amélioration de la résistance des bâtiments par une mise hors eau de la construction, un renforcement de ses parties inférieures ainsi qu'une limitation des dommages potentiels (BMTPC, 1998 ; AHMED, 2005). L'efficacité de ces dispositifs se rapporte essentiellement à des phénomènes dont l'ampleur reste relativement limitée et permet de mettre en œuvre des solutions techniquement et financièrement accessibles.



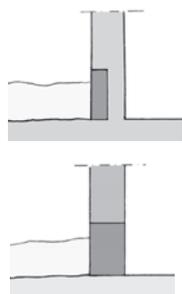
Fig.140: Inondations : a et b) Pakistan 2010 (crédits : K. Tanveer)

- **Contrôle de l'érosion**



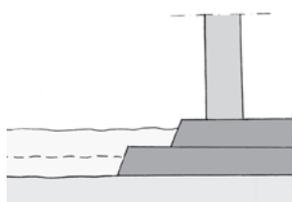
Principe : masse d'usure en terre à la base des murs ;
 Rôle : préservation de la stabilité de la structure primaire par l'application d'une masse sacrificielle pouvant être endommagée sans que la solidité globale du bâtiment soit compromise, limitant en outre l'étendue des réparations ;
 Référence : Bangladesh, région de Khulna (analyses de terrain 2012).

- **Stabilisation par renforcement**



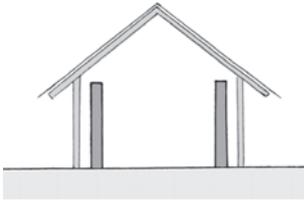
Principe : revêtement extérieur ou réalisation de certaines parties de l'ouvrage avec des matériaux résistants jusqu'en dessus du niveau atteint par l'eau ;
 Rôle : protection envers l'érosion et la désagrégation par saturation de la base des murs réalisés avec des matériaux (p.e. terre) vulnérables à l'eau stagnante et avec forte courante ;
 Référence : Pakistan, districts du Balochistan et Sindh (UN-HABITAT PAKISTAN, 2010, *op. cit.*).

- **Protection par surélévation**



Principe : réalisation d'une double plateforme constituant deux niveaux superposés ;
 Rôle : mise hors de l'eau de la construction et constitution d'une protection ultérieure envers le phénomène d'érosion et de saturation du sol et de la base des murs ; hauteur des plateformes souvent déterminée par les niveaux des inondations fréquents et/ou exceptionnelles ;
 Référence : Népal, région de Terai (DEKENS, 2007, *op. cit.*) ; Inde, Etat de l'Orissa (CAIMI, HOFMANN, 2005, *op. cit.*) ; Bangladesh, région de Khulna (analyse de terrain 2012).

- **Doublement structurel**

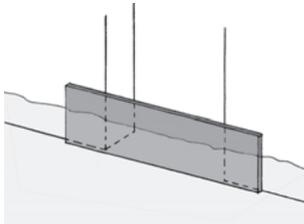


Principe : déconnexion entre l'ossature portant la toiture et les éléments muraux de clôture ;

Rôle : préservation de certaines parties de la construction et réduction du risque d'effondrement complet ; en cas d'écroulement des murs, la dissociation structurelle permet de maintenir en place les autres éléments constructifs (p.e. toiture) ;

Référence : Bangladesh, régions de Sylhet (analyses de terrain 2012) ; République Démocratique du Congo, région de Kabalo (MOLES, HOSTA, 2009, *op. cit.*).

- **Barrage**



Principe : rehaussement fixe ou barrière mobile mise en place devant les ouvertures ;

Rôle : protection envers la pénétration de l'eau à l'intérieur du bâtiment ; système efficace envers des inondations de faible ampleur et/ou en association à un soubassement surélevant l'ensemble de la structure ;

Référence : Haïti, département du Nord Ouest (analyses de terrain, 2012).

Fig.141: Principes de réduction de la vulnérabilité envers les inondations

10.4.4. RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITÉ ENVERS LES SÉISMES

Dans les régions affectées par des phénomènes sismiques récurrents, les dispositifs présents dans l'architecture vernaculaire sont étroitement liés, voire dérivés, des caractéristiques du système structurel et/ou des matériaux de construction employés. En relation aux exemples analysés, j'ai extrapolé les principes prédominants qui s'avèrent être les plus répandus. Ils sont présentés sur la base de la distinction suivante : en premier, les dispositifs favorisant une dissipation de l'énergie induite par un séisme et, ensuite, les dispositions améliorant la cohérence structurelle d'un bâtiment. Les mécanismes liés à ces deux principes sont identifiables dans des constructions basées aussi bien sur des systèmes porteurs continus que ponctuels. La plupart des principes régissant le comportement sous l'action sismique tire profit de l'interaction entre les différents composants structurels ainsi que de l'aptitude des différents matériaux à travailler ensemble comme un système unique. Si considérés singulièrement, certains matériaux et techniques présentent un comportement fragile et non ductile. Toutefois, leur intégration dans un système constitué de l'ensemble des éléments structurels a démontré, dans plusieurs cas, comme une rupture fragile ne conduit pas systématiquement à un effondrement (LANGENBACH, 1989, *op. cit.*). La capacité de nombreuses architectures vernaculaires à supporter des sollicitations sismiques est, de fait, le résultat de l'interaction entre les différents éléments constituant la structure ainsi que de la complémentarité entre les caractéristiques des matériaux utilisés, la manière de les mettre en œuvre et leur utilisation pour des parties spécifiques. Leur résilience envers les phénomènes sismiques ne se détermine souvent pas uniquement par leur résistance et solidité, mais surtout par leur capacité à supporter des déformations inélastiques sans s'effondrer (LANGENBACH, 2000 *op. cit.*).



Fig.142: Phénomènes sismiques : Haïti, effets du séisme de 2010 sur l'habitat rural (crédits : a) J. Hosta ; b) E. Cauderay ; c) A. Douline)

10.4.4.1. DISSIPATION

La dissipation de l'énergie induite dans une structure par des secousses sismiques constitue un facteur particulièrement favorable, notamment dans la réduction des sollicitations et du potentiel d'endommagement. Dans les constructions vernaculaires, elle peut se produire à des échelles structurelles très différentes ainsi que par des dispositifs extrêmement variés. Le suivant schéma synthétise les différents systèmes identifiés dont la mise en œuvre contribue à améliorer considérablement la capacité de réponse d'un bâtiment (Fig. 143).

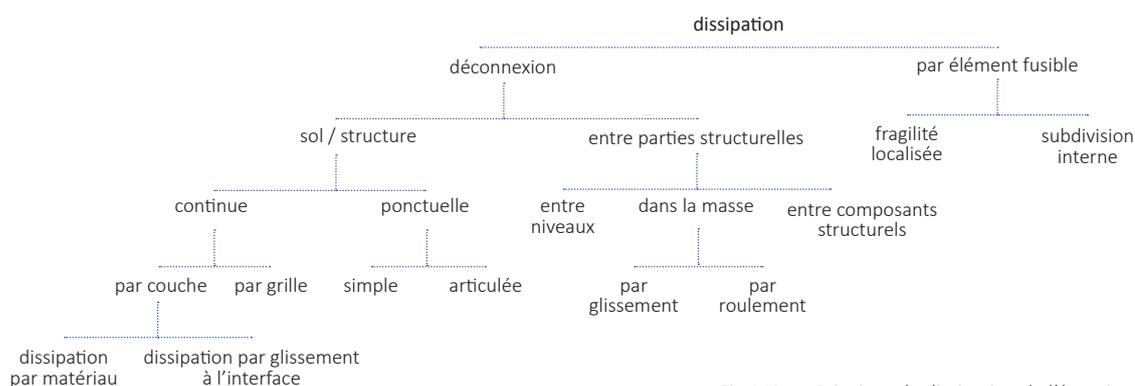


Fig.143: Principes de dissipation de l'énergie

PAR DÉCONNEXION

Principe : introduction de dispositifs d'appui dont la rigidité est considérablement plus faible que les éléments structurels qu'ils séparent et/ou qui ne présentent pas de système d'ancrage ;
Rôle : réduction des sollicitations horizontales par une dissociation de l'ensemble structurel et/ou de certaines de ses parties permettant des déplacements indépendants (LESTUZZI, BADOUX, 2008, *op. cit.*).

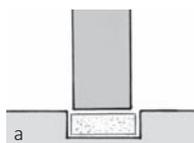
• Déconnexion sol / structure

Ce type de disposition correspond au principe nommé par le génie parasismique actuel comme « isolation sismique ». Les dispositifs qu'y se réfèrent séparent la superstructure du sol, en lui permettant de se déplacer d'un seul bloc par des mouvements qui atténuent les sollicitations internes, en réduisant de manière drastique les dommages que ceux-ci peuvent engendrer.

Déconnexion continue

Principe spécifique à des systèmes porteurs continus (murs massifs ou en maçonnerie) et consistant dans la mise en place d'un dispositif de séparation entre les fondations et le sol ou entre le soubassement et la superstructure. Deux approches ont été identifiées :

- isolation par couche :



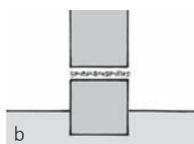
séparation par un strate homogène de matériaux mis en place sous les murs porteurs ou sous l'ensemble du bâtiment, amortissant les sollicitations induites par les séismes :

Dissipation par le matériau :

a : lits de sable entre le sol et la structure ;

Références : Arménie (LANER, BARBISAN, 1986, *op. cit.*) ;

Iran (NADERZADEH, 2009).



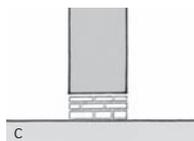
Dissipation par des glissements à l'interface :

b : superposition de pierres avec des surfaces plates et lisses

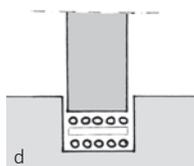
Référence : Iran (Ibid.) ; Pérou (SCHACHER, 2005, *op. cit.*) ;

c : intégration de nattes en végétaux tressés

Référence : Ouzbékistan (GANDREAU, 2012, communication personnelle).



- isolation par grille :



déconnexion par superposition de plusieurs éléments horizontaux en bois disposés orthogonalement sur toute l'épaisseur du mur²⁵⁵ :

- entre le soubassement et la base du mur

Référence : Iran, Masouleh (NADERZADEH, 2009, *op. cit.*) ;

d : entre le sol et les fondations

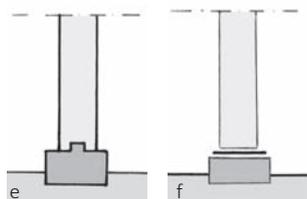
Référence : Grèce, île de Lefkada (DEMOSTHENOUS, MAKARIOS, 2006).

255 L'intégration d'éléments en bois dans la maçonnerie en proximité de la base des murs est une pratique particulièrement anciennes, dont on retrouve des témoignages même dans l'Ancien Testament en référence aux dispositions prescrites par le roi Cyrus pour la construction de la maison de Dieu (actuelle mosquée al-Aqs) à Jérusalem : "Que la maison soit rebâtie [...] et qu'elle ait des solides fondements. Elle aura soixante coudées de hauteur, soixante coudées de largeur, trois rangées de pierres de taille et une rangée de bois neuf" (Livre d'Esdras, chap. 6, versets 3-4 ; cité par NADERZADEH, 2009). Jérusalem se situe par ailleurs dans une région modérément sismique.

Déconnexion ponctuelle

Principe spécifique aux systèmes porteurs de type ponctuel et effectuant une séparation en correspondance des points d'appui de la structure primaire, en dessus du niveau du sol. Deux approches ont été identifiées :

- isolation simple :



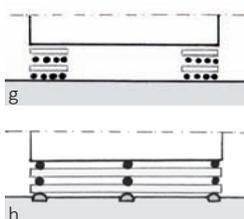
les poteaux reposent sur une base ponctuelle souvent en pierre
e : sans connexion et avec dispositif augmentant le frottement entre les fondations et la superstructure (p.e. natte) ;

Référence : Indonésie, régions de Nias, Aceh, Sumatera Utara (analyses de terrain, 2010) ;

f : avec connexion par tenon et mortaise entre la base du poteau et/ou une entaille dans la pierre de fondation

Références : Taiwan (TSAI, 2009) ; Nicaragua (QUINTALLET, SAMIN, 2012, *op. cit.*) ; Grèce (PORPHYRIOS, 1971) ;

- isolation articulée :



superposition de plusieurs niveaux de rondins orthogonaux

g : en colonne

Référence : Iran, région du Gilân (NADERZADEH, 2009, *op. cit.*) ;

h : en poutres

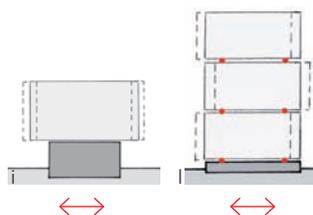
Référence : Indonésie, île Sulawesi (KAUDERN, 1925).

• Déconnexion entre parties structurelles

Ce principe se base sur une dissociation entre les éléments de la structure principale favorisant des mouvements mono ou pluri directionnels indépendants, contribuant à réduire les sollicitations internes.

Déconnexion entre niveaux

Subdivision de l'ensemble du bâtiment en parties structurellement autonomes par une séparation qui s'effectue par niveaux horizontaux superposés



i : cage rigide superposée à un bloc massif

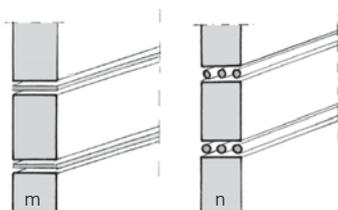
Référence : Anatolie (FERRIGNI, 2005, *op. cit.*) ;

l : superposition de cages rigide

Référence : Chine, Japon (SHIPING, 1991, *op. cit.*).

Déconnexion dans la masse

La séparation a lieu à l'intérieur de la masse murale de systèmes porteurs continus, par l'intégration d'éléments traversant complètement l'épaisseur et divisant l'hauteur du mur en portions dissociées.



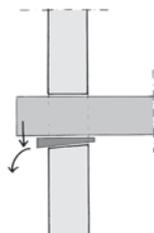
m : dissipation par glissement : insertion d'une ou plusieurs pièces plates relativement lisses (p.e. planches en bois)

Référence : Turquie (analyses de terrain, 2012) ;

n : dissipation par roulement : insertion d'une ou plusieurs couches de rondins

Référence : Algérie (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2006, *op. cit.*).

Déconnexion entre composants structurels



Utilisation d'assemblages souples (par tenon et mortaise, encastrement, cheville et/ou sécurisés avec des cales) garantissant un mouvement des éléments avant leur rupture.

Référence : Chine, Japon (SHIPING, 1991 *op. cit.*) ; Indonésie, régions de Nias, Aceh, Sumatera Utara (analyses de terrain 2010).

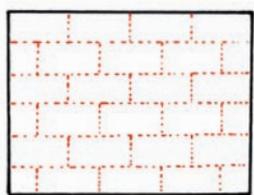
PAR ÉLÉMENT FUSIBLE

Principe : création et multiplication de points ou composants structurellement faibles consentant une dégradation progressive non fragile ;

Rôle : relaxation des contraintes par une augmentation du frottement interne et une déformation plastique limitant le risque d'une rupture déterminée par l'accumulation des efforts et favorisant l'absorption d'une quantité importante d'énergie (ZACEK, 1996).

• Fragilité localisée

L'utilisation d'un mortier de type fragile constituant des points faibles répartis de manière homogène dans la structure favorisant²⁵⁶ :



- une répartition des contraintes par une fissuration incrémentale et progressive ainsi qu'une déformation depuis le début des secousses et sous des sollicitations relativement réduites²⁵⁷ (LANGENBACH, 2000 *op. cit.*) ;

- la production de glissements à l'interface entre les parties de la construction (p.e. entre cadre et panneaux de remplissage, entre unités maçonnées), réduisant l'incompatibilité entre éléments flexibles et rigides ainsi que favorisant une amortissement élevé pendant plusieurs cycles, avant que la dégradation structurelle n'atteigne un niveau important de destruction (GÜLKAN, LANGENBACH, 2004, *op. cit.*).

• Subdivision interne

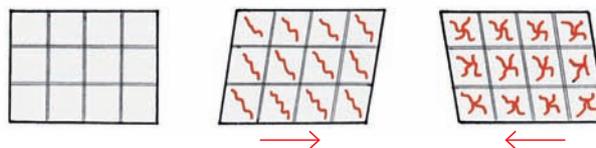
La répartition de la structure en des sections de taille relativement réduite, par l'introduction d'éléments horizontaux dans une maçonnerie²⁵⁸ ou la division de panneaux de remplissage entre des cadres d'ossature, contribue à limiter la création et propagation de fissures verticales et diagonales, ainsi qu'à délimiter des portions endommagées en réduisant un potentiel effondrement total

²⁵⁶ Un fonctionnement similaire caractérise également certains types de remplissage (p.e. en vrac).

²⁵⁷ "The behavior of these buildings relies on a disorganized combination of materials being stressed in tension, compression, shear and bending all at once. If the earthquake forces were to become focused on one element in this interlocking puzzle, that element would be shattered. However, because of the role of the soft mortar and the internal damping it provides, this does not happen" (LANGENBACH, 2000, *op. cit.*, p. 14)

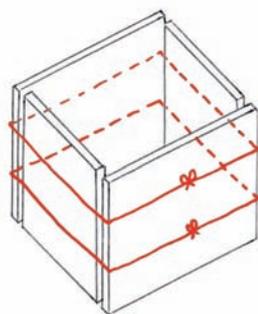
²⁵⁸ Un principe analogue est identifiable dans une technique caractérisant certaines architectures vernaculaires du nord du Sultanat d'Oman, seule zone relativement sismique du pays (QAMARUDDIN, AL-HARTHY, 2000). Dans une structure en maçonnerie (pierres ou briques en terre crue), une répartition en couches horizontales est effectuée tous les 40cm par une strate de mortier de chaux ; division qui, en cas d'endommagement d'une partie du mur, limite la propagation de dégâts aux couches adjacentes (WALLS, 2004). Son rôle effectif en relation à des sollicitations sismiques reste cependant à vérifier.

(HUGHES, 2000)²⁵⁹. En outre, la multiplication des plans de glissements internes et du frottement entre les composants de la structure permet la dissipation d'une quantité plus importante d'énergie que dans une masse continue²⁶⁰.



10.4.4.2. LIAISON STRUCTURELLE

CONFINEMENT



- Principe : laçage d'éléments en maçonnerie par une structure à ossature et/ou par des insertions horizontales et/ou verticales en bois intégrées dans sa masse²⁶¹ ;
- Rôle : chaînage de l'ensemble de la construction (p.e. insertions horizontales dans une structure en maçonnerie) ou de portions structurelles (p.e. panneaux de remplissage), apportant ductilité et favorisant une résistance envers des mouvements verticaux du sol ainsi qu'assurant une stabilité des parties en dessus d'une portion endommagée
- Références : Turquie (AYTUN, 1981, *op. cit.*) ; Inde, État du Jammu et Cachemire (LANGENBACH, 2002, *op. cit.*)

DISPOSITIFS D'ANCRAGE



- Principe : connexions entre unités ou parties d'une structure en maçonnerie par système de crochets, rangées irrégulières et/ou pièces en agrafes ;
- Rôle : augmentation de la friction entre les éléments sans perte de cohésion et amélioration de la capacité de résistance à des sollicitations en hors plan ;
- Référence : Pérou, Macchu Pichu (SCHACHER, 2005, *op. cit.*) ; Egypte (NIKER, 2010 *op. cit.*) ; Italie (DECANINI, DE SORTIS, GORETTI, et al., 2004, *op. cit.*).

SOLIDARISATION SOUPLE



- Principe : clés verticales et/ou horizontales connectant deux faces d'un mur et/ou des murs perpendiculaires
- Rôle : solidarisation de parties et/ou de l'ensemble structurel envers des déplacements dans le plan et en hors plan ;
- Référence : Afghanistan, région du Nuristan (EDELBERG, 1984) ; Inde, Etats de l'Uttarkhand et Himachal Pradesh (RAUTELA, JOSHI, SINGH, et al., 2008, *op. cit.*).

Fig.144: Principes de réduction de la vulnérabilité envers les séismes

259 Schéma adapté de SCHACHER, *Basic Training on Dhajji construction*, 2006.

260 Un exemple de ce principe est la technique du *dhajji dewari* (Cachemire) basée sur une structure en ossature subdivisée en une multiplicité de panneaux de taille réduite remplis par une maçonnerie de pierres avec un mortier de terre. Ce type de structure a montré une capacité particulièrement élevée à faire face aux phénomènes sismiques, grâce à l'amortissement par friction interne qui "may be in the order of twenty percent, compared to four percent in uncracked modern masonry (brick with Portland cement mortar) and six to seven percent after the masonry has cracked", en raison du fait que "there are many more planes of cracking in the Dhajji-Dewari compared to the modern masonry" (Arya dans LANGENBACH, 1989, *op. cit.*, p. 10).

261 Schéma adapté de SCHACHER, Tom. *Bhatar construction. Timber reinforced masonry. An introduction to Apprenticeship center practical training*, 2007.

11. CONSTATS, PRATIQUES ET PERSPECTIVES, POUR UNE RÉGÉNÉRATION DES SAVOIRS

*“Since knowledge is power, “power to people” also implies widening and deepening the knowledge base, and all, in “breaking the monopoly of knowledge” and ownership of knowledge as knowledge is power. This in turn means change in the concept of scientific knowledge and what it consists of”*²⁶²

Dans un monde en devenir, où les prérogatives et les ressources de hier ne correspondent souvent plus aux exigences actuelles, et peut-être encore moins à celles futures, où l’influence de facteurs et acteurs exogènes devient de plus en plus marquée et inévitable en imposant des modèles sociaux, économiques, techniques, parfois même culturels, qui conditionnent et bouleversent dans l’espace de quelques décennies les modes d’habiter et de construire, le déclin du vernaculaire en tant que processus de construction de savoirs et savoir-faire fortement contextualisés paraît, à un premier abord, inéluctable. Néanmoins, le questionnement des aspects permettant à cette dynamique de persister, et à son tour d’évoluer, laisse entrevoir des formes et modalités nouvelles se caractérisant par une pluralité d’acteurs et de modes de construction de nouveaux savoirs à partir d’une synergie de connaissances, compétences et expériences.

Dans les parties suivantes, je dresse tout d’abord un constat des conditions et limites actuelles, en explorant ensuite des pistes pour que la construction de savoirs et milieux construits puisse continuer à bénéficier de l’ingéniosité intrinsèque aux cultures et architectures vernaculaires, tout en profitant des nouvelles connaissances scientifiques et outils technologiques.

11.1. LE VERNACULAIRE PARASINISTRE : ENTRE ÉVOLUTION DES PRATIQUES ET DÉGÉNÉRESCENCE DES CULTURES

Dans des contextes exposés à des aléas naturels récurrents, les cultures constructives intègrent souvent des dispositions pratiques et/ou techniques faisant partie d’une conscience collective du risque, adaptée et évoluée en relation aux spécificités contextuelles. Ces stratégies se rapportent aussi bien à une dimension constructive que cognitive et comportementale, impliquant une transdisciplinarité de domaines et une multiplicité de niveaux qui leur confèrent le caractère d’une vraie et propre « culture constructive du risque ».

En tant que matérialisation de cette culture, les architectures vernaculaires de ces régions témoignent de dispositifs très efficaces, développés par les bâtisseurs anciens et contemporains. Ces dispositions démontrent une maîtrise et une connaissance approfondies des spécificités propres aux aléas locaux, du comportement structurel des constructions, des propriétés des matériaux mis en œuvre ainsi qu’une capacité de conception allant du plus petit détail jusqu’à l’échelle du territoire. Que ce soit pour des choix explicites ou en conséquence des contraintes que le milieu de vie impose, nombreuses communautés ont adopté vis-à-vis des risques locaux une approche préventive privilégiant une capacité de « rebondissement », plutôt qu’une recherche de sûreté maximale. Nombreux des exemples analysés présentent en effet des dispositions qui, envers différents types d’aléas, visent avant tout à éviter une rupture soudaine et brutale de la construction, à en favoriser une réparation rapide, une réutilisation des matériaux ou encore une sauvegarde de ses parties les plus importantes²⁶³ ; opposant donc une logique de « résilience » à celle de « résistance ».

262 JIGYASU, Rohit, 2002. *Reducing Disaster Vulnerability through Local Knowledge and Capacity. The Case of Earthquake prone Rural Communities in India and Nepal*. PhD Thesis. Trondheim : Norwegian University of Science and Technology. 2002. p. 323.

263 La logique présente dans de nombreuses architectures vernaculaires trouve une correspondance dans certains principes du génie parasinistre, et en particulier parasismique, préconisant la protection des vies humaines par un possible

Démarche qui se heurte à la notion d'une construction « de plus en plus solide » souvent promue dans la pratique normative et opérationnelle actuelle et qui, paradoxalement, génère dans plusieurs cas des nouveaux facteurs et conditions de vulnérabilité²⁶⁴.



Fig.145: Bangladesh, différentes stratégies de protection envers les phénomènes cycloniques : résistance du bâti (gauche), résilience du milieu (droite)

PRATIQUES EN SUSPENS ENTRE PASSÉ ET FUTUR

Les pratiques constructives sont sujettes à une évolution continue qui a parfois lieu dans des laps de temps particulièrement courts, sous l'influence de l'apparition de nouveaux matériaux, la diffusion de nouveaux modèles socio-économiques, l'adoption de nouvelles références culturelles, l'émergence de nouvelles priorités ainsi que l'introduction de nouvelles technologies²⁶⁵. Au cours de ce processus, la modification des formes et solutions constructives « anciennes » n'implique pas forcément une réduction effective de la vulnérabilité ; au contraire, ces changements contribuent souvent à augmenter les pertes potentielles en termes de coûts matériels et de vies humaines (NORTON, CHANTRY, 2002).

La vulnérabilité des constructions basées sur des techniques anciennes résulte inversement proportionnelle au développement d'une culture du risque ainsi que de dispositifs constructifs et pratiques affinés et assimilés par une communauté, en relation aux spécificités du lieu qu'elle habite. En revanche, la vulnérabilité des structures se basant sur des technologies plus récentes dépend essentiellement de l'habileté de leurs constructeurs à élaborer et mettre en œuvre des solutions conformément aux contraintes qui leur sont spécifiques. Les technologies associées à certains nouveaux matériaux nécessitent le respect et l'exécution de règles spécifiques pour garantir un comportement adéquat sous l'action des aléas. Elles impliquent d'autres savoir-faire que ceux traditionnellement utilisés, des connaissances difficilement déductibles d'une expérimentation empirique et qu'il est rarement possible de puiser dans l'expérience consolidée des maîtres constructeurs. Des connaissances dont l'accès est directement dépendant de sources d'information bien particulières (documentation, centre de formation, etc.) souvent hors de portée pour une grande partie des bâtisseurs²⁶⁶. Aux aspects techniques²⁶⁷ s'ajoutent les facteurs « technologiques »,

endommagement, l'anticipation des modes de rupture, et l'élaboration de solutions techniques fondées sur des « critères économiquement justifiés et techniquement cohérents » (GRÜNTHAL, 2001, p. 3, *op. cit.*).

264 À cet égard, on peut citer le cas d'Haïti, où la récurrence des phénomènes cycloniques a contribué à orienter la pratique architecturale vers une construction « solide », privilégiant une maçonnerie en blocs de ciment et des structures en béton armé. Lors du séisme de 2010, ces structures se sont révélées particulièrement meurtrières, au contraire des constructions vernaculaires en ossature bois, plus susceptibles de subir des dégâts mineurs mais dont l'écroulement a exposé les occupants à une mise en danger moindre (analyses de terrain 2011-2013).

265 Les interventions de reconstruction en situation de post-catastrophe ont un impact considérable sur ce processus, déterminant parfois un changement rapide et massif du paysage construit ainsi qu'une dégénérescence des pratiques constructives.

266 « Yet these people who are truly in charge of building [...], the contractors, the masons, the private builders, they don't know about earthquake resistant building techniques. They can't know, because current knowledge is written down in the difficult language of engineers » (SCHACHER, unpublished, p. 3).

267 Le respect des règles n'est pas déterminé uniquement par leur connaissance : l'insuffisance des moyens financiers peut conduire à économiser sur la main d'œuvre et la qualité des matériaux, auxquels s'ajoute la négligence ou, parfois, l'impossibilité d'assurer une mise en œuvre appropriée (p.e. cure du béton).

relatifs à la conception d'une construction ainsi qu'au processus de sa réalisation²⁶⁸. L'introduction de nouveaux procédés et la combinaison de différents matériaux, sans une conséquente harmonisation structurelle, constructive et cognitive, peuvent en effet conduire à un affaiblissement de l'intégrité du bâti et à une modification de son comportement sous des sollicitations induites par des aléas naturels (BOEN, PRIBADI, 2009, *op. cit.*).

Parallèlement, l'abandon des technologies anciennes détermine une perte ou une dégénération des savoir-faire qu'y étaient associés. Même lors du recours à des matériaux disponibles localement et auparavant couramment employés, les constructions se révèlent souvent autant vulnérables à cause d'une disparition des connaissances constructives ou d'un manque de main d'œuvre qualifiée²⁶⁹ (BOEN, JIGYASU, 2005, *op. cit.*).

L'environnement construit contemporain se compose de fait de bâtiments réalisés par des habitants et/ou des artisans en grande partie dépourvus de toute connaissance au regard de principes, actuels mais souvent aussi anciens, de construction parasismique et/ou des moyens pour les appliquer (DIXIT, PRADHANANG, GURAGAIN, et al., 2002, *op. cit.*) ; ce qui détermine une détérioration progressive de la qualité du bâti, résultant en une fragilité accrue lors de l'impact, même relativement faible, d'un aléa (BOEN, PRIBADI, 2009, *op. cit.*). La vulnérabilité des constructions basées sur les pratiques récentes est donc inversement proportionnelle à la capacité à conserver et faire évoluer le savoir constructif des anciens ainsi qu'à accéder aux connaissances techniques développées récemment.



Fig.146: Haïti, architecture sans architecte et ingénieurs :
a) Port-au-Prince, quartier Jalousie ; b) Jacmel, localité de Cap Rouge



268 Nombreux bâtiments ne sont pas achevés en une seule fois, mais par phases progressives, en adaptation temporelle et spatiale avec les disponibilités et nécessités de leurs occupants. Souvent, les modifications et nouvelles extensions s'effectuent de manière incohérente avec l'existant (ajout d'étages, connexions inadéquates entre la partie nouvelle et existante, etc.) et des éléments structurellement importants (p.e. les fers d'armature) sont laissés exposés à une détérioration, compromettant la stabilité et la durabilité d'une construction bien avant son achèvement. Cette pratique est toutefois peu répandue en relation à la construction basée sur des pratiques anciennes, où chaque étape constitue un ensemble fini, au moins temporairement, laissant rarement des parties exposées à une possible dégradation.

269 À titre d'exemple, on peut citer un programme de réhabilitation de bâtiments historiques entrepris par une municipalité turque selon une démarche de réutilisation des pratiques vernaculaires parasismiques. Le manque de connaissances « vivantes » et de main d'œuvre compétente au regard des techniques localement existantes a engendré la mise en œuvre de solutions constructives et/ou de matériaux (p.e. mortier en ciment) pouvant compromettre la logique de fonctionnement propre à la structure originaires (source : analyses de terrain, 2012).

CADRE BÂTI ET PRÉCONISATIONS OFFICIELLES : DES RÉALITÉS DIFFÉRÉES

Bien que testés par le temps et par l'impact de multiples aléas, la validité des dispositions parasinistres vernaculaires est souvent marginalement admise par les institutions officielles et par la communauté scientifique internationale²⁷⁰. À cause d'un manque de reconnaissance à l'égard des spécificités et potentialités propres à ces pratiques, le recours à des technologies scientifiquement reconnues, mais demandant un degré de qualification élevé, est généralement privilégié en dépit de solutions simples, mais efficaces, pouvant découler des exemples vernaculaires.

Dans un grand nombre de cas, les connaissances du génie parasinistre officiel ont toutefois un impact très limité sur la réalité construite : leur principaux détenteurs (ingénieurs, architectes, etc.) ne sont pas impliqués dans le processus de conception et réalisation de la plupart des bâtiments composant l'environnement construit, et les principes qu'il préconise n'atteignent que très rarement leurs « vrais » bâtisseurs²⁷¹ (entrepreneurs, artisans, autoconstructeurs, etc.).

En même temps, les dispositifs parasinistres inhérents aux pratiques vernaculaires sont souvent ignorés par les praticiens, les chercheurs et les décideurs en raison d'un manque de preuves scientifiques et de la difficulté à en obtenir (LANGENBACH, 2009, *op. cit.*) ; contrainte qui découle également d'un intérêt limité²⁷² porté par les centres de recherche et d'enseignement à la compréhension et diffusion de ces savoirs²⁷³.

Quand appliqué, le cadre normatif se révèle, en outre, considérablement limitant et ambiguë : d'une part en restreignant les options applicables et susceptibles de bénéficier d'un support technique et/ou financier, tant au niveau public que privé ; d'autre part ne proposant souvent que des solutions non accessibles ou non réalistes par rapport à la situation effective des populations et constructeurs, négligeant de fait les facteurs « locaux » et sociaux. En particulier dans le cas du bâti historique non-monumental, la conformité aux codes de construction parfois impose des interventions et admet des modifications dont la légitimité au regard d'une cohérence constructive, structurelle et historique se révèle pour le moins questionnable²⁷⁴, voire contradictoire, déterminant dans certains cas même une augmentation de la vulnérabilité effective de l'ouvrage (FERRIGNI, HELLY, MAURO, et al., 2005, *op. cit.*).

De fait, en dépit des nombreuses lignes guides et recommandations concernant la conception parasinistre des constructions sans architectes/ingénieurs en différents pays, un grand écart existe entre les principes préconisés par les disciplines scientifiques et les instances officielles, et la réalité et pratique effectives de la construction courante.

270 Et cela bien que des programmes (p.e. LINKS-Local and Indigenous Systems promu par l'UNESCO) et des organismes (p.e. CIAV-International Committee of Vernacular Architecture, ICOMOS-International Council of Monuments and Sites) à statut international, spécifiquement focalisés sur l'architecture vernaculaire et le patrimoine historique, existent depuis plusieurs dizaines d'années.

271 *"The engineers follow what they learned in their professional education/training. Most of them are direct import from developed countries and do not reflect conditions of construction site of developing countries. The workers conduct construction works as they learn from their experience of construction works or advice from master builders or senior colleagues, who have little opportunity to learn engineering [...].The owners and customers of [non-engineered] houses are mostly low income people. They can not afford to pay for technical services by professional experts like structure engineers, architects, or examiners. Therefore experts have rarely opportunities to get to know actual situation of non-engineered constructions"* (NARAFU, IMAI, MATSUZAKI, et al., 2008, p. 2-3).

272 *"Most of the engineers think non-engineered houses are out of their responsibility. Some say "engineers do not have knowledge on non-engineered structures because there is no engineering knowledge on those structures as their name 'non-engineered' shows"* (Ibid., p. 1).

273 On peut citer le cas du Bangladesh où, selon des récentes estimations, environ 81% des bâtiments est réalisé sans l'appui d'un architecte et/ou d'un ingénieur mais seulement 1% de la recherche effectuée dans les universités du pays porte sur la construction en milieu rural où la majorité de ces architectures se situent (ISLAM, 2013, *op. cit.*).

274 Ces codes n'incluent souvent pas des éléments spécifiques au bâti ancien et à sa réhabilitation et/ou consolidation, mais ils peuvent exiger que les constructions historiques répondent aux mêmes critères que celles récentes allant jusqu'à dénaturer la nature de l'ouvrage et sa valeur patrimoniale, en imposant par exemple le remplacement d'une structure ancienne avec une nouvelle, *"supporting heritage components as non-structural elements, rather than making the use of the existing materials by tying them together to make the system perform effectively"* (CARDONA, 2005, p. 104).

11.2. PISTES DE RECHERCHE (ET) ACTION POUR UN CHANGEMENT DE PARADIGME

L'investigation et la catégorisation des pratiques parasinistres corrélées aux architectures vernaculaires dérivent de l'adoption d'une approche systémique qui, par une démarche de documentation et analyse, permet de faire ressortir les multiples caractères et matérialisations intrinsèques aux cultures du risque rapportées au domaine de la construction. Par ce travail, d'autres considérations émergent au regard des évolutions et limites des pratiques et recherches actuelles. La réflexion qui en découle vise à contribuer au franchissement des barrières physiques et disciplinaires constatées ainsi qu'à bénéficier de l'apport réciproque latent inhérent au niveau de la pratique ordinaire, de la recherche et de l'action.

Les parties qui suivent présentent des pistes de travail qui supportent une reconnaissance et régénération des pratiques constructives- et parasinistres- vernaculaires en relation à deux aspects : leur substance (le « contenu »), par la proposition d'un outil qui permette une plus ample diffusion des informations entre chercheurs, praticiens et constructeurs ; les modes d'interaction et de construction des savoirs (le « processus »), par un questionnement des types et potentialités des interrelations pouvant subsister entre ces différents acteurs.

RÉPERTOIRIER LES CULTURES CONSTRUCTIVES PARASINISTRES : POUR UNE DIFFUSION DES CONNAISSANCES

Le concept d'une base de données rassemblant les résultats de recherches et analyses de terrain n'est pas nouveau. Sous forme imprimée ou plus récemment informatique, des outils de référence ont été développés depuis quelques dizaines d'année par des instituts et centres de recherche en réponse aux constats et besoins exprimés aussi bien dans le milieu opérationnel que scientifique (TOULIATOS, 1996, *op. cit.* ; FERRIGNI, HELLY, MAURO, et al., 2005, *op. cit.*). Certains de ces supports adoptent une approche particulièrement vaste, englobant une grande variété de domaines liés aux pratiques et connaissances vernaculaires²⁷⁵, tandis que d'autres restreignent le champ aux artefacts construits en les rapportant à une dimension géographique, culturelle et/ou matérielle²⁷⁶. Parmi ces derniers, certains se réfèrent spécifiquement à la problématique des risques naturels, en proposant des bases de données à échelle locale²⁷⁷, nationale et transnationale²⁷⁸, voire mondiale²⁷⁹, relatives toutefois essentiellement à des phénomènes de type sismique et avec des références variables à un niveau opérationnel. Cependant aucune, parmi les sources et les plateformes consultées²⁸⁰ considère de manière systémique et systématique les cultures constructives du risque.

275 La « Traditional Knowledge World Bank », plateforme web développée par le centre de recherche sur les connaissances traditionnelles et locales IPOGEA (Italie) en collaboration avec l'UNESCO, employant un système iconographique particulier (System of Traditional Techniques and Innovative use - SITTI) pour enregistrer et identifier les techniques traditionnelles relatives à plusieurs domaines (p. e. : agriculture, gestion de l'eau, etc.) (source : <http://www.tkwb.org>).

276 En format imprimé, on peut citer l'*Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World* de Paul Oliver (1997) ainsi que la cartographie qui lui a succédé (VELLINGA, OLIVER, BRIDGE, 2007) et, en format numérique, les fiches thématiques du projet MedaCorpus présentant les typologies architecturales et constructives de plusieurs pays entourant la Méditerranée (source : <http://www.meda-corpus.net>). Dans les deux cas la relation avec les risques naturels n'est pas approfondie.

277 Telle que la constitution d'une base de données des particularités constructives rapportables à une culture sismique locale pour la zone de la Garfagnana et Lunigiana (Italie) en vue de l'identification de modalités d'intervention appropriées pour une réhabilitation du bâti existant (PIEROTTI, ULIVIERI, 2001, *op. cit.*).

278 À titre d'exemple : le programme d'Atlas des Cultures Sismiques Locales conduit par le Centre Universitario Europeo per i Beni Culturali (Italie) proposant des études de cas dans la région du bassin méditerranéen et des activités promouvant une réduction de la vulnérabilité du bâti historique par le renouvellement des cultures sismiques locales (FERRIGNI, HELLY, RIDEAUD, 1993).

279 Promue par l'Earthquake Engineering Research Institute et l'International Association for Earthquake Engineering, la « World Housing Encyclopedia » est une plateforme web réunissant des ressources documentaires relatives à la construction en zone sismique et des rapports au regard de différents exemples de constructions, vernaculaires et non, avec une focalisation sur les aspects techniques (source : <http://www.world-housing.net>).

280 En outre, j'ai également consulté des plateformes relatives à des initiatives de réduction de la vulnérabilité référées tant à des pratiques vernaculaires qu'initiées par des organismes opérationnels et de recherche (p.e. Disaster Reduction Hyperbase, NIKER-New Integrated Knowledge based approaches to the protection of cultural heritage from Earthquake-induced Risk).

Dans une mise en perspective du travail présenté dans les précédents chapitres, j'illustre ici une proposition pour la constitution d'un « atlas » des pratiques vernaculaires de réduction de la vulnérabilité du bâti²⁸¹. La connotation cartographique induite par le terme « atlas » se réfère expressément à une dimension géographique ; toutefois plus qu'un ensemble de cartes, cet atlas vise à constituer une base dynamique de données relatives aux dispositions techniques et comportementales permettant de prévenir et/ou réduire l'impact des aléas naturels sur l'environnement et les artefacts construits.

Ce recueil se veut une source d'inspiration et d'information fournissant des éléments de référence pour élaborer des propositions techniques, opérationnelles et normatives respectant le bâti existant et les spécificités contextuelles, ainsi que pour favoriser une reconnaissance scientifique et institutionnelle des « intelligences » parasinistres corrélées aux architectures vernaculaires. L'objectif de ce catalogue est triple : apporter des informations relatives à des endroits précis pour des interventions et/ou des activités spécifiques à une région ; fournir des bases pour le développement de recherches ultérieures, portant sur des niveaux géographiquement localisés que sur des thématiques transversales (p.e. en relation à une typologie constructive) ; offrir une documentation et des supports de sensibilisation et diffusion. De par ce fait, il s'adresse à un large public, comprenant aussi bien des spécialistes, chercheurs, techniciens et opérateurs de terrain, que des responsables en charge des prises de décision au niveau politique, économique et opératif (autorités, cadres, bailleurs de fonds, etc.).

Cet atlas recueille de manière structurée et géoréférencée des informations au regard de systèmes, dispositifs et pratiques vernaculaires relatives à des régions et types d'aléas naturels différents, intégrant donc aussi bien des aspects de type technique - temporaire et permanent - que comportemental. Pour ce faire, la littérature existante et les analyses effectuées dans le cadre de projets situés, d'évaluations post-catastrophe et d'initiatives de réhabilitation et préservation du patrimoine constituent des sources primaires, permettant l'acquisition d'informations ainsi que le développement d'une expertise particulière aux milieux vernaculaires et à leur résilience.

En relation aux différentes typologies constructives et cas traités, des supports de sensibilisation (publications, affiches, expositions, etc.), formation (manuels, outils pédagogiques, etc.) et démonstration (expérimentation, vidéos, etc.) ainsi que des documents techniques pourraient être développés promouvant les « bonnes pratiques » vernaculaires et les résultats des recherches scientifiques, mais également offrant des informations concrètes pour leur réutilisation et application.

Le caractère dynamique proposé pour ce recueil se rapporte tant au niveau de son contenu que de son fonctionnement ; je me réfère en particulier à un format de type plateforme web interactive, à laquelle s'associent des publications thématiques, permettant l'accès à un large public à échelle internationale. Ce format permet d'enrichir de manière évolutive la base de données, par l'ajout de nouveaux cas d'étude et des approfondissements de ceux existants, ainsi que de mettre en évidence des éventuelles analogies entre les exemples traités.

En suggérant des pistes pour contrebalancer les limites des outils actuels²⁸², cette proposition n'implique cependant pas forcément la création d'une nouvelle plateforme, mais envisage un développement progressif se situant dans une démarche de complémentarité, tant des contenus que des formats proposés, avec les supports existants.

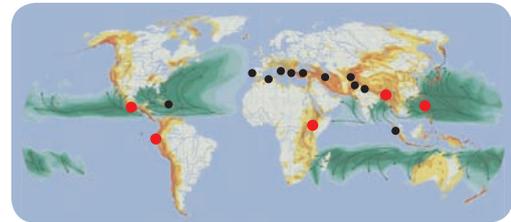
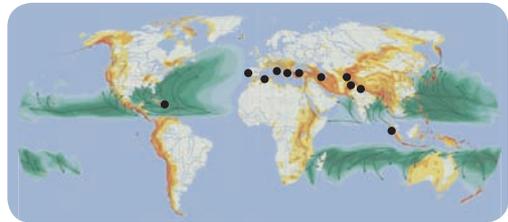
281 Cette proposition se relie au projet scientifique « Atlas des cultures locales du risque », conduit en relation à la thématique « Gestion des risques et reconstruction » auprès du laboratoire CRATERRE-ENSAG pendant la période 2011-2014, et visant à « documenter et analyser l'histoire des cultures locales du risque dans les régions exposées aux aléas de catastrophes naturelles (séismes, inondations, cyclones) » (GUILLAUD, ROLLET, 2009, p. 24).

282 Parmi lesquelles : la focalisation sur un seul type d'aléa ou une échelle très localisée, l'amalgame entre techniques vernaculaires et récentes, une présentation et organisation ne favorisant pas une compréhension ni une accessibilité claire aux informations, la prise en considération d'aspects uniquement techniques.

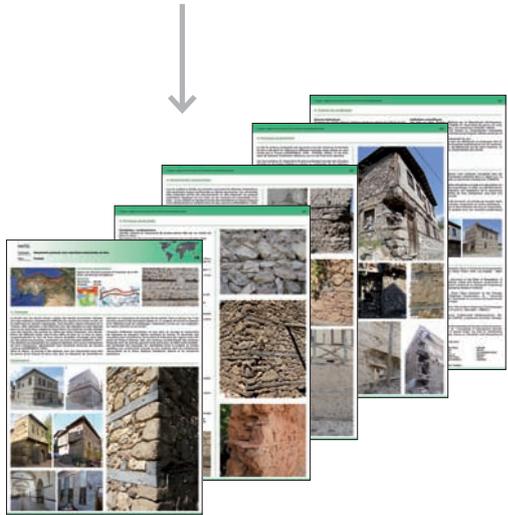
Outre à fournir des éléments descriptifs au regard de techniques et pratiques vernaculaires, cet outils de récolte et diffusion d'informations constitue une source d'identification de zones géographiques, solutions constructives et questions encore à explorer, favorisant ainsi le développement de recherches ciblées, comblant les lacunes existantes mais également adoptant des nouvelles approches d'investigation et de pratique²⁸³.

Le travail présenté, en relation à une classification typologique et à l'approfondissement de cas particuliers (fiches d'approfondissement), pourrait de fait constituer une première étape pour la constitution de cet ensemble (Fig. 147).

APPROFONDISSEMENTS EFFECTUÉS DANS CETTE RECHERCHE



IDENTIFICATION / APPROFONDISSEMENT DE NOUVEAUX CAS



APPROFONDISSEMENT DES ASPECTS TECHNIQUES ET PARASINISTRES



DÉVELOPPEMENT D'OUTILS DE COMMUNICATION

Fig.147: Possibilités d'évolution des supports élaborés dans le cadre de cette recherche

283 À titre d'exemple :

- des recherches par typologie constructive à échelle transnationale ;
- des analyses des possibles corrélations entre les caractéristiques structurelles des constructions vernaculaires de régions présentant des analogies d'un point de vue constructif et/ou des caractéristiques phénomènes naturels ;
- la synthèse d'informations dérivant de différentes évaluations post-catastrophe ainsi que la mise au point d'outils spécifiques à ce type d'analyse axés sur le bâti et les pratiques vernaculaires.

TISSER DES LIENS ENTRE PRATIQUE, RECHERCHE ET ACTION : POUR UNE SYNERGIE DE SAVOIRS

La compréhension des particularités constructives et parasinistres du bâti vernaculaire, l'investigation des facteurs réduisant sa vulnérabilité sous l'action des aléas et l'élaboration de propositions techniques pour en améliorer le comportement et durabilité, constituent des contributions essentielles à la pratique architecturale et constructive contemporaine et future.

À l'heure actuelle, la diffusion d'un nombre considérable de recherches reste cependant confinée à la communauté scientifique ou, quand les résultats de ces études atteignent le terrain, ils se révèlent souvent en décalage avec les conditions et possibilités (techniques, financières, matérielles, etc.) qu'y existent. D'autre part, nombreux organismes travaillant dans le domaine de l'habitat ont plutôt tendance à reproduire des technologies scientifiquement et/ou institutionnellement validées (mais pas forcément contextuellement appropriées) qu'à proposer des pistes d'amélioration et de réutilisation des modes de construction courants dans le contexte d'intervention.

En relation à ces dynamiques, une structuration des acteurs impliqués dans le secteur de la construction peut être effectuée en relation à trois niveaux distincts, se rapportant aux rôles spécifiques que ceux-ci assument :

- niveau de la « pratique » : comprenant les groupes et individus qui constituent les bâtisseurs effectifs de l'environnement et des artefacts construits (habitants, artisans, entrepreneurs, producteurs de matériaux, etc.) ;
- niveau de l' « action » : incluant les professionnels et les décideurs qui, de par leur présence et activité sur le terrain, présentent un potentiel d'influence sur les pratiques courantes (p.e. techniciens, instances et collectivités, organisations locales, nationales et internationales, etc.) ;
- niveau de la « recherche » : se rapportant aux milieux académiques mais également aux institutions et chercheurs indépendants qui, par des recherches fondamentales et appliquées, développent des connaissances scientifiques et technologiques.

Pour que les objets et les résultats des travaux conduits dans les centres de recherches représentent des alternatives effectives et viables pouvant s'intégrer aux politiques et pratiques constructives courantes, une relation étroite entre la « recherche » et la « pratique » se révèle déterminante. Dans l'instauration et le maintien de cet échange, le niveau de l' « action » présente un potentiel substantiel pour favoriser une prise en compte des capacités et besoins effectifs, une vérification directe de la faisabilité des propositions ainsi que leur application et diffusion. Deux approches, se distinguant par la modalité d'interaction entre les niveaux et acteurs impliqués, me paraissent présenter un intérêt particulier envers l'établissement d'une synergie entre pratique, recherche et action²⁸⁴.

284 Les éléments présentés dérivent des expériences effectuées au cours de cette recherche se réfèrent aux deux projets dans lesquels j'ai été directement impliquée pendant ces trois ans: le projet de recherche RepairH visant à apporter un appui à des organismes opérationnels actifs dans la réhabilitation suivant le séisme de 2010 en Haïti, et un programme de préparation aux catastrophes au Bangladesh, auquel participent aussi bien des organismes opérationnels que de recherche.

D'une part, la mise en relation entre « recherche » (R) et « pratique » (P) peut s'opérer par l'intermédiaire du niveau de l'« action » (A) : l'interaction entre les deux premiers niveaux s'effectue de manière indirecte et/ou ponctuelle. Ces sont les acteurs opérationnels qui communiquent aux chercheurs les contraintes et potentialités du cadre contextuel, et qui transmettent aux constructeurs et habitants les résultats des recherches par des initiatives, des programmes et/ou des cadres réglementaires particuliers²⁸⁵ (Fig. 148a).

Cette approche se révèle efficace lors que la recherche se concentre sur des facteurs relativement hors contexte, dont les résultats présentent une flexibilité d'application à des conditions variées et sont donc réadaptables par les acteurs opérationnels en fonction de la situation d'intervention. La structure relationnelle qui en découle favorise la diffusion et la multiplication d'applications en relation à des situations contextuelles différentes (Fig. 148b) tout en admettant une certaine indépendance dans les modalités et priorités de travail des trois niveaux impliqués.

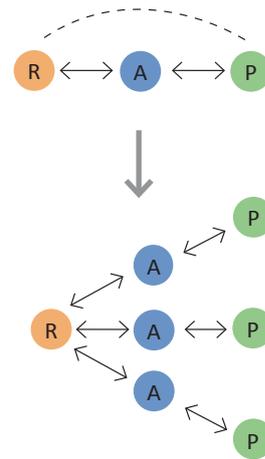


Fig.148: Approche par intermédiaire

D'autre part, les trois niveaux peuvent interagir de manière directe et continue par l'instauration d'une relation égalitaire entre chercheurs, opérateurs et populations locales (Fig. 149a). Les paramètres et le contenu de la recherche ainsi que les modalités d'application de ses résultats se déterminent sur la base d'un échange dialogique entre les différents acteurs et d'une prise de décision commune²⁸⁶. En ce faisant, les chercheurs sont directement confrontés aux conditions du contexte de référence et peuvent être impliqués dans la diffusion des connaissances découlant de la recherche scientifique (p.e. par des formations aux constructeurs).

Avec cette approche, la recherche se met véritablement « au service » des populations et des acteurs opérationnels, en s'adaptant au rythmes et priorités du terrain et intégrant des éléments spécifiquement locaux. Ce mode d'interaction donne lieu à une pluralité de propositions étroitement corrélées aux particularités de chaque contexte de travail (Fig. 149b) : pour chaque situation des propositions spécifiques sont élaborées à partir des savoirs et compétences de chaque acteur impliqué, favorisant une diversification des réponses et un partage des apprentissages découlant de chaque collaboration.

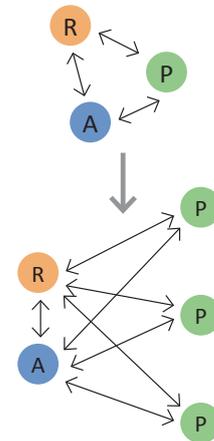


Fig.149: Approche par relation directe

Le rapprochement entre pratique, recherche et d'action ainsi qu'une synergie entre les différents acteurs (communautés locales, universités, organismes de terrain, mais également bailleurs de fond, autorités et collectivités, etc.) exercent une influence considérable sur les contenus des travaux entrepris par les milieux académiques, la pertinence des propositions effectuées par les organismes opérationnels comme sur leur accessibilité et appropriation par les constructeurs et habitants.

285 Cette approche est à la base du projet ReparH, qui inclut deux recherches en thèse (celle-ci et une autre développée auprès du laboratoire 3SR-UJF) qui, par le développement d'éléments particuliers (des outils méthodologiques et une étude technique), ont directement contribué au travail de plusieurs organisations, tant locales qu'internationales, conduisant des activités relatives à la construction (p.e. réparation et reconstruction post-séisme, construction nouvelle, amélioration du bâti existant, etc.) en différentes régions d'Haïti.

286 Le programme de préparation aux catastrophes, au Bangladesh, se base sur cette approche. Pour chaque zone de travail, la mise au point de propositions techniques s'effectue par un processus itératif de définition, discussion et validation, impliquant l'ensemble des acteurs concernés (populations locales, organisme opérationnel et laboratoire de recherche).

Cela contribue à enraciner tant les études scientifiques que les approches opérationnelles et politiques dans les conditions et dynamiques contextuelles. Ce qui favorise l'élaboration de propositions techniquement et scientifiquement validées en phase avec les capacités effectives ainsi qu'une prise en compte de l'ensemble des facteurs influençant l'habitat et la résilience, incluant donc aussi bien des aspects techniques et comportementaux qu'une reconsidération des limites et des niveaux de risque acceptables en accord aux pratiques et disponibilités locales. Et en même temps, cet échange favorise une diffusion de connaissances scientifiques et vernaculaires, permettant aux différents acteurs de directement bénéficier des résultats des recherches et des expériences conduites localement et dans d'autres contextes (Fig. 150).

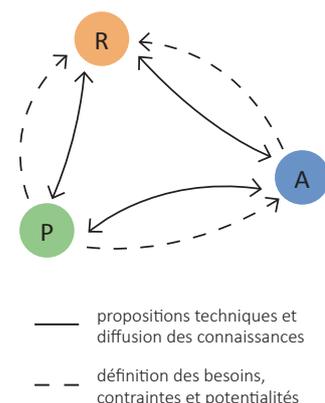


Fig.150: Échanges et influences

Ces interrelations présentent le potentiel de déclencher un processus d'ajustement, mutation, voire un renversement des priorités, des pratiques et des visions courantes. Un changement vers l'expérimentation et l'adoption d'approches de conception du bâti et des rapports entre les acteurs dans lesquelles les critères de qualité, de pertinence et sécurité, sont le résultat d'une réadaptation et prise en compte réciproque de facteurs aussi bien techniques que culturels, scientifiques qu'empiriques, d'efficacité et résistance que de faisabilité et résilience.

Dans une logique de (ré)génération des cultures constructives locales associées à une réduction de la vulnérabilité du bâti, la synergie entre pratique, recherche et action révèle donc une importance déterminante, en faisant ressortir le rôle de la dimension culturelle et comportementale, souvent négligée en faveur d'une approche purement technocratique.

CONCLUSION DE LA PARTIE 3

La présence de stratégies parasinistres intégrées à toutes les échelles de l'environnement bâti - du détail constructif à la morphologie du bâtiment, de l'habitation à la ville et à la gestion du territoire – et du milieu humain - de l'organisation sociale aux histoires mythologiques jusqu'à des politiques explicites - dévoile l'importance de la notion de réduction de la vulnérabilité dans le processus d'évolution de la culture et des pratiques constructives des populations habitant des régions exposées à des aléas naturels majeurs.

L'investigation conduite a porté sur l'analyse d'une multiplicité de cas, en vue d'approfondir la notion de « culture du risque » en association à la dimension vernaculaire du bâti. Cette exploration a visé à mettre en évidence la corrélation entre la dimension culturelle et constructive de cette prise en compte du facteur « risque ». L'approfondissement des différents niveaux que cette interrelation intègre, la considération des techniques mais également des pratiques liées à une résilience dans l'habitat, la définition d'un principe de classification des typologies constructives, apportent une perspective systémique complémentaire à la vision située des recherches développées à échelle locale et régionale.

Ainsi, ce travail contribue à la définition d'un cadre référentiel théorique par la proposition d'une approche situant les cultures constructives vernaculaires du risque en tant que systèmes complexes, articulés et interreliés au contexte physique et social qui les génère, et dont les composants se constituent rarement d'éléments fragmentés, dissociés, uniquement techniques ou structurels. Cette recherche participe à élargir l'appréhension de ce système et à saisir les particularités des ses différentes composantes. Toutefois, elle participe également à une prise de connaissance – et de conscience – du caractère et du potentiel parasinistre précieusement enclos par les architectures et les environnements bâtis vernaculaires ; ceci à travers une dissection et une mise en corrélation de leurs caractéristiques avec les principes du génie parasismique actuel et des constatations effectives pouvant être effectuées en relation aux événements du passé.

D'autre part, cette reconnaissance repose sur une appréhension des savoirs existants et sur leur alimentation persistante par la pratique des bâtisseurs ordinaires, par l'étude scientifique et par l'influence exercée par des institutions opérationnelles. À ces aspects se réfèrent les propositions effectuées dans les chapitres précédents : des pistes méthodologiques et pratiques pour favoriser une plus ample synergie de savoirs, constituant simultanément un tremplin pour davantage investiguer l'« intelligence » parasinistre vernaculaire et un socle solide sur lequel bâtir des actions et des propositions techniques apprenant du vernaculaire au même titre que de la science formelle.

CONCLUSIONS



Fig.151: Haïti, Laborde, milieu vernaculaire

“And in the end, the most valuable lessons may be found in something so obvious, simple, and low-tech that it has been easy to overlook. It is so easy in our time of powerful images and superficial cinematic effects to believe that the cultural value of indigenous national styles of architecture lies only in their visual image. However, it is not enough to preserve isolated examples of historic vernacular buildings solely as if they are animals in a petting zoo, or, worse, to paste cute details borrowed from such architectural traditions onto the facades of buildings constructed using non-traditional technologies.

There is more to the traditional buildings than their veneer. Understanding their structural characteristics is, in so many ways, like coming to know someone in person, not just from a reflection in a mirror.

In the final analysis, an understanding of premodern building technologies can provide an opportunity to step back for a moment to evaluate where we are now, based, not just from a narrow view from the commonly accepted standards of our time, but in comparison with all time. In so doing, we may be able to discern the loss along with the gain, and thus re-capture some of the quality of inventiveness that is manifest in the traditional buildings of so many national cultures. Only then, perhaps, will it be possible, once again, to create new buildings that reflect the identities of their local cultures, rather than add to the detached and ahistorical uniformity that so often characterizes the modern buildings that are now so often interchangeable the world over.”²⁸⁷

287 LANGENBACH Randolph, 2002. « Survivors in the Midst of Devastation. A Comparative Assessment of Traditional Timber and Masonry Construction in Seismic Areas ». In : *7th U.S. National Conference on Earthquake Engineering (7NCEE)*. Boston : Earthquake Engineering Research Institute, 21 juillet 2002. p.10.

DE LA PRATIQUE À LA RECHERCHE, VERS L'ACTION

La présente recherche a entamé une investigation du potentiel apport des cultures constructives vernaculaires en vue d'un renforcement de la résilience locale, par le domaine de l'habitat. Ceci, allant au-delà d'aspects purement techniques par l'adoption d'une approche s'élargissant à une prise en compte des pratiques - tant constructives que comportementales - développées par les populations habitant des régions géographiquement exposées à des aléas naturels.

Les propositions développées au regard d'une méthodologie pour une analyse spécifique des cultures constructives vernaculaires ainsi que pour dresser un atlas des pratiques vernaculaires parasinistres se rapportent directement aux trois niveaux qui revêtent un rôle direct et décisif dans la création d'un cadre bâti résilient. La théorie et la pratique s'entremêlent ici en tant qu'objet de cette recherche et en tant que cadre de son développement dans l'action. C'est précisément dans cet entremêlement que, à mon avis, résident des pistes pertinentes et innovantes pour concevoir, mettre en œuvre et gérer des initiatives de réduction de la vulnérabilité d'habitats et communautés.

Le rapprochement entre différents milieux et niveaux de recherche et d'action, la coopération entre acteurs hétérogènes et la synergie entre disciplines et cultures variées peuvent, dans ce sens, permettre de bénéficier de la complémentarité des savoirs et compétences spécifiques à chacun, donnant lieu à un processus cohérent d'enrichissement réciproque ; et ce à plusieurs échelles et de plusieurs manières.

D'une part, la prise en compte des spécificités des contextes dans les interventions d'agences d'aide permet aux populations de bâtir, entretenir, réparer et agrandir toute construction de manière durable et autonome, ainsi que de contribuer à la constitution d'un cadre institutionnel et de pratique favorisant le renforcement des capacités des individus, communautés et institutions à (se) préparer et gérer des crises futures.

D'autre part, l'établissement d'une collaboration étroite entre différents organismes et structures institutionnelles ouvre plusieurs perspectives dans lesquelles la recherche et la formation contribuent de manière directe aux actions des acteurs opérationnels et des populations locales. Ceci en encourageant l'étude de techniques et savoirs vernaculaires, leur intégration dans l'enseignement professionnel et universitaire, ainsi que leur utilisation pour l'élaboration de règles et de supports techniques pour le bâti existant et nouveau.

Par son lien avec des activités en cours sur le terrain, cette thèse s'est tout naturellement rapportée au questionnement des modalités et possibilités concrètes selon lesquelles ces échanges et coopérations pourraient avoir lieu. Les expériences particulières du projet ReparH et du programme de réduction des risques au Bangladesh ouvrent des voies sur lesquelles il est particulièrement intéressant de s'engager davantage. Elles suggèrent des modes de coopération transnationale et transdisciplinaire, s'éloignant des logiques de paternalisme et d'assistanat des « populations démunies », vers des approches où la pratique, la recherche et l'action se fusionnent, à part et titres égales.

Néanmoins, plusieurs questions se posent quant à l'implication des cultures constructives vernaculaires dans la pratique architecturale contemporaine.

Comment les particularités et le comportement du bâti vernaculaire peuvent-ils être saisis et revisités, même lorsque les techniques qui les caractérisent ne sont plus employées et dès lors que la transmission des savoirs corrélés n'est plus assurée entre générations ?

De quelles manières les connaissances parasinistres associées aux pratiques constructives empiriques peuvent-elles s'affirmer et être diffusées simultanément - et complémentaires - aux connaissances scientifiques ?

Et par ailleurs, quel rôle peut jouer la coopération internationale dans l'interaction entre les pratiques architecturales ordinaires et les savoirs vernaculaires parasinistres, afin que ces derniers puissent continuer à s'inscrire dans un processus de réduction de la vulnérabilité qui s'adapte au degré effectif de risque et - simultanément - aux différents enjeux contextuels ?

Vis-à-vis de ces questions, deux pistes me paraissent présenter un intérêt réel.

L'une, approfondie et expérimentée au cours de cette recherche, porte sur l'analyse en tant qu'instrument de compréhension et de fondement d'actions. L'autre, en partie amorcée dans certains chapitres de cette thèse, se rapporte à la communication comme instrument de construction et composant à part entière d'un projet. Ces deux pistes se détachent d'une focalisation étroite sur les spécifications techniques du produit construit, dont le développement demeure important, sans pour autant constituer le seul facteur de résilience et de pertinence.

Cette recherche apporte une contribution à la définition des fondements théoriques de la première piste ; il s'agit de poursuivre dans son développement en tant que démarche de projet, envers lequel les expériences conduites au cours de ces trois ans attestent d'une faisabilité et d'opportunités réelles.

Quant à la deuxième piste, cette recherche propose une réflexion critique au regard de la communication en tant qu'échange entre parties prenantes et mode de gestion - participation, implication, pouvoir d'action et de décision - dans le cadre d'activités d'organisations d'aide ; parallèlement elle esquisse des éléments de référence au regard de la communication en tant que moyen de constitution de compétences, diffusion de connaissances et renforcement de capacités. D'un point de vue théorique, cette piste reste encore à explorer ; cependant au niveau opérationnel, plusieurs expériences existent, indiquant un potentiel effectif d'apport à une amélioration des pratiques constructives et de résilience.

L'ANALYSE COMME POINT DE DÉPART

L'association de l'identification des particularités constructives du bâti vernaculaire à celle de son milieu naturel et humain devient indispensable si l'on veut saisir pleinement les spécificités des contextes sur lesquelles fonder des initiatives de réduction de la vulnérabilité.

La variété des solutions développées par différentes populations explicite la nécessité d'intégrer cette diversité dans la conception et la mise en place de propositions constructives et méthodologiques. Intégrée aux activités d'un programme depuis son début, l'analyse des cultures constructives locales fournit les informations essentielles pour proposer une gamme d'options adaptées aux divers caractères socioculturels, aux possibilités d'investissement ainsi qu'aux potentialités, contraintes et stratégies parasinistres présentes localement. D'autre part, cette phase peut également contribuer à renforcer les capacités des acteurs locaux et internationaux dans la gestion des crises future.

Comprendre les pratiques constructives et de résilience développées par les différents individus, communautés et sociétés et, en même temps, reconnaître les connaissances et l'expertise existantes peuvent de fait devenir un véritable point de départ pour renforcer la résilience, à des multiples niveaux et à long terme, tout en s'inscrivant dans une continuité culturelle, constructive et temporelle des pratiques et des approches.

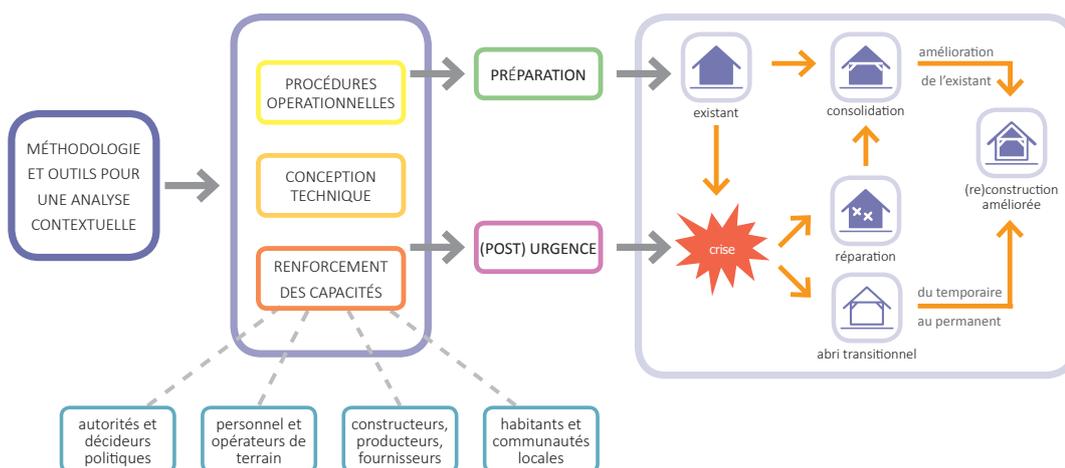


Fig.152: L'analyse comme point de départ

Les aspects culturels et comportementaux sont particulièrement importants à considérer lorsqu'on se réfère à des initiatives visant directement à un changement de pratiques. La prise en compte d'aspects purement techniques peut, par contre, s'avérer appropriée en vue d'une compréhension fine des dispositifs et typologies constructives ainsi que d'une étude détaillée des mécanismes régissant le comportement structurel du bâti sous l'action des aléas naturels. Cette investigation se révèle particulièrement pertinente lorsqu'elle associe plusieurs approches analytiques (p.e. essais dynamiques, modélisations numériques) à une observation directe des effets de ces phénomènes sur le milieu construit ; ceci pour identifier les facteurs susceptibles d'en augmenter ou réduire la vulnérabilité et pour saisir l'influence des variables typologiques.

Cette compréhension ouvre des pistes pour une application des techniques et systèmes vernaculaires en relation à une grande variété de situations, parmi lesquelles on relève la réhabilitation du patrimoine, la construction nouvelle, la reconstruction post-catastrophe et la consolidation préventive du bâti existant.

LA COMMUNICATION COMME TRAIT D'UNION

L'analyse ne suffit cependant pas en elle-même à favoriser la régénération des modes de bâtir les milieux et les projets. Si des nouvelles pistes ont été amorcées depuis déjà quelques temps (*contiguum* entre phases de projet, constitution d'une culture du risque, valorisation des connaissances indigènes, etc.), l'une d'entre elles mérite, à mon avis, une attention particulière. Il s'agit de la communication en tant que stratégie de projet, moyen de renforcement des compétences et de construction de capacités. Je me réfère ici au concept de communication dans son sens originaire de « mise en commun, échange de propos, action de faire part » ; un processus de partage réciproque, de dialogue et de construction commune du sens qui va donc bien au-delà d'un transfert de technologies et/ou de savoirs.

Dans le cadre de programmes de construction, la réalisation d'habitations est fréquemment couplée à des activités de formation. Toutefois, telles que généralement conduites, elles ne sont en soi souvent pas suffisantes pour que les améliorations et nouvelles propositions s'enracinent dans les pratiques courantes. Cette limite peut dériver d'une inadéquation des options considérées et/ou d'une focalisation sur des objectifs essentiellement quantitatifs, mais elle est également une conséquence de la faible importance accordée aux modes de transmission, aux caractéristiques des supports et à leur adaptation - en termes de contenu, langage et niveaux de technicité - aux différents publics auxquels ils s'adressent. Ces aspects assument en revanche une influence décisive sur la compréhensibilité et l'application future, en dehors du cadre d'un programme. En effet, s'il est nécessaire que des compétences soient disponibles, il est autant nécessaire que les principes proposés soient saisis par les constructeurs et les maîtres d'ouvrage ainsi que soutenus et reconnus par les instances locales.

Un des facteurs critiques pour favoriser une réduction de la vulnérabilité à long terme de l'environnement bâti est donc non seulement celui de la compréhension du contexte, mais également celui de la communication entre individus, groupes collectifs et institutions participant à sa construction. Communication qui fonde le processus d'acquisition et renforcement de savoirs et savoir-faire, d'analyse contextuelle et d'identification des pistes à entreprendre. Elle ne se limite pas à des échanges entre « promoteurs » et « bénéficiaires » d'un projet mais à un engagement, voire une participation de ses différents acteurs, car pour qu'il puisse avoir un impact effectif et durable, un projet doit être compris, partagé et soutenu par une communauté entière, spécialement lors qu'il implique un changement des comportements d'un ensemble d'individus.

Si dans le processus de projet, la communication se réfère aux modalités et supports de relation et d'échange entre les parties prenantes, au niveau plus large elle se rapporte à un partage et mise en réseaux entre le niveau de la pratique, de la recherche et de l'action. Une communication donc en tant que trait d'union entre savoirs et entre acteurs. De nouvelles approches, modes d'interaction, compétences et outils particuliers aux types d'informations, situations et interlocuteurs nécessitent d'être développés, s'adressant de manière particularisée aux :

- décideurs : pour qu'ils prennent davantage en considération des approches situées et intégrées, favorisant des conditions pour un rapport égalitaire effectif entre les parties prenantes ainsi qu'un rapprochement avec le milieu de la recherche et la réalité du terrain ;
- chercheurs : pour que les connaissances qui existent soient développées et approfondies par une mise en situation réelle, en (se) nourrissant de manière directe et dynamique (de) celle-ci ;
- professionnels : pour qu'ils soient en mesure de saisir les spécificités du contexte dans lequel ils sont portés à travailler et proposer des approches constructives et méthodologiques cohérentes ;

futurs professionnels : pour qu'à terme du cursus d'étude ils aient appris non seulement à concevoir de nouvelles « œuvres » architecturales mais également à apprendre et à s'inspirer de l'existant pour bâtir des environnements résilients, pas forcément et exclusivement d'un point de vue physique ;

constructeurs : pour qu'ils disposent des connaissances et compétences pour bâtir de manière cohérente avec les technologies utilisées, ainsi que pour concevoir et proposer des solutions architecturales et constructives équilibrées face aux capacités et désirs des maîtres d'ouvrages et aux risques existants ;

populations, habitants, propriétaires : pour qu'ils aient la possibilité de choisir la solution architecturale et technologique qui leur convient le mieux, cela en connaissance de cause des avantages et limites des différentes options constructives.

La vulgarisation et diffusion de connaissances relatives aux pratiques vernaculaires constituent, à mon avis, des pistes indispensables à entreprendre, dans lesquelles les différents acteurs de l'aide humanitaire et de la coopération au développement, de même que les instituts de recherche et les organes gouvernementaux devraient investir davantage. Et cela non seulement en référence à des aspects techniques mais à un processus de co-conception/production/gestion/opération favorisant la construction d'habitats résilients par le respect des diversités culturelles et individuelles et une régénération des « capacités » des communautés qui l'habitent.

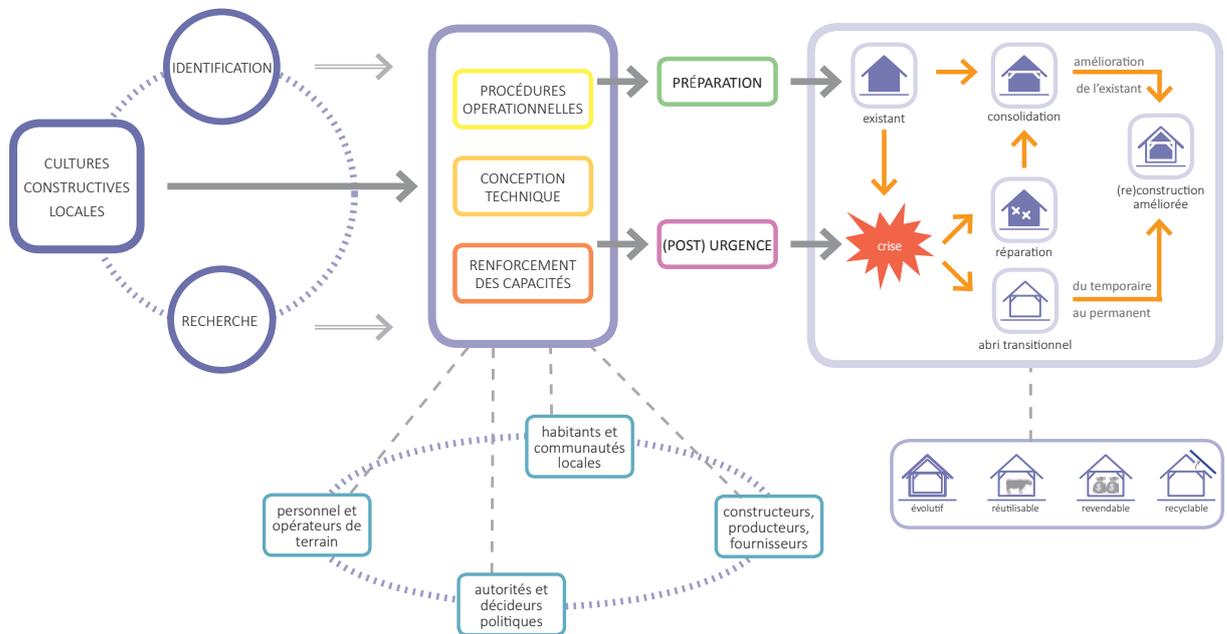


Fig.153: Communication comme outil et lien entre acteurs et niveaux

CONCLUSIONS CONNEXES

“ Il est donc possible de créer une tradition et de la maintenir par des règles strictes ; cela, dans une certaine mesure, permet des succès. Mais est-il souhaitable de soutenir une telle tradition en rejetant toute autre possibilité ? Doit-on lui attribuer le droit exclusif de traiter la connaissance, avec pour conséquence que tout résultat obtenu par d'autres méthodes est éliminé sans appel ?”²⁸⁸

Les questionnements posés au début de cette recherche s'associant à ceux surgit pendant son déroulement, m'ont conduit à explorer plusieurs thématiques qui à leur tour ont suscité des questions, ouvert de nouvelles perspectives et fourni l'inspiration pour la proposition de pistes futures.

D'une analyse des pratiques actuelles des organisations d'aide s'explique la nécessité d'assumer, de manière cohérente et concrète, une approche d'anticipation et préparation. Cela en prenant en compte l'ensemble des paramètres qui conditionnent et favorisent un processus de résilience diffuse et à long terme. Pour ce faire, le contexte naturel, humain et construit dans lequel l'intervention se situe ne peut pas être ignoré. Il en constitue au contraire le point de départ.

Le potentiel représenté par une prise en compte des caractéristiques contextuelles et, en particulier, des pratiques et cultures constructives vernaculaires est bien réel. Et il est également reconnu par plusieurs acteurs, aussi bien au niveau opérationnel que décisionnel et scientifique. Sa concrétisation se révèle néanmoins extrêmement dépendante de la sensibilité, expérience et intérêt individuels de techniciens et opérateurs de terrain pour la définition des approches techniques et méthodologiques, et de ceux de décideurs, autorités et bailleurs de fonds pour la délimitation du cadre stratégique et opérationnel.

Des savoirs et mesures de résilience effectifs et efficaces existent parmi les cultures constructives des populations habitant des régions affectées par des aléas naturels récurrents. Dans leur ensemble, celles-ci révèlent une approche holistique, multi-échelle et pluridisciplinaire qui n'a rien à envier au génie parasinistre actuel.

La question s'est posée alors de comment faire en sorte que le potentiel latent de connaissances présentes dans les documents éparpillés dans les méandres des réseaux informatiques et empilés au fond d'un tiroir, ou dans les modes de bâtir et de gérer les crises développés par une certaine communauté, puisse se rendre manifeste et utile à d'autres constructeurs, praticiens et théoriciens. Les pistes esquissées en conclusion des principales parties de ce document suggèrent, à cet égard, des propositions concrètes.

Le développement d'une méthodologie d'analyse contextuelle spécifique aux cultures constructives vernaculaires se rapporte à un outil à usage de ceux - les opérateurs de terrain, les techniciens et les responsables de projet - qui sont directement en charge de l'identification et de la définition des stratégies au niveau opérationnel et constructif, dans le cadre de programmes d'habitat. Notre réflexion est toutefois poussée plus avant en considérant les façons dont on peut construire des nouvelles compétences et nouvelles sensibilités non seulement entre « acteurs du terrain » mais également entre futurs professionnels, formateurs et décideurs et cela aussi bien internationalement que localement.

²⁸⁸ FEYERABEND, Paul, 1979. *Contre la méthode. Esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance*. Paris : Editions du Seuil, 1979. p. 16.

Les échanges qui ont eu lieu et les expériences conduites au cours de ces trois ans ont mis en évidence l'existence d'un intérêt réel de la part de ces acteurs envers les outils et l'approche proposée. À cet égard, la relation directe avec des programmes en cours a été indispensable pour une mise en perspective du processus d'analyse dans une vraie démarche de projet. En Haïti, les nouvelles compétences acquises ont déjà été utilisées de façon autonome par l'association locale GADRU, pour préparer de futures activités d'amélioration de l'habitat. Au Bangladesh, les premières constructions conçues sur la base des analyses de terrain ont été réalisées et le processus d'appropriation des outils méthodologiques s'est désormais élargi à plusieurs secteurs de Caritas Bangladesh, avec des réorientations qui se sont produites dans les axes prioritaires des organismes impliqués. Parallèlement, cette thématique commence à être intégrée dans l'enseignement universitaire parmi les questions importantes à aborder en relation au domaine de l'habitat, dans une perspective plus large que les interventions d'agences d'aide en contextes à risque.

Le lien avec la dimension pratique et pédagogique a permis également de faire ressortir les éléments qui restent à développer. Une étape ultérieure d'affinement de ces outils méthodologiques s'avère nécessaire en vue de la définition des paramètres favorisant une adaptation à différents contextes et niveaux de compétences. L'expérimentation dans d'autres situations géographiques et de projets serait à ce propos très favorable. Il est en outre à mon avis important que cette évolution inclue une application à des situations de post-catastrophe en appui à des interventions de réponse à la crise, concernant aussi bien des structures temporaires/transitionnelles qu'une réhabilitation et construction permanente. Cette réélaboration se réfère également à une formalisation des procédures et supports méthodologiques pour le travail sur le terrain ainsi qu'au développement d'outils de sensibilisation et de formation facilement diffusables s'adressant aux différents acteurs impliqués dans des programmes de réduction de la vulnérabilité.

D'autre part, l'analyse détaillée des cultures constructive du risque est avant tout une exploration des aspects qui, de manière directe et tangible, améliorent la résilience du bâti vernaculaire et qui, une fois identifiés et compris, constituent des principes et mesures efficaces et économiques favorisant la définition de pistes constructives et architecturales appropriées aux modes de vie contemporains, en dialogue avec les aspirations, les capacités techniques et économiques de chacun. Ainsi, je ne peux que m'associer aux chercheurs et praticiens qui, depuis désormais plusieurs années, expriment le besoin pressant de développer des recherches, des cadres normatifs, des approches stratégiques prenant en compte cette richesse qui est en train de se perdre mais qui, simultanément, se révèle de plus en plus indispensable. Certes, cela n'est pas facile, lors qu'on se rapproche d'aspects qui, pour leur nature intrinsèque, échappent aux logiques marchandes et aux intérêts des organes économiques, politiques et gestionnaires détenant la barre des orientations prioritaires dans lesquelles investir ressources financières, matérielles et humaines. Néanmoins, en dessous de cette « croûte homogénéisante », de plus en plus d'initiatives surgissent et prennent de l'ampleur, aux quatre coins de la planète.

APPORTS ET PERSPECTIVES

Par la mise en relation de la théorie et de la pratique, cette recherche en thèse visait à expérimenter des modalités pour rapprocher la recherche scientifique, les interventions opérationnelles et la pratique quotidienne de bâtir, ainsi que pour relier les différentes phases caractérisant des contextes à risques. Au regard de l'hypothèse et des questions de départ, ses apports reposent en particulier sur le développement d'une méthodologie d'analyse contextuelle qui se réfère spécifiquement aux cultures constructives vernaculaires, ainsi qu'à l'approfondissement de leur caractère parasinistre.

Le premier aspect se relate au domaine de la gestion des risques, en proposant une approche qui, en se référant de manière spécifique et située aux caractéristiques et conditions locales, considère simultanément la préparation et la réponse aux crises favorisant l'établissement d'une continuité de logiques et de pratiques entre urgence, réhabilitation et développement. L'ensemble de cette démarche a été expérimenté dans le cadre d'un programme de préparation aux catastrophes au

Bangladesh, au cours duquel le cycle d'analyse, élaboration et mise en œuvre des activités a été effectué à plusieurs reprises et dans des régions différentes. Le processus découlant de la mise en place de cette approche a contribué non seulement à améliorer l'adaptation des réponses au contexte d'intervention, mais également à renforcer les capacités décisionnelles et opérationnelles des différents acteurs impliqués : décideurs, responsables et techniciens d'organismes d'aide, chercheurs et scientifiques du milieu académique ainsi que constructeurs et population locale.

Lors du travail avec les partenaires des projets situés en Haïti et au Bangladesh, plusieurs modalités d'application et diffusion de cette approche ont été expérimentées, en relation à trois principaux niveaux: institutionnel, par une diffusion capillaire au sein d'un même organisme ainsi que, via des réseaux existants, entre des organisations différentes ; territorial, à partir de sites pilotes s'étendant ensuite à d'autres zones à risque, voire à l'ensemble d'une région ou des sites de travail d'une organisation ; temporel, entre situations simultanées et temporellement successives. En ce faisant, certaines activités et éléments développés par cette recherche ont directement contribué à élargir l'apport des interventions des partenaires opérationnels, au-delà de leurs limites spatiales et temporelles. Comme dans le cas du contexte haïtien où les activités de reconstruction ont constitué une occasion pour certaines organisations locales de s'approprier l'approche proposée, ainsi que pour la diffuser à d'autres zones et institutions non affectées par le séisme de 2010.

Outre un niveau pratique et opérationnel, les apports de cette recherche se réfèrent également à la constitution de nouvelles connaissances, relatives en particulier à une reconnaissance de la dimension parasinistre des cultures constructives vernaculaires. L'application *in situ* de l'approche d'analyse élaborée a conduit à l'identification de plusieurs dispositions vernaculaires réduisant la vulnérabilité envers différents aléas naturels. Ces investigations ont permis d'approfondir la caractérisation des types de mesures existantes et les échelles de leur application, ouvrant des nouvelles perspectives pour une prise en compte des cultures constructives vernaculaires associant pratique et technique, savoirs et savoir-faire, solutions permanentes et éphémères. En outre, les particularités parasinistres détectées sur le terrain, associées à un croisement de plusieurs études localisées réalisées par d'autres chercheurs, ont apporté une contribution directe au projet scientifique du laboratoire CRATERRE-ENSAG relatif à la constitution d'un atlas des cultures constructives du risque, projet qui vise à documenter et analyser les différentes mesures de résilience élaborées par les populations et les bâtisseurs vernaculaires.

Dans une mise en perspective du travail effectué dans le cadre de cette recherche, l'ensemble des éléments découlant de l'investigation conduite au regard du caractère parasinistre du vernaculaire assume de fait un potentiel double. D'une part, il constitue une source de solutions et stratégies, aussi bien pratiques que constructives, qui présentent un potentiel effectif pour améliorer l'adaptation et la pertinence des interventions en contexte à risque. D'autre part, il constitue un point de départ pour développer des nouvelles connaissances relatives à des principes et mécanismes techniques, comme pour élaborer des supports permettant leur reconnaissance et utilisation, tant au niveau institutionnel que de la pratique quotidienne.

Via le projet ReparH et ses partenaires, ces aspects ont été mis en pratique sur le terrain et dans la recherche, par l'expérimentation de différentes modalités supportant une valorisation des cultures constructives vernaculaires à travers leur identification, étude, amélioration et diffusion. Vis-à-vis de la problématique de l'habitat en contexte à risque et du renforcement des capacités locales de résilience, elles constituent des pistes à explorer et développer davantage, dans une démarche d'évolutivité - et non de remplacement - des pratiques et connaissances existantes. Et cela en associant à des applications situées l'identification de nouveaux instruments de compréhension comme le développement d'activités et outils favorisant une accessibilité des résultats de la recherche aux différents acteurs impliqués dans la construction de milieux plus résilients. Non seulement, de ce fait, envers des techniciens et responsables d'organismes opérationnels mais aussi vers les communautés et les bâtisseurs, de manière à soutenir davantage leur reconnaissance et (re) génération ainsi que la diffusion de connaissances locales et d'approches situées.

DU VERNACULAIRE ET DE L'ARCHITECTE

Dans l'univers de la théorie et de la pratique architecturales, il fut un temps où le *vernaculaire* était découvert avec fascination dans sa dimension humaine, sociale et culturelle. Par la suite, au moins dans certains pays, il a été assujéti à un effet de « mode » utilisant vainement un terme, insolite dans le vocabulaire des architectes, pour se distinguer de tendances plus généralistes liées à la notion de développement durable. On le redécouvre depuis sous une approche technique, s'ensablant cependant dans les limites technologiques d'instruments et procédures spécialisées, mais incapables de saisir la complexité se cachant derrière des matériaux et des techniques qui, pour certains, sont quasiment à la limite du dérisoire. À la différence de la pierre et du bois, matériaux dont la « noblesse » a été reconnue de manière relativement continue au fil des siècles, la terre, le bambou, la paille, le roseau et une multitude d'autres matières restent encore aux marges, incompréhensibles par le biais des outils cognitifs et analytiques dont on dispose et, pour cela, souvent « à ne pas comprendre ». Pourtant, on reste ébahi devant la capacité des architectes anonymes - dans le sens originaire de « maître bâtisseur » - de concevoir et réaliser des structures non seulement complexes mais capables de faire face à l'impact de phénomènes naturels soudains et violents ; et cela par des méthodes et procédés purement empiriques.

Il est peut-être temps d'adopter une approche pragmatique, alliant la dimension culturelle à celle technique, associant la création de nouveaux savoirs et savoir-faire à la régénération de ceux ayant démontré leur pertinence, au développement des connaissances dans les laboratoires et sur le terrain, à leur compréhension, partage et (ré)utilisation, pour (ré)inventer des outils et des approches qui nous permettent de bénéficier du « génie vernaculaire », en tant que *genius loci* et génie parasinistre.

Une approche phénoménologique du construire résilient dans lequel l'architecte, en tant que figure professionnelle actuelle, n'est pas le protagoniste omniscient du processus de création de l'environnement construit, dans lequel d'ailleurs il n'est souvent même pas impliqué. Son rôle est de fait à repenser, ou même, à réinventer, en le situant en relation à la création de milieux bâtis en tant que pratique collective composée d'actions individuelles, où la construction du sens s'effectue par une participation de l'ensemble des acteurs.

Dans l'interaction entre la production architecturale ordinaire et les connaissances vernaculaires parasinistres, l'architecte peut, à mon sens, assumer un rôle essentiel afin de soutenir un renforcement de la résilience en parallèle à la création et la transformation des environnements bâtis. Cela non seulement par l'apport d'un savoir technique mais en appuyant et développant, par son savoir-faire et son savoir-être, le rapport étroit que les pratiques vernaculaires et les artefacts qui en découlent entretiennent avec le milieu naturel et humain. En ce faisant, l'architecte se place en tant que figure de pivot entre le niveau de la recherche et de la pratique soutenant l'émergence de constructions, projets et savoirs, auxquels il contribue de manière directe et engagée.

Il devient ainsi le « facilitateur » qui suscite, par un processus de maïeutique, la (re)connaissance et la (ré)génération des pratiques constructives (et) parasinistres vernaculaires auxquelles il apporte, au même titre que les habitants et les constructeurs, ses savoirs, expériences et compétences favorisant l'expérimentation et l'évolution de (nouveaux) modes de construire et d'habiter, contribuant ainsi à bâtir une culture (constructive) du risque.

GLOSSAIRE

Aléa naturel

Phénomène naturel qui peut causer des pertes de vies humaines, des dommages aux biens, la perte de moyens de subsistance et de services, des perturbations socio-économiques, ou des dommages à l'environnement.

Bauge

Technique de construction employant le matériau terre, sans ou avec l'ajout de fibres. Des boules ou paquets d'un mélange à l'état plastique sont mis en œuvre manuellement par empilement donnant lieu à des structures porteuses monolithique et massive.

Bòs

En créole haïtien : artisan, ouvrier effectuant des activités manuelles qui nécessitent un savoir-faire particulier

Catastrophe

Rupture grave du fonctionnement d'une communauté ou d'une société impliquant d'importants impacts et pertes humaines, matérielles, économiques ou environnementales que la communauté ou la société affectée ne peut surmonter avec ses seules ressources.

Gestion des risques de catastrophe

Processus de recours systématique aux directives, compétences opérationnelles, capacités et organisation administratives pour mettre en œuvre les politiques, stratégies et capacités de réponse appropriées en vue d'atténuer l'impact des aléas naturels et risques de catastrophes environnementales et technologiques qui leur sont liées.

Mesure d'atténuation

La réduction ou la limitation de l'impact négatif des aléas et des catastrophes.

Pisé

Technique de construction en terre crue. Le matériau est mis en place à l'état brut, sans ou avec très peu de transformation. Il est coulé entre des coffrages et ensuite comprimé à l'aide d'un outil manuel (pisoir) ou pneumatique (fouloir).

Prévention

Ensemble d'activités permettant d'éviter complètement l'impact négatif des aléas, et de minimiser les catastrophes environnementales, technologiques et biologiques qui leur sont associées.

Redressement

La restauration, l'amélioration, l'installation de moyens de subsistance et les conditions de vie des communautés touchées par des catastrophes, y compris les efforts visant à réduire les facteurs de risque.

Réduction des risques de catastrophe

Concept et pratique de la réduction des risques de catastrophe grâce à des efforts pour analyser et gérer leurs causes, notamment par une réduction de l'exposition aux risques, qui permet de réduire la vulnérabilité des personnes et des biens, la gestion rationnelle des terres et de l'environnement et l'amélioration de la préparation aux événements indésirables.

Résilience

Capacité d'un système, une communauté ou une société exposée aux risques de résister, d'absorber, d'accueillir et de corriger les effets d'un danger, en temps opportun et de manière efficace », capacité déterminée par les possibilités d'une collectivité de disposer des ressources nécessaires et d'être capable de s'organiser elle-même avant et pendant les périodes de besoin.

Risque

Combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences négatives.

Risque de catastrophe

Potentiel de la catastrophe, en termes de vies humaines, des états de santé, des moyens de subsistance, des biens et services, qui pourraient se produire au sein d'une communauté ou une société, dans le futur.

Torchis

Technique de garnissage d'un support avec un mortier en terre fibrée. Plusieurs variantes de types de supports et de structures existent selon les ressources et les pratiques constructives.

Vulnérabilité

Les caractéristiques et les circonstances d'une communauté ou d'un système qui le rendent susceptible de subir les effets d'un danger », pouvant sensiblement varier dans le temps ainsi qu'au sein d'un même groupe d'individus.

BIBLIOGRAPHIE

- ABARQUEZ, I., MURSHED, Z. 2004. *Field Practitioners' Handbook*. Pathumthani : Asian Disaster Preparedness Center, 2004.
- ABDESSEMED FOUFA, A., BENOUAR, D., 2006. « Les techniques constructives sismo résistantes dans la Casbah d'Alger ». In : *Vies de Villes*. mai 2006. n° 5, p. 57-61.
- ABDESSEMED FOUFA, A., BENOUAR, D., 2010. « Investigation of the 1716 Algiers (Algeria) Earthquake from Historical Sources: Effect, Damages, and Vulnerability ». In : *International Journal of Architectural Heritage*. 2010. Vol. 4, n° 3, p. 270-293.
- AGARWAL, A., 2007. *Cyclone resistant building architecture*. New Delhi : National Disaster Management Authority, United Nations Development Programme, 2007.
- AGRAWAL, D.P., SHAH, M., 2001. *Earthquake Resistant Structures of Himalayas* [en ligne]. [s.l.] : Infinity Foundation. Disponible sur : < http://www.infinityfoundation.com/mandala/t_es/t_es_agraw_quake_frameset.htm > (consulté le 29 août 2011).
- AHMED, K. I. 2005. *Handbook on Design and Construction of Housing for Flood-Prone Rural Areas of Bangladesh*. Dhaka : Asian Disaster Preparedness Center, 2005.
- AIS (dir.), 2001. *Manual de construccion sismo resistente de viviendas en bahareque encementado* [en ligne]. [s.l.] : Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Fondo para la Reconstrucción del Eje Cafetero, 2001. Disponible sur : < http://issuu.com/arquitectomujica/docs/manual_bahareque > (consulté le 3 septembre 2013).
- ALCOCER, S.M., REYES, C.J., BITRAN, D., et al., 2002. « An Assessment of the Seismic Vulnerability of Housing in Mexico ». In : *U.S. National Congress on Earthquake Engineering*. Oakland : Earthquake Engineering Research Institute, 2002.
- ALEXANDER, C., 1979. *The Timeless Way of Building*. New York : Oxford University Press, 1979.
- ALVAREZ, N., BOSSY, V., 2012. *Etat des lieux des projets financés par la Fondation Abbé Pierre en Haïti*. Rapport de stage DSA. Haïti : CRAterre-ENSAG, Fondation Abbé Pierre. 2012.
- AMOUSSOU-GUENOU, R., 2003. « Legal Frameworks for Stakeholders Participation using ICT ». In : *Regional Workshop on «Increasing Stakeholders Participation using Information & Communications Technology*. Bangkok : [s.n.], 19 juillet 2003.
- ANDERSON, M.B., WOODROW, P.J., 1990. *Disaster and development workshops. A manual for training in Capacities & Vulnerabilities Analysis*. Cambridge : Graduate School of Education, Harvard University, 1990. Coll. International Relief/Development Project.
- ANHEIER, H., LIST, R., 2005. *Dictionary of Civil Society*. Londres: Routledge, 2005.
- AQUADEV (dir.), 2001. *Les Méthodes Participatives de diagnostic et de planification des actions de développement. Actes du séminaire international de Niamey (Niger)*. Niamey : AQUADEV, DGCI, 2001.
- ARA, D.R., RASHID, M., 2007. « The Thin Line Between Tradition And Modernity: The Poetics Of Vernacular Dwellings Of Chittagong Hill Tracts ». In : *Protibesh*. juillet 2007. Vol. 11, n° 2, p. 5-15.
- ARCHER, D., NANDAGO, M.G., 2004. « Participation, literacy and empowerment: the continuing evolution of Reflect ». In : *Participatory learning and action. Critical reflections, future directions*. International Institute for Environment and Development. Londres : [s.n.]. Coll. PLA Notes, 50.

- ARÊDE, A., MENDES, P., SILVA, B., et al., 2008. « Experimental assessment of a seismic strengthening solution for stone masonry walls using a wooden structure ». In : *14th World Conference on Earthquake Engineering* [en ligne]. Beijing : International Association for Earthquake Engineering, 2008. Disponible sur : < http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14_12-01-0119.pdf > (consulté le 24 septembre 2013).
- ARNSTEIN, S.R., 1969. « A ladder of citizen participation ». In : *Journal of the American Institute of Planners*. 1969. Vol. 35, n° 4, p. 216-224.
- ARSHAD, S., RASHEED, S., 2011. « Urban housing reconstruction and land management ». In : *Recovering and Reducing Risks after Natural Disasters* [en ligne]. Genève : Global Platform for Disaster Risk Reduction, 2011. p. 18-42. Disponible sur : < https://www.gfdr.org/sites/gfdr.org/files/publication/WRC_ProceedingsMedRes150.pdf > (consulté le 6 décembre 2013).
- ARYA, A.S., 1998. « Seismic retrofitting of stone houses in Marathwara area, India ». In : *Eleventh World Conference on Earthquake Engineering*. Acapulco : Elsevier Science, 1998. paper n. 1726.
- ARYA, A.S., 2000. « Non-engineered construction in developing countries. An approach toward earthquake risk reduction ». In : *12th World Conference on Earthquake Engineering* [en ligne]. Auckland : [s.n.], 30 février 2000. paper 2824. Disponible sur : < www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/2824.pdf > (consulté le 28 juillet 2011).
- ASQUITH, L., VELLINGA, M. (dir.), 2005. *Vernacular Architecture in the 21st Century: Theory, Education and Practice*. Oxon : Taylor & Francis, 2005.
- AUDEFROY, J.F., 2011. « Haiti: post-earthquake lessons learned from traditional construction ». In : *Environment & Urbanization*. octobre 2011. Vol. 23, n° 2, p. 447-462.
- AYSAN, Y., CLAYTON, A. CORY, A., et al., 1995. *Developing building for safety programmes : guidelines for organizing safe building improvement programmes in disaster-prone areas*. Londres : Intermediate Technology Publications, 1995.
- AYSAN, Y., DAVIS, I. (dir.), 1992. *Disasters and the Small Dwelling Perspectives for the UN IDNDR*. Londres : James & James, 1992.
- AYTUN, A., 1981. « Earthen Buildings in Seismic Areas of Turkey ». In : *International Workshop Earthen Buildings in Seismic Areas*. Albuquerque : Intertect, University of New Mexico, 24 mai 1981. p. 345-371.
- BANKOFF, G., 2007. « Fire and Quake in the Construction of Old Manila ». In : *The Medieval History Journal*. 10 janvier 2007. Vol. 10, n° 1-2, p. 411-427.
- BARAKAT, S., 2003. *Housing reconstruction after conflict and disaster*. Londres : Overseas Development Institute (ODI), décembre 2003. Coll. Humanitarian Practice Network Paper, 43.
- BARIBEAU, C., 2010. « L'entretien de groupe : considérations théoriques et méthodologiques ». In : *Recherches qualitatives*. 2010. Vol. 29, n° 1, p. 28-49.
- BARRÉ, C., DE LA FOYE, A., MOREAU, S., 2011. *Conception paracyclonique. À l'usage des architectes et ingénieurs*. Villefontaine : Les Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau, 2011.
- BASS, S., DALAL-CLAYTON, B., PRETTY, J.N., 1995. *Participation in strategies for sustainable development*. Londres : Environmental Planning Group International Institute for Environment and Development, mai 1995. Coll. Environmental Planning Issues, 7.
- BATCHELOR, V., 2011. *Tarpaulins, transitional shelters or permanent houses: how does the shelter assistance provided affect the recovery of communities after disaster?* [en ligne]. Master of Arts Degree in Development and Emergency Practice. Oxford : Centre for Development and

- Emergency Practice, School of the Built Environment, Oxford Brookes University. 2011.
- BATTISTINI, L., 2010. *Strutture in legno in zona sismica*. Thèse de spécialisation. Bologna : Alma Mater Studiorum, Università di Bologna, faculté d'ingénierie, département d'ingénierie civile, environnementale et des matériaux. 2010.
- BEBBINGTON, I., 1999. « Elaboration de moyens de subsistance ruraux ». In : *La reconnaissance du savoir rural : savoir des populations, recherche agricole et vulgarisation*. Paris : Karthala. Coll. Économie et développement. p. 145-152.
- BEEBE, J., 1987. « Rapid Appraisal: the Evolution of the Concept and the Definition of Issues ». In : *Proceedings of the 1985 International Conference on Rapid Rural Appraisal*. Khon Kaen : Rural Systems Research and Farming Systems Research Projects. p. 47-69.
- BEKTAŞ, E., 2006. « A Post-Disaster Dilemma: Temporary Settlements in Düzce Cuty, Turkey ». In : *I-REC 2006 International Conference* [en ligne]. Florence : [s.n.], 2006. Disponible sur : < http://www.grif.umontreal.ca/pages/BEKTAS_Esra.pdf > (consulté le 8 mai 2012).
- BELMONT, J., 1970. *L'architecture, création collective*. Paris : les Editions Ouvrières, 1970.
- BEMMERLEIN-LUX, F., BORN, M., XIAOLING, M., et al., 2003. *Manual on Capacity Building and Training Management for Local Initiatives. A practical guide for training project managers*. Beijing : Development of Institutions for Sustainable China, 2003. Coll. Sustainable Development, D.I.S.C. Series 2.
- BENSON, C., TWIGG, J., 2007. *Outils d'intégration de la réduction des risques de catastrophes. Notes d'orientation à l'intention des organisations de développement*. Genève : Fédération Internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge, ProVention Consortium, janvier 2007.
- BERTHELOT, J., GAUMÉ, M., 2002. *Kaz antiyé jan moun ka rété. L'habitat populaire aux Antilles*. Goyave : Editions perspectives créoles, 2002.
- BETHKE, L. GOOD, J., THOMPSON, P., 1997. *Building Capacities for Risk Reduction* [en ligne]. [s.l.] : Disaster Management Training Programme, 1997. Disponible sur : < <http://iaemeuropa.terapad.com/resources/8959/assets/documents/UN%20DMTP%20-%20Building%20Capabilities%20for%20Risk%20Reduction.pdf> > (consulté le 4 mai 2012).
- BHANDARI, N.M., KRISHNA, Prem, KUMAR, Krishen, 2005. *Wind Storms, Damage and Guidelines for Mitigative Measures*. B-Wind Codes. Kanpur : Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology. Coll. IITK-GSDMA project on Building Codes.
- BIRKMANN, J. (dir.), 2006. *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies*. New Delhi : United Nations University Press, 2006.
- BLANCHET, A., GOTMAN, A., 2010. *L'entretien*. Paris : Armand Colin, 2010. Coll. L'enquête et ses méthodes, 128.
- BLANCHET, K., 2001. « Le développement participatif, entre souhaits et réalité ». In : *Revue internationale des sciences sociales*. 1 décembre 2001. Vol. n° 170, n° 4, p. 697-702.
- BLONDET, M., VARGAS, J., TARQUE, N., 2008. « Observed Behaviour of Earthen Structures during the Pisco (Peru) Earthquake of August 15, 2007 ». In : *The 14th Conference on Earthquake Engineering* [en ligne]. Beijing : [s.n.], 2008. Disponible sur : < http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14_01-1031.PDF > (consulté le 23 avril 2013).
- BLONDET, M., VILLA GARCIA, G., BRZEV, S., et al., 2011. *Earthquake-resistant Construction of Adobe Buildings: A Tutorial*. Oakland : Earthquake Engineering Research Institute, avril 2011.
- BMTPC, 1998. *Improving Flood Resistance of Housing - Guidelines*. New Delhi : Building Material & Technology Promotion Council, 1998.

- BOEN, T., 2006. « Observed reconstruction of houses in Aceh seven months after the great Sumatra earthquake and Indian Ocean tsunami of December 2004 ». In : *Earthquake spectra*. 2006. Vol. 22, p. S803-S818.
- BOEN, T., 2001. « Earthquake resistance design of non-engineered buildings in Indonesia ». In : *EQTAP Workshop*. Kamakura : [s.n.], 2001.
- BOEN, T. JIGYASU, R., 2005. *Cultural Considerations for Post-disaster Reconstruction: Post-Tsunami Challenges*. [s.l.] : Disaster Reduction Hyperbase – Asia. 2005.
- BOEN, T., PRIBADI, K.S., 2009. *Engineering the Non Engineered Houses for Better Earthquake Resistance in Indonesia* [en ligne]. [s.l.] : Disaster reduction Hyperbase – Asia. Disponible sur : < <http://drh.bosai.go.jp/database/item/6cc5597e09050a9b482d9f257c5f256ec28f6e50> > (consulté le 3 avril 2011).
- BONNAL, J., 2011. *Historique de la participation et du développement rural* [en ligne]. [s.l.] : Groupe de travail informel sur les approches et méthodes participatives, FAO. Disponible sur : < http://www.fao.org/Participation/french_website/content/history_fr.html > (consulté le 2 mars 2013).
- BOTHARA, J., BRZEV, S., 2011. *A tutorial : improving the seismic performance of stone masonry buildings*. Oakland : Earthquake Engineering Research Institute. 2011.
- BOTHARA, J.K., HIÇYILMAZ, K., 2008. « General observations of building behaviour during the 8th October 2005 Pakistan earthquake ». In : *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*. 2008. Vol. 41, n° 4, p. 209-233.
- BOUCHON, M., 2009. *Collecte de données. Méthodologie qualitative*. [s.l.] : Médecins du Monde, mars 2009.
- BRESSAN, D., 2012. « Namazu the Earthshaker ». In : *History of Geology, Scientific American Blog Network* [en ligne]. 10 mars 2012. Disponible sur : < <http://blogs.scientificamerican.com/history-of-geology/2012/03/10/namazu-the-earthshaker/> > (consulté le 17 août 2013).
- BROMBERGER, C., 1986. « Les savoirs des autres ». In : *Terrain*. 1 mars 1986. n° 6, p. 3-5.
- BROOKS, N., 2003. *Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework*. Norwich : Tyndall Centre for Climate Change Research, novembre 2003. Coll. Working Paper, 38.
- BROWN, L., SHEETS, P., 2000. « Distinguishing Domestic from Ceremonial Structures in Southern Mesoamerica: Suggestions from Cerén, El Salvador ». In : *Mayeb*. 2000. n° 13, p. 11-21.
- BRZEV, S., 2007. *Earthquake-Resistant Confined Masonry Construction*. Kanpur : National Information Center of Earthquake Engineering, 2007.
- BRZEV, S., GREENE, M., SINHA, R., 2002. 18 : *Rubble stone masonry walls with timber frame and timber roof*. Housing Report, World Housing Encyclopedia. [s.l.] : Earthquake Engineering Research Institute et International Association for Earthquake Engineering.
- BUCHANAN-SMITH, M., FABBRI, P., 2005. *Linking, relief, rehabilitation and development in the tsunami response - A review of the debate*. Londres : Tsunami Evaluation Coalition, 2005.
- BUCHANAN-SMITH, M., MAXWELL, S., 1994. « Linking Relief and Development: An Introduction and Overview ». In : *IDS Bulletin*. 1994. Vol. 25, n° 4, p. 2-16.
- BUNNING, S., MCDONAGH, J., RIOUX, J., 2011. *Manual for local level assessment of land degradation and sustainable land management. Part 2. Field methodology and tools*. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO, 2011. Coll. Land degradation assessment in dry lands.
- BURKE, Adam, 1999. *Communication & Development. A practical guide* [en ligne]. Department for

- International Development. Londres : [s.n.], mars 1999. Coll. Social Development Division. Disponible sur : < http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/BURKE%201999%20Communications%20&%20Development%20A%20practical%20guide.pdf > (consulté le 22 mai 2012).
- BUTEL, J.-M., GRIOLET, P., 1999. « Histoires de poissons-chats — les images du grand séisme de 1855 à Edo ». In : *Ebisu*. 1999. Vol. 21, n° 1, p. 17-33.
- BYRNE, C. (dir.), 2003. *Manuel du praticien. La Participation des Populations affectées par les crises dans l'Action Humanitaire*. Londres : Active Learning Network for Accountability and Performance in Humanitarian Action-ALNAP, Overseas Development Institute, 2003.
- CAIMI, A., 2011. *Construction of Pilot Low Cost Houses (LCH) Project for the Disaster Affected Families of Bangladesh. Survey of Local Building Practices*. Rapport de mission. Dhaka : CRAterre-ENSAG and Caritas Bangladesh. 2011
- CAIMI, A., HOFMANN, M., 2005. *From Kutcha to Pucca. Proposition de reconstruction d'habitats résistant aux calamités naturelles pour les villages de l'Orissa (Inde)*. Master en Architecture. Lausanne : École Polytechnique Fédérale de Lausanne. mai 2005.
- CAIMI, A., HOFMANN, M., 2010. *État des lieux de la reconstruction post-tsunami (province d'Aceh, Indonésie)*. Sigli : CRAterre-ENSAG, Fondation Abbé Pierre.
- CAIMI, A., HOFMANN, M. 2013. « Learning from vernacular building practices: A starting point for risk mitigation ». In : *Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development*. Londres : CRC Press / Taylor & Francis Group, 2013. p. 703-709.
- CARAZAS AEDO, W., RIVERO OLMOS, A., 2003. *Wattle and daub. Anti-seismic construction handbook*. Villefontaine : CRAterre Editions, 2003.
- CARDONA, O.D., 2005. « The seismic proof efficiency of traditional building construction ». In : *Ancient Buildings and Earthquakes. The Local Seismic Culture approach: principles, methods, potentialities*. Bari : Edipuglia. p. 103-110.
- CARDOSO, R., LOPES, M., BENTO, R., 2004. « Earthquake resistant structures of Portuguese old "Pombalino" buildings ». In : *13th World Conference on Earthquake Engineering*. Vancouver : [s.n.], 2004.
- CARDOSO, R., LOPES, M., BENTO, R., 2005. « Seismic evaluation of old masonry buildings. Part I: Method description and application to a case-study ». In : *Engineering Structures*. 2005. Vol. 27, n° 14, p. 2024-2035.
- CARITAS BANGLADESH, 2011. *Project Proposal on Construction of Pilot Low Cost Houses (LCH) Project for the Disaster Affected Families of Bangladesh*. Dhaka : Disaster Management and Development Department, Caritas Bangladesh.
- CASANOVAS, X. (dir.), 2007. *Méthode RehabiMed: architecture traditionnelle Méditerranéenne*. Barcelona : RehabiMed, 2007.
- CATALDI, G. (dir.), 1986. *All'origine dell'abitare : (catalogo della) mostra itinerante; Firenze, 15 ottobre-15 novembre 1986*. Firenze : Alinea, 1986. Coll. Studi e documenti di architettura, 13.
- CATALDI, G. (dir.), 1988. *Le Ragioni dell'Abitare: Mostra Itinerante (1987-1988 ; Prato)*. Firenze : Alinea, 1988. Coll. Studi e documenti di architettura, 15.
- CATALDI, G. (dir.), 1989. *Attualità del primitivo e del tradizionale in architettura*. Firenze : Alinea, 1989. Coll. Quaderni di studio sulle tipologie e sulla architettura delle origini.
- CAVESTRO, L., 2003. *P.R.A. - Participatory Rural Appraisal Concepts, Methodologies and Techniques*.

Padova : Università degli Studi di Padova, Facoltà di Agraria, Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-forestali, Master in Cooperazione allo Sviluppo nelle Aree Rurali. Octobre 2003.

- CERASOLI, D., 2009. « De L'Aquila non resta che il nome. Racconto di un terremoto ». In : *Meridiana*. 2009. n° 65/66, p. 35-58.
- CHAMBERS, R., 1979. « Rural development tourism: poverty unperceived ». In : *Rapid Rural Appraisal* [en ligne]. Brighton : Institute of Development Studies, 4 décembre 1979. Disponible sur : < <http://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/bitstream/handle/123456789/867/rc301.pdf?sequence=1> > (consulté le 7 mars 2013).
- CHAMBERS, R., 1981. « Rapid rural appraisal: rationale and repertoire ». In : *Public Administration and Development*. 1981. Vol. 1, p. 95-106.
- CHAMBERS, R., 1992. *Rural Appraisal: Rapid, Relaxed and Participatory*. Brighton : Institute of Development Studies, décembre 1992. Coll. IDS Discussion Paper, 311.
- CHAMBERS, R., 2006. « Participatory Mapping and Geographic Information Systems: Whose Map? Who is Empowered and Who Disempowered? Who Gains and Who Loses? » In : *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*. 5 juin 2006. Vol. 25, n° 2, p. 1-11.
- CHAMBERS, R., 2007. *From PRA to PLA and Pluralism: Practice and Theory*. Brighton : Institute of Development Studies, juillet 2007. Coll. Working Paper, 286.
- CHAMBERS, R., BLACKBURN, J., 1996. « The power of participation: PRA and policy ». In : *Institute Of Development Studies, IDS Policy Briefing* [en ligne]. août 1996. n° 7. Disponible sur : < <http://www.ids.ac.uk/idspublication/the-power-of-participation-pra-and-policy> > (consulté le 12 décembre 2012).
- CHAMBERS, R., KENTON, N., ASHLEY, H. (dir.), 2004. *Participatory learning and action. Critical reflections, future directions*. Londres : International Institute for Environment and Development, octobre 2004. Coll. PLA Notes, 50.
- CHAPIN, M., LAMB, Z., THRELKELD, B., 2005. « Mapping Indigenous Lands ». In : *Annual Review of Anthropology*. 2005. Vol. 34, n° 1, p. 619-638.
- CLINTON, W.J., 2006. *Key Propositions for Building Back Better* [en ligne]. New York : United Nations, 2006. Disponible sur : < [http://www.reliefweb.int/rw/RWFiles2006.nsf/FilesByRWDocUnidFilename/TKAE-6WW9H3-Full%20Report.pdf/\\$File/Full%20Report.pdf](http://www.reliefweb.int/rw/RWFiles2006.nsf/FilesByRWDocUnidFilename/TKAE-6WW9H3-Full%20Report.pdf/$File/Full%20Report.pdf) > (consulté le 17 septembre 2012).
- COBURN, A., SPENCE, R., 2002. *Earthquake Protection*. Chichester : John Wiley, 2002.
- COMMISSION EUROPÉENNE, 1996. *Le lien entre l'aide d'urgence, la réhabilitation et le développement (LRRD)*. Communication de la Commission au Conseil et au Parlement Européen. [s.l.] : Commission des Communautés Européennes.
- COMMISSION EUROPÉENNE, 2001. *Liens entre l'aide d'urgence, la réhabilitation et le développement - Évaluation*. Communication de la Commission au Conseil et au Parlement Européen. [s.l.] : Commission des Communautés Européennes.
- COMMISSION EUROPÉENNE, 2004. *Méthodes de l'Aide. Lignes directrices. Gestion du Cycle de Projet*. Bruxelles : Commission Européenne- Office de coopération EuropeAid, mars 2004.
- COPANI, P., 2007. « Timber-Frame Buildings in Scandinavia: High Deformation Prevent the System from Collapse ». In : *From Material to Structure - Mechanical Behaviour and Failures of the Timber Structures*. Firenze, Venezia, Vicenza : ICOMOS IWC- XVI International Symposium, 2007.
- CORDAID (dir.), 2007. *Building Resilient Communities. A Training Manual on Community-Managed*

- Disaster Risk Reduction*. Cavite : International Institute of Rural Reconstruction et Catholic Organization for Relief and Development Aid, 2007.
- CORNET, L., 2009. *L'habitat face aux inondations en Côte d'Ivoire. Bin-Houyé, région des 18 Montagnes*. Grenoble : CRATERRE-ENSAG, Fédération Internationale des Sociétés de la Croix Rouge et du Croissant Rouge.
- CORNET, L., 2009. *Réduction de la vulnérabilité aux inondations des populations (et de leur cadre bâti) d'Afrique de l'Ouest et Centrale*. Fiches d'enquête. Grenoble : CRATERRE-ENSAG, Fédération Internationale des Sociétés de la Croix Rouge et du Croissant Rouge.
- CORNWALL, A., GUIJT, I., WELBOURN, A., 1999. « Processus de reconnaissance: défis méthodologiques posés à la recherche et à la vulgarisation agricoles ». In : *La reconnaissance du savoir rural : savoir des populations, recherche agricole et vulgarisation*. Paris : Editions Karthala. Coll. Économie et développement. p. 157-186.
- CORSELLIS, T. (dir.), 2012. *Transitional shelter guidelines*. Genève : Shelter Centre, International Organization for Migration, mai 2012.
- CORSELLIS, T., VITALE, A., 2008. *Transitional settlement and reconstruction after natural disasters*. [s.l.] : Shelter Centre, Department for International Development, United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, 2008.
- CORSELLIS, T., VITALE, A. (dir.), 2010. *Shelter after disaster. Strategies for transitional settlement and reconstruction*. [s.l.] : United Nations, Department for International Development-DFID, Shelter Center, 2010.
- COTA HHC/CA, [s.d.]. *Fiche Planification de Projet par Objectifs. Etude GCP 2003-2006* [en ligne]. [s.l.] : Centre de Marseille pour l'intégration en Méditerranée. Disponible sur : < <http://guidesdv.6te.net/documents/1%20Methode%20PPO.pdf> > (consulté le 2 avril 2013).
- COUDEL, E., TONNEAU, J.-P., PIRAUX, M., 2009. « Renforcement des compétences des acteurs ruraux et impact sur les dynamiques territoriales au Nordeste ». In : *3èmes journées de recherches en sciences sociales*. Montpellier : INRA, SFER, CIRAD, 2009.
- CRATERRE-ENSAG, 2011. « Valoriser les cultures constructives locales pour une meilleure réponse des programmes d'habitat ». In : CRATERRE-ENSAG, *Séminaire scientifique du « DSA - Terre Cultures constructives locales et amélioration de l'Habitat »* [en ligne]. Isle d'Abeau : CRATERRE, 2011. Disponible sur : < <http://craterre.org/diffusion:ouvrages-telechargeables/view/id/d0fadd9f1fe47474241b6074a45d26cb> >
- CUNY, F.C., 1982. *Improvement of rural housing in Haiti to withstand hurricanes*. Dallas : Intertect, OXFAM Regional Office for the Caribbean, Haitian PVO Disaster Preparedness Committee.
- DALAL-CLAYTON, B., BASS, S., 2002. *Sustainable Development Strategies: A Resource Book*. Paris : Organisation for Economic Co-operation and Development, United Nations Development Programme, 2002.
- D'ARCY, D.C., 1992. *La boîte à outils de la communauté. Diagnostic, suivi et évaluation participatifs en foresterie communautaire: concept, méthodes et outils*. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 1992. Coll. Foresterie communautaire: Manuel de terrain, 2.
- D'AYALA, D., PAGANONI, S., 2011. « Assessment and analysis of damage in L'Aquila historic city centre after 6th April 2009 ». In : *Bulletin of Earthquake Engineering*. février 2011. Vol. 8, n° 1, p. 81-104.
- DAVIDSON, C.H., JOHNSON, C., LIZARRALDE, G., et al., 2007. « Truths and myths about community participation in post-disaster housing projects ». In : *Habitat International*. 2007. n° 31, p. 100-115.

- DAVILA, A., DOMINGUEZ, M., 2010. « Formats des groupes et types de discussion dans la recherche sociale qualitative ». In : *Recherches qualitatives*. 2010. Vol. 1, n° 29, p. 50-68.
- DAVIS, A.S.C., 2001. *L'évaluation rurale participative* [en ligne]. [s.l.] : World Bank. Disponible sur : < http://www4.worldbank.org/afr/ssatp/Resources/HTML/rural_transport/knowledge_base/French/Module%205%5C5_6a%20PRA%20-%20French.pdf > (consulté le 10 janvier 2013).
- DAVIS, H., 1999. *The culture of building*. New York : Oxford University Press, 1999.
- DAVIS, I., 2012. *What is the Vision for Sheltering and Housing in Haiti? Summary Observations of Reconstruction Progress following the Haiti Earthquake of January 12th 2010* [en ligne]. Haïti : UN-HABITAT. Disponible sur : < <http://onuhabitat.org> > (consulté le 16 avril 2012).
- DAVIS, I., HAGHEBAERT, B., PEPPIATT, D., 2004. « Social Vulnerability & Capacity Analysis (VCA): An Overview ». In : *Working in partnership to build safer communities and reduce the impacts of disasters in developing countries*. Genève : ProVention Consortium, 25 mai 2004.
- DAZÉ, A., AMBROSE, K., EHRHART, C., 2010. *Analyse de la Vulnérabilité et de la Capacité d'adaptation au Changement climatique. Manuel* [en ligne]. [s.l.] : CARE International, 2010. Disponible sur : < http://www.careclimatechange.org/files/adaptation/CARE_CVCA_Handbook-2009-French.pdf > (consulté le 15 février 2013).
- DEBRAY, B., 2008. *Assessing the Vulnerability of Local Communities to Disasters: An Interactive Guide and Methodology*. Paris : United Nations Environment Programme, Institut National de l'Environnement industriel et des risques, 2008.
- DECANINI, L., DE SORTIS, A., GORETTI, A., et al., 2004. « Performance of masonry buildings during the 2002 Molise, Italy, earthquake ». In : *Earthquake Spectra*. 2004. Vol. 20, p. S191.
- DECANINI, L., DE SORTIS, A., GORETTI, A., et al., 2004. « Performance of Masonry Buildings During the 2002 Molise, Italy, Earthquake ». In : *Earthquake Spectra*. juillet 2004. Vol. 20, n° S1, p. S191–S220.
- DEKENS, J., 2007a. *Herders of Chitral: The Lost Messengers? Local Knowledge on Disaster Preparedness in Chitral District, Pakistan*. Kathmandu : International Centre for Integrated Mountain Development, European Commission Humanitarian Aid, avril 2007.
- DEKENS, J., 2007b. *The Snake and the River Don't Run Straight. Local Knowledge on Disaster Preparedness in the Eastern Terai of Nepal* [en ligne]. Kathmandu : International Centre for Integrated Mountain Development, European Commission Humanitarian Aid, avril 2007. Disponible sur : < <http://lib.icimod.org/record/7778> > (consulté le 3 mai 2011).
- DEKENS, J., 2007c. *Local Knowledge for Disaster Preparedness. A literature review*. Kathmandu : International Centre for Integrated Mountain Development, European Commission Humanitarian Aid, juin 2007.
- DEMOSTHENOUS, M., MAKARIOS, T., 2006. « Seismic response of traditional buildings of Lefkas Island, Greece ». In : *Engineering Structures*. 2006. Vol. 28, n° 2, p. 264-278.
- DESAI, R., DESAI, R., 2007. *Manual for Restoration and Retrofitting of Rural Structures in Kashmir. How to Reduce Vulnerability of Existing Structures in Earthquake Affected Areas of Jammu and Kashmir*. New Delhi : UNESCO, 2007.
- DEVELOPMENT WORKSHOP, 2003. *Manual for cyclone resistant construction*. [s.l.] : Development Workshop.
- DIAS, F., DUTYKH, D., O'BRIEN, L., et al., 2012. « On the modelling of tsunami generation and tsunami inundation ». In : *eprint arXiv:1209.1888* [en ligne]. septembre 2012. Disponible sur : < <http://arxiv.org/abs/1209.1888> > (consulté le 16 août 2013).

- DIKMEN, N., 2010. « An Investigation on Traditional Timber-framed Buildings in Çankiri Province of Turkey ». In : *Trakya Üniversitesi Journal of Science*. 2010. Vol. 11, n° 1, p. 15-27.
- DIXIT, A.M., PRADHANANG, S.B., GURAGAIN, R., et al., 2002. « Promoting Safer Building Construction: Experiences of KVERMP ». In : *Regional workshop on best practices in disaster mitigation* [en ligne]. Bali : Asian Disaster Preparedness Center, 24 septembre 2002. p. 236-250. Disponible sur : < <http://www.adpc.net/v2007/IKM/ONLINE%20DOCUMENTS/Default-DOCUMENTS.asp> > (consulté le 2 mars 2010).
- DOBBINS, J.J., FOSS, P.W. (dir.), 2007. *The World of Pompeii*. New York : Routledge, 2007.
- DOGAN, M., 2010. « Seismic Analysis of Traditional Buildings: Bagdadi and Himis ». In : *Anadolu University Journal of Science and Technology*. Applied Sciences and Engineering. 2010. Vol. 11, n° 1, p. 35-45.
- DOGANGÜN, A., TULUK, Ö.İ., LIVAOĞLU, R., et al., 2006. « Traditional wooden buildings and their damages during earthquakes in Turkey ». In : *Engineering Failure Analysis*. septembre 2006. Vol. 13, n° 6, p. 981-996.
- DOULINE, A., 2002. 151 : Haïti. *Visite du département du Nord Est avec les partenaires du GADRU pour évaluer l'intérêt de construire avec les matériaux locaux*. Rapport de mission. Haïti : Misereor.
- DOULINE, A., BELLIN, J.-P., 2010. *Analyses de l'habitat et des infrastructures des partenaires de Misereor affectés par le tremblement de terre du 12 janvier 2010*. Rapport de mission du 15 février au 3 mars 2010. Haïti : Misereor.
- DOXIADIS, C.A., 1968. *Architecture in Transition*. Londres : Hutchinson, 1968.
- DRIESSEN, J.M., 1987. « Earthquake-Resistant Construction and the Wrath of the "Earth-Shaker" ». In : *Journal of the Society of Architectural Historians*. 1 juin 1987. Vol. 46, n° 2, p. 171-178.
- DUDLEY, E., HAALAND, A., 1993. *Communicating building for safety: guidelines for methods of communicating technical information to local builders and householders*. Londres : Intermediate Technology, 1993.
- DUGGAN, T.M.P., 1999. « The hatil and the lessons of history ». In : *Hürriyet Daily News* [en ligne]. 25 août 1999. Disponible sur : < http://www.turkishdailynews.com/old_editions/08_25_99/feature.htm#f1 > (consulté le 19 août 2007).
- DUYNE BARENSTEIN, J., 2006. « Housing reconstruction in post-earthquake Gujarat. A comparative analysis ». In : *Humanitarian Practice Network Paper*. mars 2006. n° 54.
- DUYNE BARENSTEIN, J., 2008. « From Gujarat to Tamil Nadu: Owner-driven vs. contractor-driven housing reconstruction in India ». In : *4th International i-Rec Conference 2008 Building resilience: achieving effective post-disaster reconstruction*. Rotterdam : In-house Publishing, 2008.
- DUYNE BARESTEIN, J., PITTET, D., 2007. *Post-disaster housing reconstruction. Current trends and sustainable alternatives for tsunami-affected communities in coastal Tamil Nadu*. Canobbio : University of Applied Sciences of Southern Switzerland.
- ECBP, 2012. *Participatory Disaster Risk Assessment. Training pack and assessment tools* [en ligne]. [s.l.] : Emergency Capacity Building Project, 2012. Disponible sur : < http://www.disasterriskreduction.net/fileadmin/user_upload/drought/docs/Participatory%20Disaster%20Risk%20Reduction%20Assessment%20Tool%20and%20Training%20Pack..pdf > (consulté le 6 mars 2013).
- ECLAC, 2003. *Handbook for Estimating the Socio-economic and Environmental Effects of Disasters*. [s.l.] : United Nations, Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC) and International Bank for Reconstruction and Development (The World Bank), 2003.

- EDELBERG, L., 1984. *Nuristani buildings*. Aarhus : Jysk arkæologisk selskab, 1984.
- EMMANUEL, E., THERMIL, K., PHILIPPE-AUGUSTE, J.R., et al., 2000. *Analyse de la situation de l'habitat en Haïti*. Port-au-Prince : Éditions du LAQUE, Presses de l'Université Quisqueya, 2000.
- ERRA, 2011. *2005 Pakistan Earthquake Housing Reconstruction*. [s.l.] : Earthquake Reconstruction and Rehabilitation Authority, 2011
- FAKLER, M., 2011. « Tsunami Warnings, Written in Stone ». In : *The New York Times*. 20 avril 2011.
- FALS-BORDA, O. (dir.), 1992. « Evolution and Convergence in Participatory Action-Research ». In : FALS-BORDA, O. (dir.), *A World of Communities: Participatory Research Perspectives*. North York : Captus Press. p. 14-19.
- FAO, 1997. *Guide d'application de la composante relative à l'analyse des contraintes* [en ligne]. FAO. Rome : [s.n.], 1997. Disponible sur : < <http://www.fao.org/docrep/W8016F/W8016F00.htm> > (consulté le 10 janvier 2013).
- FAO. 2011. *La Formulation Participative des Projets* [en ligne]. [s.l.] : Groupe de travail informel sur les approches et méthodes participatives. Disponible sur : < <http://www.fao.org/Participation/francais/default.htm> > (consulté le 14 février 2013).
- FAU, 2012. *Reconstruction maisons neuves et réhabilitation de maisons endommagées par le séisme du 12 janvier 2010*. Proposition de projet. Port-au-Prince : Fondation Architecte de l'Urgence.
- FEMA, 1998. *FEMA 310. Handbook for Seismic Evaluation of Buildings: A Prestandard*. Washington: Federal Emergency Management Agency, 1998.
- FEMA, 2002. *FEMA 154. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. A Handbook*. Washington : National Earthquake Hazards Reduction Program, Applied Technology Council, Federal Emergency Management Agency, 2002.
- FEMA, 2003. *Multi-hazard Loss Estimation Methodology. Flood Model. HAZUS®MH MR1. Technical Manual*. Jessup : Federal Emergency Management Agency, 2003.
- FERRIGNI, F. (dir.), 1990. *San Lorenzello. À la recherche des « anomalies » qui protègent*. Ravello : Centre Universitaire pour les Biens Culturels CUEBC, Conseil de l'Europe, 1990. Coll. Réseaux PACT.
- FERRIGNI, F., 2005a. « Choice of site, urban structure and its evolution ». In : *Ancient Buildings and Earthquakes. The Local Seismic Culture approach: principles, methods, potentialities*. Bari : Edipuglia. p. 99-102.
- FERRIGNI, F., 2005b. « What can be done for ancient buildings exposed to seismic risk? A possible new approach ». In : *Ancient Buildings and Earthquakes. The Local Seismic Culture approach: principles, methods, potentialities*. Bari : Edipuglia. p. 189-198.
- FERRIGNI, F., 2005c. « The Local Seismic Culture ». In : *Ancient Buildings and Earthquakes. The Local Seismic Culture approach: principles, methods, potentialities*. Bari : Edipuglia. p. 199-213.
- FERRIGNI, F., 2005d. « The recovery of the Local Seismic Culture as preventive action ». In : *Ancient Buildings and Earthquakes. The Local Seismic Culture approach: principles, methods, potentialities*. Bari : Edipuglia. p. 215-239.
- FERRIGNI, F., 2005e. « The Local Seismic Culture approach and other disciplines ». In : *Ancient Buildings and Earthquakes. The Local Seismic Culture approach: principles, methods, potentialities*. Bari : Edipuglia. p. 251-279.
- FERRIGNI, F., 2005f. « Synthesis and perspectives ». In : *Ancient Buildings and Earthquakes. The Local Seismic Culture approach: principles, methods, potentialities*. Bari : Edipuglia. p. 293-331.

- FERRIGNI, F., 2009. « Introduction aux cultures sismiques locales ». In : *cours DSA-terre, module Architecture située*. Grenoble. 2009.
- FERRIGNI, F., HELLY, B., MAURO, A., et al., 2005. *Ancient Buildings and Earthquakes. The Local Seismic Culture approach: principles, methods, potentialities*. Bari : Edipuglia, 2005.
- FERRIGNI, F., HELLY, B. (dir.), 1990. *Protection du patrimoine bâti dans les zones à risques sismique : analyses et interventions*. Rixensart : PACT 28 Belgique, 1990. Coll. Actes du cours postgradué européen, Ravello, 7-18 décembre 1987.
- FERRIGNI, F., HELLY, B., RIDEAUD, A., 1993. *Atlas of Local Seismic Cultures: how to reduce the vulnerability of the built environment by re-discovering and re-evaluating local seismic culture*. Ravello : Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali, 1993.
- FETTERS, T., 1999. « Explorer différentes possibilités: utiliser des enquêtes quantitatives pour compléter les résultats de l'APA ». In : *Accepter la participation dans le développement*. Atlanta : CARE.
- FISHER, A.H., VLACH, J., 1987. « The Popular Architecture of Haiti ». In : *MIMAR: Architecture in Development*. mars 1987. n° 23, p. 12-19.
- FIUMI, C., 2008. « Messina, cent'anni nelle baracche ». In : *Corriere della Sera* [en ligne]. 15 avril 2008. Disponible sur : < http://www.corriere.it/cronache/08_aprile_15/magazine_messina_cento_anni_di_baracche_5a181f44-0af0-11dd-98e1-00144f486ba6.shtml > (consulté le 9 octobre 2012).
- FOLKE, S., 2005. « Impact- concept et méthodes : applications aux actions des ONG ». In : *Echo du COTA*. juin 2005. n° 107, p. 3-8.
- FONTIL, N., 2009. *Projet de développement communautaire en Haïti : Méthodologie d'analyse des besoins locaux*. Master en Développement. Alexandrie : Université Senghor. 26 mars 2009.
- FOUFA, A., 2007. « Récupération des Techniques Constructives Traditionnelles Sismo-Résistantes pour un Entretien du Bâti Ancien ». In : *1ère Conférence régionale Euro-méditerranéenne. Architecture Traditionnelle méditerranéenne Présent et Futur*. Barcelone : Rehabimed, 12 juillet 2007. p. 535-537.
- FREY, P., 2010. *Learning from Vernacular Pour une nouvelle architecture vernaculaire*. Arles : Actes sud, 2010.
- FUNDASAL (dir.), 2001. *Sistemas sismo resistente de construcción de vivienda utilizando la tierra*. San Salvador : Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, FUNDASAL, 2001.
- FURUICHI, T., KOIZUMI, T., ENDOH, M., KAWASAKI, H. (dir.), 2010. *Traditional Bhutanese Houses. Survey and Research Report*. Tokyo : Art Design Publishing, 2010.
- GAUTHIER, B. (dir.), 2009. *Recherche sociale: De la problématique à la collecte des données*. Québec : Presses de l'Université du Québec, 2009.
- GÉLINEAU, L., 2001. *Fondements pour une « théorie ancrée » de la conscientisation dans le cadre de la recherche-action participative et de l'éducation dans une perspective mondiale* [en ligne]. Thèse de doctorat. Montréal : Université de Montréal. 2001. Disponible sur : < <https://papyrus.bib.umontreal.ca/jspui/handle/1866/6736> > (consulté le 18 mars 2013).
- GILBERT, R., 2001. *Doing More for Those Made Homeless by Natural Disasters*. Washington : The World Bank, 2001. Coll. Disaster Risk Management Working Paper, 1.
- GOB, 2008. *Cyclone Sidr in Bangladesh. Damage, Loss and Needs Assessment For Disaster Recovery and Reconstruction*. Dhaka : Government of Bangladesh.

- GOB, 2010. *National Plan for Disaster Management 2010-2015* [en ligne]. Dhaka : Government of the People's Republic of Bangladesh, Disaster Management Bureau, Disaster Management and Relief Division, Ministry of Food and Disaster Management. Disponible sur : < <http://www.preventionweb.net/english/professional/policies/v.php?id=16676> > (consulté le 17 avril 2012)
- GODIN, C., MÜHLETHALER, L., 2005. *Edifier. L'architecture et le lieu*. Lagrasse : Editions Verdier, 2005. Coll. Art et Architecture.
- GONZÁLEZ, G., GUTIÉRREZ, J., 2005. « Structural performance of bamboo "bahareque" walls under cyclic load ». In : *Journal of Bamboo and Rattan*. 2005. Vol. 4, n° 4, p. 353-368.
- GOYETTE, G., LESSARD-HÉBERT, M., 1987. *La Recherche-Action: ses fonctions, ses fondements et son instrumentation*. Québec : Presses de l'Université du Québec, 1987.
- GRANET-ABISSET, A.-M., 2000. « La connaissance des risques naturels: quand les sciences redécouvrent l'histoire ». In : *Histoire et mémoire des risques naturels*. Grenoble : CNRS-Maison des Sciences de l'Homme- Alpes. Coll. Histoire Economique Sociale et Politique.
- GRAUGNARD, G., HEEREN, N., 1999. *L'évaluation de l'impact. Guide méthodologique*. Paris : CIEDEL, juin 1999.
- GRENIER, L., 1998. *Connaissances indigènes et recherche un guide à l'intention des chercheurs*. Ottawa : Centre de recherches pour le développement international, 1998.
- GROUPE URD, 2002. *La méthode d'analyse rapide et de planification participative (MARF)*. Plaisians : Groupe Urgence Réhabilitation Développement.
- GROUPE URD, 2010. *Manuel de la participation à l'usage des acteurs humanitaires*. Plaisians : Groupe Urgence Réhabilitation Développement, 2010.
- GRUBER, P., 2007. *Adaptation and Earthquake Resistance of Traditional Nias Architecture*. Wien : Institute for Comparative Research in Architecture- Institute for History and Research of Building.
- GRÜNEWALD, F. (dir.), 2005. *Bénéficiaires ou partenaires. Quels rôles pour les populations dans l'action humanitaire ?* Paris : Editions Karthala, 2005.
- GRÜNEWALD, F., 2008. « Eclairage de la quinzaine : le lien entre l'urgence, la réhabilitation et le développement ». In : *Zoom de Rosa*. mars 2008. n° 8.
- GRÜNEWALD, F., 2010. « Les enseignements de la catastrophe ». In : *Humanitaire. Enjeux, pratiques, débats*. 19 décembre 2010. n° 27, p. 66-77.
- GRÜNEWALD, F., 2014. « Du Sichan à port-au-prince, gérer les catastrophes - Haïti, une aide humanitaire sous le feu des critiques ». In : *Culturesmonde*. France Culture. 10 janvier 2014.
- GRÜNTAL, G. (dir.), 2001. *L'Echelle Macrosismique Européenne. European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98)*. Luxembourg : European Seismological Commission Subcommission on Engineering Seismology Working Group Macroseismic Scales, 2001. Coll. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Sismologie, 19.
- GÜÇHAN, N.Ş., 2007. « Observations on earthquake resistance of traditional timber-framed houses in Turkey ». In : *Building and Environment*. Février 2007. Vol. 42, n° 2, p. 840-851.
- GUËYE, B., 2000. « La méthode active de recherche et de planification participatives (MARF) : acquis, limites et défis actuels ». In : *Les enquêtes participative en débat. Ambitions, pratiques et enjeux*. Paris : Editions Karthala. p. 65-90.

- GUÉNARD, F., SIMAY, P., 2011. « Du risque à la catastrophe. À propos d'un nouveau paradigme ». In : *La Vie des idées* [en ligne]. 23 mai 2011. Disponible sur : < <http://www.laviedesidees.fr/Du-risque-a-la-catastrophe.html> > (consulté le 21 novembre 2011).
- GUHA-SAPIR, D., HARGITT, D., HOYOIS, P., 2004. *Thirty Years of Natural Disasters 1974-2003: The Numbers*. Bruxelles : Centre for Research on the Epidemiology of Disasters / Presses Universitaires de Louvain, 2004.
- GUIDONI, E., 1975. *Architettura primitiva*. Milano : Electa, 1975. Coll. Storia universale dell'architettura, 14. 1975.
- GUILLAUD, H., ROLLET, P., 2009. *Projet scientifique 2011-2014. Unité de recherche Architecture, Environnement et Cultures Constructives*. Grenoble : École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble. 2009.
- GÜLHAN, D., GÜNEY, I.Ö., 2000. « The Behaviour of Traditional Building Systems Against Earthquake and its Comparison to Reinforced Concrete Systems : Experiences of Marmara Earthquake, Damage Assessment Studies in Kocaeli and Sakarya ». In : *Earthquake-Safe: Lessons to Be Learned From Traditional Construction* [en ligne]. Istanbul : ICOMOS International Wood Committee, 16 novembre 2000. Disponible sur : < www.icomos.org/iawc/seismic/Gulhan.pdf > (consulté le 7 août 2011).
- GÜLKAN, P., LANGENBACH, R., 2004. « The Earthquake Resistance of Traditional Timber and Masonry Dwellings in Turkey ». In : *13th World Conference on Earthquake Engineering* [en ligne]. Vancouver : [s.n.], 6.08 2004. Disponible sur : < <http://www.conservaciontech.com/RL's%20resume&%20pub's/RL-publications/1-EQ-const2.htm> > (consulté le 10 mars 2011).
- GUMUCIO, S., 2011. *Collecte des données. Méthode quantitative: l'exemple des enquêtes CAP*. [s.l.] : Médecins du Monde, janvier 2011.
- GUTIERREZ, J., 2004. « Notes on the Seismic Adequacy of Vernacular Buildings ». In : *13th World Conference on Earthquake Engineering* [en ligne]. Vancouver : [s.n.], 6.08 2004. Disponible sur : < www.curee.org/.../docs/13WCEE-GUTIERREZ-5011.pdf > (consulté le 9 octobre 2011).
- HAMDOUNI, M., PANDOLFO, S., GARNIER, P., et al., 2005. *Programme d'élaboration d'un cadre normatif pour les matériaux locaux de construction en zones parasismiques pour le Maroc. Premier bilan de la phase préliminaire d'enquête à Ouarzazate et Zagora dans le cadre du protocole défini lors du séminaire de Rabat de septembre 2005*. Rabat : CRATERRE-ENSAG. 2005.
- HANMIN, H., 1991. *Traditional Chinese Vernacular Dwelling: Rammed-earth Collective Dwelling in Fujian*. [s.l.] : China Architecture Building Press, 1991.
- HANMIN, H., 2010. *Fujian Tulou : A treasure of Chinese Traditional Civilian Residence*. Beijing : SDX Joint Publishing Company, 2010.
- HANSFORD, B., 2007. *Réduire les risques de catastrophe dans nos communautés*. Teddington : Tearfund, 2007. Coll. Resourcing Organisations with Opportunities for Transformation and Sharing - ROOTS, 9. 2007.
- HAQ, B., 2007. *Battling the storm. Study on cyclone resistant housing Community Based Disaster Preparedness Programme*. Dhaka : Bangladesh Red Crescent Society, German Red Cross. 2007.
- HAQ, S., 1994. « Architecture within the folk tradition: a representation from Bangladesh ». In : *Traditional Dwellings and Settlements Review*. Printemps 1994. Vol. 5, n° 2, p. 61-71.
- HELLY, B., 2005. « Case Studies ». In : *Ancient Buildings and Earthquakes. The Local Seismic Culture approach: principles, methods, potentialities*. Bari : Edipuglia. p. 129-169.

- HIÇYILMAZ, K., BOTHARA, J.K., STEPHENSON, M., 2011. 146 : *Dhajji Dewari. Timber Building with Masonry/Stone Infill. Pakistan, India* [en ligne]. Housing Report, World Housing Encyclopedia. [s.l.] : Earthquake Engineering Research Institute et International Association for Earthquake Engineering. Disponible sur : < <http://www.world-housing.net/wherereport1view.php?id=100164> >
- HIRAI, T., MENG, Q., SAWATA, K., et al., 2008. « Some Aspects of Frictional Resistance in Timber Construction ». In : *Proceedings of the 10th World Conference on Timber Engineering*. Miyazaki : [s.n.], 2008.
- HIRUNSALEE, S., JANMAIMOOL, P., YUSUKE, T., et al., 2009. « An Influence of Social Network on Knowledge Transferring in Flood Mitigation and Preparedness: A case study of Waju Area, Ogaki City, Gifu Prefecture ». In : *Disaster Mitigation of Cultural Heritage and Historic Cities*. Juin 2009. Vol. 3, p. 275-282.
- HODGSON, R.L.P., SERAJ, S.M., CHOUDHURY, J.R. (dir.), 1999. *Implementing Hazard-resistant Housing. Proceedings of the First International Housing & Hazards Workshop to Explore Practical Building for Safety Solutions. Dhaka/Bangladesh / 3-5 December 1996*. Dhaka & Exeter : Bangladesh University of Engineering and Technology, University of Exeter, 1999.
- HOLTAND, G., 2001. *Les méthodologies d'analyse et de planification du développement régional* [en ligne]. 2001. [s.l.] : FAO. Disponible sur : < www.fao.org/Participation > (consulté le 4 mars 2013).
- HOMAN, J., 2004. « Seismic cultures: Myth or reality? » In : *Second International Conference on Post-Disaster Reconstruction: Planning for Reconstruction*. Coventry : i-Rec information & research for reconstruction- Coventry University, 22 avril 2004. p. 22–23.
- HUGHES, R., 2000. « Cator and Cribbage Construction of Northern Pakistan ». In : *Earthquake-Safe: Lessons to Be Learned From Traditional Construction* [en ligne]. Istanbul : ICOMOS International Wood Committee, novembre 2000. Disponible sur : < <http://www.icomos.org/iawc/seismic/Hughes-C.pdf> > (consulté le 27 septembre 2013).
- HUGHES, R., 2007. « Vernacular Architecture and Construction Techniques in the Karakoram ». In : *Karakoram: Hidden Treasures in the Northern Areas of Pakistan* [en ligne]. Torino : Umberto Allemandi & Co. p. 99-132. Disponible sur : < http://archnet.org/library/documents/one-document.jsp?document_id=9767 > (consulté le 5 février 2012).
- HUGHES, R., LUBKOWSKI, Z.A., [s.d.]. *The survey of earthquake damaged non-engineered structures. A field guide by EEFIT*. London : Earthquake Engineering Field Investigation Team (EEFIT), The Institution of Structural Engineers.
- HUY, B. (dir.), 2002. *Handbook of Participatory Technology Development (PTD)*. Hanoi : ETSP – Extension and Training Support Project for Forestry and Agriculture in the Uplands, Helvetas Vietnam, septembre 2002. Coll. Social Forestry Training.
- ICOMOS, 1999. *Charter on the Built vernacular Heritage*. [s.l.] : International Council on Monuments and Sites.
- IDNDR, 1999. IFFN n.21 : *IDNDR Programme Forum, Geneva, July 1999. A Safer World in the 21st Century: Disaster and Risk Reduction*. Genève : International Decade for Natural Hazard Reduction. septembre 1999.
- IFAD, 2009. *Good practices in participatory mapping*. Rome : International Fund for Agricultural Development, avril 2009.
- IFRC, 2007a. *L'évaluation de la vulnérabilité et des capacités. Enseignements et recommandations*. Genève : International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2007.

- IFRC, 2007. *VCA toolbox*. Genève : International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2007.
- IFRC, 2008. *Lignes directrices pour l'évaluation dans les situations d'urgence*. Genève : International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2008.
- IFRC, 2011. *PASSA. Participatory Approach for Safe Shelter Awareness*. Genève : International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2011.
- IFRC, 2011. *Public awareness and public education for disaster risk reduction: a guide*. Genève : International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2011.
- IFRC, 2012. *Shelter technical brief. Red Cross Red Crescent Societies. Haiti earthquake operation - 24 months*. Genève : International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2012.
- IHSI, 2003. *Enquête sur les conditions de vie en Haïti*. Port-au-Prince : Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (IHSI), Ministère de l'Économie et des Finances, République d'Haïti, 2003.
- IKEYA, M., 2004. *Earthquakes and Animals: From Folk Legends to Science*. New Jersey : World Scientific, 2004.
- ILLICH, I., 2005. « Le travail fantôme ». In : *Oeuvres complètes*. Paris : Fayard. p. 93-223.
- ISLAM, M.S., 2013. « Development of Disaster Resistant Housing in Bangladesh Considering Social and Cultural Issues ». In : *séminaire scientifique « Disaster Resistant Building Cultures: the ways forward »*. Grenoble : [s.n.], 2013.
- ITO, N., 2007. « A Historical Review of the Techniques in Japanese Buildings for Resisting Various Loads, Focusing on Seismic Attacks ». In : *From Material to Structure: Mechanical Behaviour and Failure of the Timber Structures* [en ligne]. Firenze, Venezia, Vicenza : ICOMOS International Wood Committee, 2007. Disponible sur : < <http://www.icomos.org/iwvc/16/ito.pdf> > (consulté le 2 octobre 2012).
- JHA, A.K., DUYNE BARENSTEIN, J., PHELPS, P.M., et al., 2010. *Safer homes, stronger communities. A handbook for reconstruction after natural disasters*. Washington : Global Facility for Disaster Reduction and Recovery, the International Bank for Reconstruction and Development, the World Bank, 2010.
- JIGYASU, R., 2001. « From Marathwada to Gujarat – Emerging challenges in post- earthquake rehabilitation for sustainable eco-development in South Asia ». In : *Improving post-disaster reconstruction in developing countries* [en ligne]. Firenze : i- Rec information & research for reconstruction, IF Research Group, Université de Montreal, 2001. Disponible sur : < <http://www.grif.umontreal.ca/pages/i-rec%20papers/rohit.PDF> > (consulté le 15 juillet 2012).
- JIGYASU, R., 2002. *Reducing Disaster Vulnerability through Local Knowledge and Capacity. The Case of Earthquake prone Rural Communities in India and Nepal*. PhD Thesis. Trondheim : Faculty of Architecture and Fine Art, Department of Town and Regional Planning, Norwegian University of Science and Technology. juillet 2002.
- JIGYASU, R., 2008. « Structural Adaptation in South Asia: learning lessons from tradition ». In : *Hazards and the Built Environment. Attaining Built-in Resilience*. Londres : Routledge Taylor & Francis. p. 74-95.
- JOSHI, P.C., 2008. « Role of Culture in Disasters ». In : *Global E-Conference on Culture and Risk: Socio-Cultural Settings that Influence Risk from Natural Hazards Participants' Contributions A Compilation*. [s.l.] : ICIMOD, Mountain Forum, octobre 2008. p. 10-12.
- KABIR, R., 2009. *Post-Cyclone Sidr Family Shelter Construction in Bangladesh. Documentation of Plans and Processes*. Dhaka : Shelter Working Group.

- KAIHURA, F., 2003. « Participatory technology development and dissemination: a methodology to capture the farmers' perspectives ». In : *Agricultural Biodiversity in Smallholder Farms of East Africa*. Tokyo : United Nations University Press. p. 159-170.
- KALEVRAS, V.C., 1981. « Design, construction, behavior and repair problems of rural structures in Greece ». In : *Conference proceeding International Workshop Earthen Buildings in Seismic Areas*. New Mexico : The National Science Foundation, Appropriate Technology International, Office of Foreign Disaster Assistance, 1981.
- KARABABA, F.S., 2007. *Local Seismic Construction Practices as a Means to Vulnerability Reduction and Sustainable Development. A case study in Lefkada Island, Greece*. PhD thesis. Cambridge : University of Cambridge, Department of Engineering. 2007.
- KARAN, P., 2010. *Japan in the 21st Century: Environment, Economy, and Society*. [s.l.] : University Press of Kentucky, 12 septembre 2010.
- KAUDERN, W., 1925. *Ethnographical studies in Celebes: results of the author's expedition to Celebes 1917-1920*. 1, 1,. Göteborg : Pehrson, 1925.
- KENNEDY, J., ASHMORE, J., BABISTER, E., et al., 2007. « Post-tsunami transitional settlement and shelter field experience from Aceh and Sri Lanka - Humanitarian Practice Network ». In : *Humanitarian Exchange Magazine*. mars 2007. n° 37, p. 28-31.
- KHON KAEN UNIVERSITY, 1987. *Proceedings of the 1985 International Conference on Rapid Rural Appraisal*. Khon Kaen : Rural Systems Research and Farming Systems Research Projects, 1987.
- KIZIS, Y., 1977. *Traditional houses of Pelion (a conservative approach)*. Diploma in Conservation of Historic Buildings. York : University of York, Institute of Advanced Architectural Studies. 1977.
- KLYACHKO, M., BENIN, A., BOGDANOVA, J., 2002. 56 : *Timber log building*. Russian Federation [en ligne]. [s.l.] : World Housing Encyclopedia. Disponible sur : < <http://www.world-housing.net/WHEReports/wh100022.pdf>>
- KONTOGIANNIS, P., 2010. *Numerical Evaluation of the « Cator and Cribbage » Technique* [en ligne]. MSc in Earthquake Engineering with Disaster Management. Londres : Department of Civil, Environmental and geomatic Engineering, University College London. 30 août 2010.
- KORKMAZ, H.H., KORKMAZ, S.Z., DONDUREN, M.S., 2010. « Earthquake hazard and damage on traditional rural structures in Turkey ». In : *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2010. n° 10, p. 605-622.
- KULATUNGA, U., 2010. « Impact of Culture towards Disaster Risk Reduction ». In : *International Journal of Strategic Property Management*. 2010. Vol. 14, n° 4, p. 304-313.
- LABATTUT, E., DEPRez, S., 2009. « Reconstruction post-tsunami en Aceh: des maisons multipliées plutôt qu'une planification raisonnée ». In : *Humanitaires en mouvement*. septembre 2009. n° 3, p. 13-17.
- LAGOMARSINO, S., 2012. « Damage assessment of churches after L'Aquila earthquake (2009) ». In : *Bulletin of Earthquake Engineering*. 1 février 2012. Vol. 10, n° 1, p. 73-92.
- LAMBALLE, Patrice, 2001. 24 : *La planification des interventions par objectifs, un parcours semé d'embûches*. Coopérer aujourd'hui. Nogent sur Marne : Groupe de recherche et d'échanges technologiques-GRET. Coll. Les documents de travail de la Direction scientifique.
- LANER, F., BARBISAN, U., 1986. *I secoli bui del terremoto*. Milano : Franco Angeli Libri, 1986. Coll. Ricerche di Tecnologia dell'Architettura. 1986.
- LANKATILLEKE, L., 2010. « The people's process: The viability of an international approach ».

- In : *Building Back Better. Delivering people-centred housing reconstruction at scale*. Rugby : Practical Action, London South Bank University, International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies.
- LANGENBACH, R., 1989. « Bricks, Mortar and Earthquakes, Historic Preservation vs. Earthquake Safety ». In : *The Journal of the Association for Preservation Technology*. 1989. Vol. XXI, n° 3&4, p. 30-43.
- LANGENBACH, R., 1990. « of Taq and Dhajji-Dewari : the earthquake resistant mud and brick architecture of Kashmir ». In : *ADOBE 90, International Conference on Earthen Architecture Proceedings*. Las Cruces, New Mexico : Institute Getty Conservation, novembre 1990, p. 92-98.
- LANGENBACH, R., 1999. « Survivors in the midst of devastation: traditional timber and masonry construction in seismic areas ». In : *7th US National Conference on Earthquake Engineering* [en ligne]. Boston, Massachusetts. juillet. 1999. Disponible sur : < <http://www.bcin.ca/Interface/openbcin.cgi?submit=submit&Chinkey=209500> > (consulté le 5 novembre 2012).
- LANGENBACH, R., 2000. « Intuition from the Past: What Can We Learn From Traditional Construction ». In : *Earthquake-Safe: Lessons to Be Learned From Traditional Construction* [en ligne]. Istanbul : ICOMOS International Wood Committee, 15 novembre 2000. Disponible sur : < <http://www.icomos.org/iwvc/istanbul2000.htm> > (consulté le 2 mars 2011).
- LANGENBACH, R., 2002. « Survivors among the ruins : Traditional houses in earthquakes in Turkey and India ». In : *APT Bulletin, Association for Preservation Technology*. 2002. Vol. XXXIII, n° 2&3, p. 47-55.
- LANGENBACH, R., 2002. « Survivors in the Midst of Devastation. A Comparative Assessment of Traditional Timber and Masonry Construction in Seismic Areas ». In : *7th U.S. National Conference on Earthquake Engineering* [en ligne]. Boston : Earthquake Engineering Research Institute, 21 juillet 2002. Disponible sur : < <http://www.conservatontech.com/rl's%20resume&%20pub's/RL-publications/1-EQ-const2.htm> > (consulté le 9 mars 2011).
- LANGENBACH, R., 2003. « Survivors among the rubble : Traditional timber-laced masonry buildings that survived the great 1999 earthquakes in Turkey and the 2001 earthquake in India, while modern buildings fell ». In : *Proceedings of the International Congress on Construction History*. Madrid : Paperback, 2003.
- LANGENBACH, R., 2007a. « From "Opus Craticium" to the "Chicago Frame": Earthquake-Resistant Traditional Construction ». In : *International Journal of Architectural Heritage*. 2007. Vol. 1, n° 1, p. 29-59.
- LANGENBACH, R., 2007b. « Preventing pancake collapses : lessons from earthquake-resistant traditional construction for modern buildings of reinforced concrete ». In : *International Conference on Forensic Engineering Failure Diagnosis and Problem Solving*. Mumbai : [s.n.], 6 décembre 2007.
- LANGENBACH, R., 2009. *Don't Tear It Down! Preserving The Earthquake Resistant Vernacular Architecture Of Kashmir*. New Delhi : UNESCO, juin 2009.
- LANGENBACH, R., 2010a. « Better than steel ? The use of timber for large and tall buildings from ancient times until the present ». In : *Structure and Architecture*. Guimarães : [s.n.], 21 juillet 2010.
- LANGENBACH, R., 2010b. « Rescuing the Baby from the Bathwater: Traditional Masonry as Earthquake-Resistant Construction ». In : *8th International masonry Conference* [en ligne]. Dresden : Technische Universität Dresden, International Masonry Society, juillet 2010. Disponible sur : < http://www.conservatontech.com/rl%27s%20resume&%20pub%27s/RL-publications/eq-pubs/2010-8IMC-Keynote/8IMC_Keynote-Langenbach.pdf > (consulté le 3 octobre 2012).

- LANGENBACH, R., KELLEY, S., SPARKS, P., et al., 2010. *Preserving Haiti's Gingerbread Houses. 2010 Earthquake Mission Report* [en ligne]. New York : World Monuments Fund, ICOMOS. Disponible sur : < www.wmf.org/sites/default/.../WMF%20Haiti%20Mission%20Report.pdf > (consulté le 8 janvier 2011).
- LARRISON, C.R., 2002. *A Comparison of Top-Down and Bottom-Up Community Development Interventions in Rural Mexico: Practical and Theoretical Implications for Community Development Programs*. Ohio State University. College of Social Work. Lewiston : Edwin Mellen Press, 2002. 148 p. Coll. Mexican Studies, 3.
- LAVIGNE-DELVILLE, P., 2000. « L'illusion de tout découvrir au village: critique de l'empirisme dans les MARP ». In : *Les enquêtes participative en débat. Ambitions, pratiques et enjeux*. Paris : Editions Karthala. p. 393-417.
- LAVIGNE-DELVILLE, P., 2005. « Les diagnostics participatifs dans le cadre des projets de développement rural dans les pays en développement : postulats, pratiques et effets sociaux des PRA/Marp ». In : *Cultures et pratiques participatives : une perspective comparative*. Paris : Laboratoire d'Anthropologie des Institutions et des Organisations Sociales et Association Française de Sciences Politiques, 2005.
- LAVIGNE-DELVILLE, P., SELAMNA, N.-E., MATHIEU, M., 2000. *Les enquêtes participatives en débat: ambition, pratiques et enjeux*. Paris : Editions Karthala, 2000.
- LAUREANO, P., 2000. « A new role for traditional knowledge: the creating of a technological paradigm for saving natural resources ». In : *Traditional knowledge: learning from experience*. Berkeley : International Association for the Study of Traditional Environments. Coll. Traditional Dwellings and Settlements Working Paper Series. p. 83-103.
- LE BOSSÉ, Y., 2003. « De l' "habilitation" au "pouvoir d'agir" : vers une appréhension plus circonscrite de la notion d'empowerment ». In : *Nouvelles pratiques sociales*. 2003. Vol. 16, n° 2, p. 30.
- LECLERC, C., BOURASSA, B., PICARD, F., et al., 2011. « Du groupe focalisé à la recherche collaborative : avantages, défis et stratégies ». In : *Recherches qualitatives*. février 2011. Vol. 29, n° 3.
- LEGARDA, B., 1960. « Colonial Churches of Ilocos ». In : *Philippine Studies*. 1960. Vol. 8, n° 1, p. 121-158.
- LENCLUD, G., 1987. « La tradition n'est plus ce qu'elle était...: Sur les notions de tradition et de société traditionnelle en ethnologie ». In : *Terrain*. 1 octobre 1987. n° 9, p. 110-123.
- LESTUZZI, P., 2008. *Séismes et Construction. Éléments pour non-spécialistes*. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2008.
- LESTUZZI, P., BADOUX, M., 2008. *Génie Parasismique. Conception et dimensionnement des Bâtiments*. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2008. Coll. Génie civil.
- LEWIS, J., 2001. « Continuum or Contiguum? Development for survival and vulnerability reduction ». In : *Fifth European Sociological Association Conference. Visions and Divisions: Challenges to European Sociology* [en ligne]. Helsinki : [s.n.], 2001. Disponible sur : < <http://www.dscrn.org/cms/uploads/esa2001/lewies%20-%20continuum%20or%20contiguum.pdf> > (consulté le 3 décembre 2012).
- LEWIS, J., KELMAN, I., 2010. « Places, people and perpetuity: Community capacities in ecologies of catastrophe ». In : *ACME*. 2010. Vol. 9, p. 191-220.
- LIANG, R., STANISLAWSKI, D., HOTA, G., 2011. « Structural responses of Hakka rammed earth buildings under earthquake loads ». In : *International Workshop on Rammed Earth Materials and Sustainable Structures & Hakka Tulou Forum 2011: Structures of Sustainability, International Symposium on Innovation & Sustainability of Structures in Civil Engineering*. Xiamen : [s.n.], 2011.

- LINDAHL, C., 1996. *Developmental Relief? An Issues Paper and an Annotated Bibliography on Linking Relief and Development*. Stockholm : Swedish International Development Cooperation Agency, Department for Evaluation and Internal Audit, 1996. Coll. Sida Studies in Evaluation 96/3.
- LIU, B., MIAO, S., YE, L., et al., 2006. « Dammage of village buildings in recent Yunnan earthquakes ». In : *4th International Conference on Earthquake Engineering* [en ligne]. Taipei : [s.n.], 2006. Disponible sur : < conf.nctee.org.tw/proceedings/i0951012/data/pdf%5C4ICEE-0266.pdf > (consulté le 16 septembre 2012).
- LÓPEZ, M., BOMMER, J., MÉNDEZ, P., 2004. « The seismic performance of bahareque dwellings in El Salvador ». In : *13th World Conference on Earthquake Engineering*. Vancouver : [s.n.], 2004.
- LY, E.H., 2001. « Introduction aux Méthodes Participatives ». In : *Actes du séminaire international de Niamey (Niger)*. Niamey : AQUADEV, DGCI, juin 2001. p. 18-26.
- LYONS, M., 2009. « Building Back Better: The Large-Scale Impact of Small-Scale Approaches to Reconstruction ». In : *World Development*. 2009. Vol. 37, n° 2, p. 385–398.
- MASCIARI-GENOESE, F., 1915. *Trattato Di Construzioni Antisismiche Preceduto Da Un Corso Di Sismologia*. Milano : Hoepli, 1915.
- MASKREY, A., 1989. *Disaster mitigation : a community based approach*. Oxford : Oxfam, 1989. Coll. Development Guidelines, 3.
- MATACHI, A., 2006. *Capacity Building Framework*. Addis Ababa : UNESCO- International Institute for Capacity Building in Africa, United Nations Economic Commission for Africa, 2006.
- MCADOO, B.G., DENGLER, L., PRASETYA, G., et al., 2006. « Smong: How an oral history saved thousands on Indonesia's Simeulue Island during the December 2004 and March 2005 tsunamis ». In : *Earthquake Spectra*. juin 2006. Vol. 22, n° S3, p. 661-669.
- MCKEE, B.R., 1999. « Household archeology and cultural formation processes: Examples from the Céren site, El Salvador ». In : *The Archaeology of Household Activities*. Oxon : Routledge. p. 30-42.
- MEDA CORPUS, 2011. *Architecture Traditionnelle Méditerranéenne*. Union Européenne : Euromed Heritage, Commission Européenne, 2011. Coll. projet CORPUS.
- MEDLEY, E., ZEKOS, D., 2007. « Seismic performance of rock block structures with observations from the October 2006 Hawaii earthquake ». In : *4th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering* [en ligne]. Thessaloniki : [s.n.], 2007. Disponible sur : < <http://www.bimrocks.geoengineer.org/files/MedleyZekos2007.pdf> > (consulté le 20 septembre 2013).
- MITLIN, D., THOMPSON, J. (dir.), 1994. *RRA Notes 21: Special Issue on Participatory Tools and Methods in Urban Areas*. Londres : International Institute for Environment and Development, novembre 1994. Coll. Participatory Learning and Action 21.
- MITLIN, D., THOMPSON, J., 1995. « Participatory approaches in urban areas: strengthening civil society or reinforcing the status quo? » In : *Environment and Urbanization*. avril 1995. Vol. 7, n° 1, p. 231-250.
- MODAN, A., 2008. *Critical evaluation of the community participation in the context of post-disaster reconstruction*. Master Thesis. Oxford : International Architectural Regeneration and Development, Oxford Brookes University. septembre 2008.
- MOGOLLÓN SEBÁ, J., 2002. « Bahareque: a local seismic culture of the Colombian Coffee region ». In : *Proceedings of the International Workshop on the Role of Bamboo in Disaster Avoidance*. Quayaquil : International Network for Bamboo and Rattan, 2002.

- MOLES, O. 2010. *Reconstruction post séisme 2010. Etat des Lieux des différentes orientations d'intervention de partenaires Haïtiens. Mission du 21 juin au 1er juillet 2010*. Rapport de mission. Haïti : CRAterre-ENSAG, Secours Catholique-Caritas France.
- MOLES, O., 2011. *Reconstruction post séisme 2010. Projet de reconstruction de 100 maisons et 20 citernes à Cap Rouge. Suivi et Formation. Mission du 9 au 22 Octobre 2011*. Rapport de mission. Haïti : CRAterre-ENSAG, Secours Catholique-Caritas France.
- MOLES, O., HOSTA, J., 2009. *Sensibilisation aux systèmes constructifs adaptés à la région de Kabalo, République Démocratique du Congo*. Grenoble : CRAterre-ENSAG.
- MOLES, O., ISLAM, M.S., HOSSAIN, T.R., et al., 2013. « Improvement of vernacular housing in disaster prone areas in Bangladesh: a six year experience ». In : *Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development*. Londres : CRC Press / Taylor & Francis Group, octobre 2013. p. 683-688.
- MONNET, S., LANGLOIS, M., 2002. *Les diagnostics participatifs en milieu rural. L'exemple du projet Shepacc aux Philippines*. Lyon : Handicap International, janvier 2002. Coll. Collection Développement rural.
- MORA, S., ROUMAGNAC, A., ASTÉ, J.-P., et al., 2010. *Analysis of Multiple Natural Hazards in Haiti (NATHAT)*. Port-au-Prince : Government of Haiti, World Bank, Inter-American Development Bank, United Nations System.
- MORGAN, P., 1998. *Capacity and capacity development - Some strategies* [en ligne]. [s.l.] : CIDA. Disponible sur : < http://portals.wi.wur.nl/files/docs/spicad/14.%20capacity%20and%20capacity%20development_some%20strategies%20%28sida%29.pdf > (consulté le 1 août 2013).
- MORIN, O., 2011. *Comment les traditions naissent et meurent. La transmission culturelle*. Paris : Odile Jacob, 2011.
- MUKHERJEE, N., 1993. *Participatory Rural Appraisal. Methodology and Applications*. New Delhi : Concept Publishing Company, 1993. Coll. Studies in rural participation.
- MUKHOPADHYAY, P., DUTTA, S.C., 2008. *A reconnaissance based vulnerability and damage survey report at the Khulna and Barisal Division of Bangladesh. Effects of the cyclone Sidr of 15th november, 2007*. Howra : Bengal Engineering and Science University.
- MUMTAZ, H., MUGHAL, H.S., STEPHENSON, M., 2008. « The Challenges of Reconstruction after the October 2005 Kashmir Earthquake ». In : *2008 NZSEE Conference* [en ligne]. Wairakei : New Zealand Society for Earthquake Engineering, 2008. Disponible sur : < <http://www.nzsee.org.nz/db/2008/Contents.htm> > (consulté le 17 juillet 2013).
- NADERZADEH, A., 2009. « Application of seismic base isolation technology in Iran ». In : *Menshin Journal*. février 2009. n° 63, p. 40-47.
- NADERZADEH, A., 2009. « Historical Aspects of Seismic Base Isolation Application ». In : *International Symposium on Seismic Response Controlled Buildings for Sustainable Society* [en ligne]. Tokyo. 2009. Disponible sur : < http://www.cibw114.net/symposium2009/pdf/OS09_Ahmad_Naderzadeh.pdf > (consulté le 16 février 2013).
- NAKAHARA, K., HISATOKU, T., NAGASE, T., et al., 2000. « Earthquake response of ancient five-story pagoda structure of Horyu-Ji temple in Japan ». In : *12th World Conference on Earthquake Engineering* [en ligne]. Auckland : [s.n.], 2000. Disponible sur : < <http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/1229.pdf> > (consulté le 2 octobre 2011).
- NARAFU, T., IMAI, H., MATSUZAKI, S., et al., 2008. « Basic study for bridge between engineering and construction practice of non-engineered houses ». In : *14th World Conference on Earthquake*

- Engineering* [en ligne]. Beijing : International Association for Earthquake Engineering, 2008. Disponible sur : < http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14_S18-003.PDF > (consulté le 30 octobre 2013).
- NEOGI, M.H., 2001. *Focus Group Discussion (FGD). In Training. Needs Assessment and Evaluation (Theory and Practices)*. Dhaka : A. H. Development Publishing House, 2001.
- NIKER, 2010. *Inventory of earthquake-induced failure mechanisms related to construction types, structural elements, and materials* [en ligne]. Annex 2 – Contributions of Partners. [s.l.] : NIKER-New integrated knowledge based approaches to the protection of cultural heritage from earthquake-induced risk. Disponible sur : < <http://www.niker.eu> > (consulté le 20 septembre 2013).
- NOAA (dir.), 2009. *Stakeholder Engagement Strategies for Participatory Mapping* [en ligne]. Charleston : NOAA Coastal Services Center, 2009. Coll. Social Science Tools for Coastal Programs. Disponible sur : < <http://www.csc.noaa.gov/digitalcoast/publications/participatory-mapping> > (consulté le 11 janvier 2013).
- NORTON, J., CHANTRY, G., 2002. « More to lose: Establishing community capacity to reduce vulnerability to economic loss caused by storm damage to houses in Central Vietnam ». In : *Regional workshop on best practices in disaster mitigation*. Bali (Indonesia) : Suresh, V., 24 septembre 2002. p. 251-261.
- NORTON, J., CHANTRY, G., 2008. « Vaccinate your home against the storm- reducing vulnerability in Vietnam ». In : *Open House International*. juin 2008. Vol. 33, n° 2, p. 26-31.
- NSET, 2009. *SaferSociety. NSET's decade-long efforts to make communities earthquake-safe and Annual Report 2008*. Rapport annuel. Kathmandu : National Society for Earthquake Technology- Nepal.
- OAKLEY, P., 1991. *Projects with people: the practice of participation in rural development*. Genève : International Labour Office, 1991.
- OAS, 2001. *Structural Vulnerability Assessment for St. Kitts and Nevis. Post-Georges Disaster Mitigation Project in Antigua & Barbuda and St. Kitts & Nevis*. Washington, DC : Organization of American States Unit of Sustainable Development and Environment.
- OECD, 2002. *Glossaire des principaux termes relatifs à l'évaluation et la gestion axée sur les résultats*. Paris : Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).
- OCDE/CAD, 2006. *Relever le défi posé par le renforcement des capacités. Evoluer vers de bonnes pratiques*. Paris : Organisation de Coopération et de Développement Economiques, 2006. Coll. Lignes directrices et ouvrages de référence du CAD.
- OLIVER, P. (dir.), 1969. *Shelter and Society*. Londres : Barrie & Rockliff: the Cresset Press, 1969.
- OLIVER, P., 1987. *Dwellings. The House across the World*. Oxford : Phaidon, 1987.
- OLIVER, P. (dir.), 1997. *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Cambridge : Cambridge University Press, 1997.
- OLIVER, P., 2003. *Dwellings: The Vernacular House World Wide*. Londres : Phaidon Press, 2003.
- OLIVER, P., 2006. *Built to meet needs: cultural issues in vernacular architecture*. Amsterdam, Londres : Architectural Press, Elsevier, 2006.
- OLIVER-SMITH, A., 1996. « Anthropological research on hazards and disasters ». In : *Annual Review of Anthropology*. 1996. Vol. 25, p. 303-328.
- OLIVIER DE SARDAN, J.-P., 2000. « Rendre compte des points de vue des acteurs : principes

méthodologiques de l'enquête de terrain en sciences sociales ». In : *Les enquêtes participatives en débat: ambitions, pratiques, enjeux*. Paris : Editions Karthala.

- PAPACCIO, V., 1993. « Il telaio ligneo (opus craticium) ercolanese: considerazioni e ricerche sui requisiti antisismici ». In : *Ercolano 1738-1988, 250 anni di ricerca archeologica*. Rome : L'Erma di Bretschneider, 1993. p. 609-616.
- PAUL, S., 1987. *Community Participation in Development Projects. The World Bank Experience*. Washington : The World Bank, 1987. Coll. World Bank Discussion Papers, 6.
- PENALBA, C.U., 1981. « A review of the seismic behaviour of earthen housing in Nicaragua ». In : *Proceedings of International Workshop*. Albuquerque : The National Science Foundation; Appropriate Technology International (ATI); Office of Foreign Disaster Assistance (OFDA), 1981. p. 311-334.
- PICHARD, P., 1984. *Après un séisme: mesures d'urgence, évaluation des dommages*. Paris : UNESCO, 1984. Coll. Etudes et documents sur le patrimoine culture, 6.
- PIEROTTI, P., 2005. « Land-use planning and building policies ». In : *Ancient Buildings and Earthquakes. The Local Seismic Culture approach: principles, methods, potentialities*. Bari : Edipuglia. p. 91-113.
- PIEROTTI, P., ULIVIERI, D., 2001. *Culture sismiche locali. Garfagnana e Lunigiana*. Pisa : Edizioni Plus-Università di Pisa, 2001.
- PIKE, K.L., 1967. *Language in relation to a unified theory of the structure of human behavior*. [s.l.] : Mouton, juin 1967.
- PINTO, A.V., TAUCER, F. (dir.), 2007. *Field manual for post-earthquake damage and safety assessment and short term countermeasures (AeDES)*. European Communities : European Commission Joint Research Centre Institute for the Protection and Security of the Citizen, 2007.
- PLACANICA, A., 1985. *Il filosofo e la catastrofe: un terremoto del Settecento*. Torino : Einaudi, 1985.
- PORPHYRIOS, D.T.G., 1971. « Traditional Earthquake-Resistant Construction on a Greek Island ». In : *Journal of the Society of Architectural Historians*. 1 mars 1971. Vol. 30, n° 1, p. 31-39.
- POURSOULIS, G., 2005. « Geological factors part in the Minoan society vulnerability process (Crete-Greece) ». In : *Environnemental dynamics and History in Mediterranean areas*. Paris : Elsevier, avril 2005.
- POURSOULIS, G., 2011. « L'évolution d'une culture sismique locale : de l'habitat à la ville (Crète à l'Age de Bronze) ». In : *Aléas naturels, catastrophes et développement local*. Villefontaine : CRATERE Editions.
- POURSOULIS, G., 2012. « Le séisme de L'Aquila : aspects patrimoniaux et archéosismicité ». In : *Archéosismicité et tsunamis en Méditerranée. Approches croisées*. Perpignan : Groupe APS.
- POURSOULIS, G., DALONGEVILLE, R., HELLY, B., 2000. « Destruction des édifices minoens et sismicité récurrente en Crète (Grèce) / Recurrent seismicity and the destruction of Minoan constructions in Crete (Greece) ». In : *Géomorphologie : relief, processus, environnement*. 2000. Vol. 6, n° 4, p. 253-265.
- POURTOIS, J.-P., DESMET, H., 2007. *Epistémologie et instrumentation en sciences humaines*. Wavre : Editions Mardaga, 2007. Coll. PSY-Théories, débats, synthèses. 2007.
- PRETTY, J.N., 1995. « Participatory learning for sustainable agriculture ». In : *World Development*. août 1995. Vol. 23, n° 8, p. 1247-1263.
- PRETTY, J.N., 2000. « Des systèmes de recherche alternatifs pour une agriculture durable ». In : *Les enquêtes*

participative en débat. Ambitions, pratiques et enjeux. Paris : Editions Karthala. p. 29-54.

- PRETTY, J.N., CHAMBERS, R., 1993. *Towards a Learning Paradigm: New Professionalism and Institutions for Agriculture.* Londres : Institute of Development Studies, 1993. Coll. IDS Discussion Paper, 334.
- PRETTY, J.N., GUIJT, I., THOMPSON, J., et al., 1995. *A Trainer's Guide for Participatory Learning and Action.* Londres : International Institute for Environment and Development, 1995. Coll. IIED Participatory Methodology Series.
- PROJET SPHÈRE, 2011. *La Charte humanitaire et les standards minimums de l'intervention humanitaire.* Rugby : Practical Action Publishing, Schumacher Centre for Technology and Development, 2011.
- QAMARUDDIN, M., AL-HARTHY, A., 2000. « Earthquake hazards potential in Oman ». In : *12th World Conference on Earthquake Engineering* [en ligne]. Auckland : [s.n.], 2000. Disponible sur : < <http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/1943.pdf> > (consulté le 10 octobre 2011).
- QUINTALLET, N., SAMIN, E., 2012. *De l'expérience d'une étude de faisabilité à l'appropriation d'une démarche. Évaluation de la pertinence de l'utilisation de matériaux et de savoirfaire locaux dans le cadre du projet d'amélioration de l'habitat et des conditions de vie mené par la collaboration Casa de la Mujer – Fondation Abbé Pierre – Habitat Cité (Granada / Nicaragua).* Diplôme de Spécialisation et d'Approfondissement – Architecture de Terre. Grenoble : laboratoire CRAterre, École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble. 2012.
- RAHNEMA, M., 1992. « Participation ». In : *The Development Dictionary. A Guide to Knowledge as Power.* Zed Books. Londres : [s.n.]. p. 116-131.
- RAMIS, M., 2008. « Adaptive intelligence. Dry stone walls of Mallorca ». In : *Stonexus.* 2008. Vol. VIII, p. 55-60.
- RAMOS, L.F., LOURENÇO, Pa.B., 2003. « Seismic Analysis of the Old Town Buildings in "Baixa Pombalina" - Lisbon, Portugal ». In : *9th North American Masonry Conference* [en ligne]. Clemson, South Carolina (USA) : [s.n.], 1 juin 2003. p. 932-941. Disponible sur : < www.civil.uminho.pt/masonry/Publications/.../2003_Ramos_Lourenco.pdf > (consulté le 2 février 2011).
- RANTUCCI, G., 1994. *Geological Disasters in the Philippines: The July 1990 Earthquake and the June 1991 Eruption of Mount Pinatubo : Description, Effects and Lessons Learned.* Roma : DIANE Publishing, 1994.
- RAPOPORT, A., 1969. *House Form and Culture.* Englewood Cliffs : Prentice-Hall, 1969.
- RAPOPORT, A., 1976. *The mutual interaction of people and their built environment : a cross-cultural perspective.* The Hague : Mouton, 1976.
- RAPOPORT, A., 2003. *Culture, architecture et design.* Gollion : Infolio Editions, 2003.
- RAPOPORT, A., 2007. « Culture and the urban order ». In : *The city in cultural context.* Oxon : Routledge. p. 1960-1975.
- RASHID, R., 2007. « Traditional House of Bangladesh: Typology of house according to materials and location ». In : *Virtual Conference on Sustainable Architectural Design and Urban Planning.* [s.l.] : AsiaSustainabilityNet.upc.edu, 2007.
- RAUTELA, P., JOSHI, G.C., 2008a. « Earthquake-safe Koti Banal architecture of Uttarakhand, India ». In : *Current Science.* 25 août 2008. Vol. 95, n° 4, p. 475-481.
- RAUTELA, P., JOSHI, G.C., 2008b. « Earthquake-safe Koti Banal architecture of Uttarakhand, India ». In : *Current Science.* 25 août 2008. Vol. 95, n° 4, p. 475-481.

- RAUTELA, P., JOSHI, G.C., SINGH, Y., et al., 2008. 150 : *Timber-reinforced Stone Masonry (Koti Banal Architecture) of Uttarakhand and Himachal Pradesh, Northern India* [en ligne]. World Housing Encyclopedia. [s.l.] : Earthquake Engineering Research Institute (EERI) et International Association for Earthquake Engineering (IAEE). Coll. housing report. Disponible sur : < http://world-housing.net/whesearch1list.php?cmb_COUNTRY=INDIA&con=asia > (consulté le 25 août 2011).
- RAWAL, V., PRAJAPATI, D., 2007. *Assessing Damage after Disasters. a Participatory Framework and Toolkit*. Ahmedabad : UNNATI-Organisation for development Education, 2007.
- REDLAC, 2006. *Methodology for Rapid Humanitarian Assessment*. Panama : RedLAC, décembre 2006.
- RENPING, W., ZHENYU, C., 2006. « An ecological assessment of the vernacular architecture and of its embodied energy in Yunnan, China ». In : *Building and Environment*. mai 2006. Vol. 41, n° 5, p. 687-697.
- RÉPUBLIQUE D'HAÏTI, 2004. *Rapport National sur la Prévention des catastrophes, préparé dans le cadre de la Conférence Mondiale sur la Prévention des Catastrophes, Kobe-Hyogo, Japon, Janvier 2005* [en ligne]. Port-au-Prince : Ministère de l'Intérieur, Direction de la Protection Civile. Disponible sur : < <http://www.unisdr.org/2005/mdgs-drr/national-reports/Haiti-report.pdf> > (consulté le 17 avril 2014)
- REVET, Sandrine, 2008. « Les organisations internationales et la gestion des risques et des catastrophes « naturels » ». In : *Les Études du CERI* [en ligne]. septembre 2008. n° 157. Disponible sur : < <http://www.sciencespo.fr/ceri/sites/sciencespo.fr/ceri/files/etude157.pdf> > (consulté le 1 décembre 2012).
- REVI, A., KISHORE, K., 1994. « Post-Earthquake Reconstruction in Marathwada ». In : *Architecture+Design*. avril 1994. p. 17-24.
- RIETBERGEN-MCCRACKEN, J., NARAYAN-PARKER, D., 1998. *Participation and Social Assessment: Tools and Techniques*. [s.l.] : World Bank Publications, 1998.
- ROEGIERS, X., 2003. *Analyser une action d'éducation ou de formation: analyser les programmes, les plans et les projets d'éducation ou de formation pour mieux les élaborer, les réaliser et les évaluer*. De Boeck Supérieur Université, 2003.
- ROLNIK, R., 2011. A/66/270 : *Rapport de la Rapporteuse spéciale des Nations Unies sur le droit à un logement convenable*. [s.l.] : Haut-Commissariat des Nations Unies aux droits de l'homme.
- RUDOFISKY, B., 1965. *Architecture Without Architects. A Short Introduction to Non-Pedigreed Architecture*. New York : Doubleday, 1965.
- RUGGIERI, N., 2005. « La casa antisismica ». In : *International Conference on the Conservation of Historic Wooden Structures*. Firenze : Collegio degli Ingegneri della Toscana, février 2005. p. 141-146.
- SAARC, 2008. *Indigenous Knowledge for Disaster Risk Reduction in South Asia*. New Delhi : SAARC, Disaster Management Centre, novembre 2008.
- SAKLANI, P.M., NAUTIYAL, V., NAUTIYAL, KP, 1999. « Sumer, Earthquake Resistant Structures in the Yamuna Valley, Garhwal Himalaya, India ». In : *South Asian Studies*. 1999. Vol. 15, p. 55-65.
- SALEME, H., NAVARRO, A.T., 2002. « Seismic Security and Bamboo: past, present and future ». In : *Proceedings of the International Workshop on the Role of Bamboo in Disaster Avoidance*. Quayaquil : International Network for Bamboo and Rattan, 2002.
- SAUVAGE, M., 2011. « Construction work in Mesopotamia in the time of the third dynasty of Ur (end of the third millennium BC): Archaeological and Textual Evidence ». In : *TerrAsia 2011*. Mokpo : Department of Architecture of Mokpo National University, 2011. p. 40-50.

- SCHACHER, T., unpublished. *Knowledge Centre Seismic Building Culture. From non-engineered...to pre-engineered structures.*
- SCHACHER, T., 2005. « Earthquake resistant construction methods of the Inca ». In : *Sismo Adobe 2005, Arquitectura, Construcción y Conservación de Edificaciones de Tierra en Áreas Sísmicas*. présentation de colloque. Lima. Mai 2005.
- SCHACHER, T., 2005. *Observations on the situation in the Kagan Valley, Pakistan hit by the 8 October 2005 earthquake*. [s.l.] : Swiss Agency for Development and Cooperation – Swiss Humanitarian Aid Unit.
- SCHACHER, T., 2008a. « Good Engineering without Appropriate Communication doesn't lead to Seismic Risk Reduction: some thoughts about appropriate knowledge transfer tools ». In : *14th World Conference on Earthquake Engineering*. Beijing (Chine) : International Association for Earthquake Engineering, 12 octobre 2008.
- SCHACHER, T., 2008b. « Timber reinforced stone masonry in Northern Pakistan in the context of the post-earthquake reconstruction efforts ». In : *Azores 2008 - International Seminar on Seismic Risk and Rehabilitation of Stone Masonry Housing*. Horta : [s.n.], 2008.
- SCHACHER, T., 2009. *Confined masonry for one and two storey buildings in low-tech environments. A guidebook for technicians and artisans*. Kanpur : National Information Centre of Earthquake Engineering, 2009.
- SCHILDERMAN, T., 2004. « Adapting traditional shelter for disaster mitigation and reconstruction: experiences with community-based approaches ». In : *Building Research & Information*. 2004. Vol. 32, n° 5, p. 414-426.
- SCHLOSSER, F., 1969. « La terre armée ». In : *Bulletin Liaison laboratoire Routiers des Ponts et Chaussée*. Novembre 1969. n° 41, p. 101-144.
- SCHLOSSER, F., 1973. « La terre armée. Recherches et réalisations ». In : *Bulletin Liaison laboratoire des Ponts et Chaussées*. Décembre 1973. n° 62, p. 79-92.
- SCHNEIDER, C., 2012. *Sustainable Reconstruction in Urban Areas. A Handbook*. Genève : Skat – Swiss Resource Centre and Consultancies for Development International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2012.
- SCHÖNHUTH, M., KIEVELITZ, U., 1995. *Participatory Learning Approaches. Rapid Rural Appraisal, Participatory Appraisal. An introductory guide* [en ligne]. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit- GTZ GmbH. [s.l.] : [s.n.], 1995. Disponible sur : < <http://www.uni-trier.de/index.php?id=43854> > (consulté le 18 janvier 2013).
- SCHOONMAKER FREUDENBERGER, K., 1999. *Évaluation Rurale Rapide (RRA). Un manuel destiné aux partenaires et aux travailleurs extérieurs de CRS*. Baltimore : Catholique Relief Service, 1999.
- SCOONES, I., THOMPSON, J. (dir.), 1999. *La reconnaissance du savoir rural : savoir des populations, recherche agricole et vulgarisation*. Paris : Editions Karthala, 1999. Coll. Économie et développement.
- SCOTT, N., 2012. *L'approche Cluster* [en ligne]. [s.l.] : Section du soutien à la coordination humanitaire OCHA. Disponible sur : < http://ochanet.unocha.org/p/Documents/OCHA%20on%20Message_Cluster%20Approach_vFR.pdf > (consulté le 5 avril 2013).
- SEGAUD, M., BRUN, J., DRIANT, J.-C., 2002. *Dictionnaire de l'habitat et du logement*. Paris : Armand Colin, 2002.
- SELLAMNA, N.-E., LAVIGNE-DELVILLE, P., 2000. « Introduction ». In : *Les enquêtes participatives en débat: Ambition, pratiques et enjeux*. Paris : Editions Karthala. p. 5-16. 2000.

- SEN, A., 1999. *Development as Freedom*. Oxford : Oxford University Press, 1999.
- SERAJ, S.M., HODGSON, R.L.P., AHMED, K. I. (dir.), 2000. *Village Infrastructure to Cope with the Environment. Proceedings of the Third Housing and Hazards and the Rural Community Conference*. Dhaka & Exeter : Bangladesh University of Engineering and Technology, University of Exeter, novembre 2000.
- SERAJ, S.M., HODGSON, R.L.P., CHOUDHURY, J.R. (dir.), 2000. *Affordable Village Building Technologies: from research to realisation. Proceedings of the Second Dhaka Housing & Hazards International Seminar, Dhaka/Bangladesh, 6th to 8th February 1999*. Dhaka & Exeter : Bangladesh University of Engineering and Technology, University of Exeter, 2000.
- SEVERN, R.T., 2012. « Understanding earthquakes: from myth to science ». In : *Bulletin of Earthquake Engineering*. 1 avril 2012. Vol. 10, n° 2, p. 351-366.
- SHAW, R., TAKEUCHI, Y., 2007. « Indigenous skills in disaster reduction. Application to flood mitigation in Japan ». In : *Tech Monitor*. décembre 2007. Vol. Special Feature : Natural Disaster Management Technologies, p. 20-26.
- SHAW, R., UY, N., BAUMWOLL, J., 2008. *Indigenous Knowledge for Disaster Risk Reduction: Good Practices and Lessons Learned from Experiences in the Asia-Pacific Region*. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. Bangkok : [s.n.], 2008.
- SHAH, V.R., TAYYIBJI, R., 2008. « The Kashmir House its Seismic Adequacy and the Question of Social Sustainability ». In : *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*. Beijing : International Association for Earthquake Engineering, 2008.
- SHEETS, P. (dir.), 2002. *Before the Volcano Erupted: The Ancient Cerén Village in Central America*. Austin : University of Texas Press, 2002.
- SHIPING, H., 1991. « The Earthquake-Resistant Properties of Chinese Traditional Architecture ». In : *Earthquake Spectra*. août 1991. Vol. 7, n° 3, p. 355-389.
- SHIVA, V., 2001. *Protect Or Plunder? Understanding Intellectual Property Rights*. New Delhi : Zed Books, 2001.
- SHRESTHA, S.N., DIXIT, A.M., 2008. « A hierarchical system for training and awareness raising at grass roots level: Experiences of NSET from earthquake-resistant housing reconstruction in Pakistan ». In : *14th World Conference on Earthquake Engineering*. Beijing : International Association for Earthquake Engineering, 2008.
- SIGNORELLI, A., 2005. « Catastrophes naturelles et réponses culturelles ». In : *Terrain*. 22 avril 2005. n° 19, p. 147-158.
- SINHA, R., BRZEV, S., KHAREL, G., 2004. « Indigenous Earthquake-Resistant-Technologies. An Overview ». In : *13th World Conference on Earthquake Engineering* [en ligne]. Vancouver : [s.n.], 2004. Disponible sur : < www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/13_5053.pdf > (consulté le 21 novembre 2011).
- SLIM, H., MITCHELL, G.R., 1992. « The application of RAP and RRA techniques in emergency relief programmes ». In : *Rapid Assessment Procedures - Qualitative Methodologies for Planning and Evaluation of Health Related Programmes* [en ligne]. Boston : [s.n.], 1992. Disponible sur : < <http://archive.unu.edu/unupress/food2/UIN08E/UIN08EOR.HTM#19.%20the%20application%20of%20rap%20and%20rra%20techniques%20in%20emergency%20relief%20programmes> > (consulté le 6 mars 2013).
- SMIT, B., WANDEL, J., 2006. « Adaptation, adaptive capacity and vulnerability ». In : *Global Environmental Change*. août 2006. Vol. 16, n° 3, p. 282-292.

- SMITS, G. 2011. « Building on Fault Lines ». In : *Tsunami. Japan's Post-Fukushima Future*. Washington : Foreign Policy. p. 67-89.
- SOMDA, J., FAYE, A., N'DJAJA OUAGA, H., 2011. *Trousse à outils - Planification et suivi-évaluation des capacités d'adaptation au changement climatique. Manuel et Guide d'utilisation*. [en ligne]. Niamey : Centre Régional AGRHYMET, 2011. 88 p. Disponible sur : < http://cmsdata.iucn.org/downloads/top_secac_agrhymet_edition_francaise_combine_1.pdf > (consulté le 8 février 2013).
- SPECIALE, A., 2008. « Cent'anni di baracche e solitudine ». In : *Apulia II* [en ligne]. Juin 2008. Disponible sur : < <http://www.bpp.it/Apulia/html/archivio/2008/II/art/R08II136.htm> > (consulté le 9 juillet 2011).
- STANISLAWSKI, D., 2011. *Structural Responses and Finite Element Modeling of Hakka Tulou Rammed Earth Structures*. Master of Science in Civil Engineering. Morgantown : College of Engineering and Minerla Resources, West Virginia University. 2011.
- STIGLITZ, J.E., 1998. « Towards a new paradigm for development ». In : *9th Raul Prebisch Lecture* [en ligne]. conférence. Genève. Octobre 1998. Disponible sur : < <http://unctad.org/en/Docs/prebisch9th.en.pdf> > (consulté le 28 mars 2013).
- STIROS, S.C., 1995. « Archaeological evidence of antiseismic constructions in antiquity ». In : *Annali di Geofisica*. Décembre 1995. Vol. 38, n° 5-6, p. 725-736.
- STOUTER, P., 2010a. *Haitian Wisdom for Aid Buildings* [en ligne]. [s.l.] : Disponible sur : < haiti-patrimoine.org/?p=271 > (consulté le 1 décembre 2010).
- STOUTER, P., 2010b. *Self-Help Housing for Haiti. Recreating the Vernacular with Safer Materials* [en ligne]. [s.l.] : Disponible sur : < <http://www.earthbagstructures.com/PDFs/Self-helpHousingforHaiti.pdf> > (consulté le 6 octobre 2010).
- SUMANOV, L., 2003. « Transfer of knowledge for saving human lives living tradition: Use of traditional horizontal timber belts as anti-seismic elements ». In : *14th ICOMOS General Assembly and International Symposium: 'Place, memory, meaning: preserving intangible values in monuments and sites'* [en ligne]. Victoria Falls, Zimbabwe : [s.n.], 2003. p. 1-11. Disponible sur : < <http://www.international.icomos.org/victoriafalls2003/papers/B3-3%20-%20Sumanov%20%2B%20photos.pdf> > (consulté le 28 avril 2013).
- TAKEUCHI, Y., KAMEDA, H., SHAW, R., et al., 2007. « Experiences from Japan on Flood Disasters ». In : *Idea Workshop on Indigenous Technology For the Contents Development of Disaster Reduction Hyperbase (DRH)* [en ligne]. Delhi. 2007. Disponible sur : < http://drh.edm.bosai.go.jp/Project/Phase2/2Events/4_Delhi/070219_3_DRH%28Takeuchi%29.pdf > (consulté le 6 décembre 2012).
- TAKEUCHI, Y., SHAW, R., 2008. « Traditional Flood Disaster Reduction Measures in Japan ». In : *Indigenous Knowledge for Disaster Risk Reduction: Good Practices and Lessons Learned from Experiences in the Asia-Pacific Region*. Bangkok : United Nation International Strategy for Disaster Reduction. p. 23-26.
- THAKKAR, J., 2008. *Mātrā : ways of measuring vernacular built forms of Himachal Pradesh*. Ahmedabad India : SID Research Cell School of Interior Design CEPT University, 2008.
- THAKKAR, J., MORRISON, S., 2008. *Matra. Ways of Measuring Vernacular Built Forms of Himachal Pradesh*. Ahmedabad : SID research Cell, School of Interior Design, faculty of Design, CEPT University, 2008.
- TIPPLE, G., SPEAK, S., 2003. R7590 : *The Nature and Extent of Homelessness in Developing Countries*. project report. Newcastle : CARDO, University of Newcastle upon Tyne, DFID.

- TITHI, N.K., 2010. *Revisiting Sharankhola. A review of post-Sidr housing projects in Bangladesh*. Master of Arts. Oxford : Center for development and Emergency Practices, Oxford Brookes University. 2010.
- TOBRINER, S., 1998. *Response of Traditional Wooden Japanese Construction* [en ligne]. Berkeley : University of California at Berkeley National Institute Service for Earthquake Engineering. Disponible sur : < <http://nisee.berkeley.edu/kobe/tobriner.html> > (consulté le 19 août 2012).
- TOBRINER, S., 2000. « Wooden architecture and earthquakes in Istanbul: A Reconnaissance Report and Commentary on the performance of wooden structures in the Turkish earthquakes of 17 August and 12 November 1999 ». In : «*Traditional" knowledge: learning from experience*. Berkeley : IASTE, International Association for the Study of Traditional Environments. Coll. Traditional Dwellings and Settlements Working Paper Series. p. 16-63.
- TOULIATOS, P., 1996. « Prevencion de desastres sismicos en la historia de las estructuras en Grecia ». In : MANSILLA, E. (dir.), *Desastres: Modelo para armar. Coleccion de piezas de un rompecabezas social* [en ligne]. Lima : Red de Estudios Sociales en Prevencion de Desastres en América Latina (La Red). p. 277-297. Disponible sur : < www.solucionespracticas.org.pe/publicacionessp/descarga.php?id=MTUz > (consulté le 11 août 2011).
- TOULIATOS, P., 2003. « The box framed entity and function of the structures: The importance of wood's role ». In : *Proceedings of International Seminar Restoration of Historic Buildings in Seismic Areas: the Case of Settlements in the Aegean* [en ligne]. Athènes : European Centre on Prevention and Forecasting of Earthquakes, 2003. p. 98-115.
- TOURÉ, E.H., 2010. « Réflexion épistémologique sur l'usage des focus groups : fondements scientifiques et problèmes de scientificité ». In : *Recherches qualitatives*. 2010. Vol. 29, n° 1, p. 5-27.
- TREMBLAY, M.-A., 1968. *Initiation à la recherche dans les sciences humaines*. Montréal : McGraw-Hill Editeurs, 1968.
- TSAI, P.-H., 2009. *Seismic Evaluation of Traditional Timber Structures in Taiwan* [en ligne]. PhD Thesis. Bath : Department of Architecture and Civil Engineering, University of Bath. 2009. Disponible sur : < <http://opus.bath.ac.uk/20408/> > (consulté le 28 juillet 2011).
- TSAKANIKA-THEOHARI, E., 2009. « The constructional analysis of timber load bearing systems as a tool for interpreting Aegean Bronze Age architecture ». In : *Proceedings of the Symposium 'Bronze Age Architectural Traditions in the Eastern Mediterranean: Diffusion and Diversity'*. Weilheim : Verein zur Forderung der Aufarbeitung der Hellenischen Geschichte, 2009. p. 127-139.
- TURNER, J.F.C., 1972. « Housing as a verb ». In : *Freedom to build*. New York : Macmillan.
- TWIGG, J., 2004. *Disaster Risk Reduction. Mitigation and preparedness in development and emergency programming* [en ligne]. London : Humanitarian Practice Network, Overseas Development Institute, mars 2004. Coll. Good Practice Review, 9. Disponible sur : < <http://www.odihpn.org/hpn-resources/good-practice-reviews/disaster-risk-reduction-mitigation-and-preparedness-in-aid-programming> > (consulté le 22 mai 2012).
- UNCHS. 2001. *Assessment of vulnerability to flood impact and damages*. [s.l.] : Disaster Management Programme, United Nations Centre for Human Settlements (Habitat).
- UNDP, 2004. *Reducing disaster risk. A challenge for development. A global report*. New York : United Nations Development Programme, Bureau for Crisis Prevention and Recovery.
- UNDP, 2009. *Développement des capacités: un guide du PNUD*. New York : Programme des Nations Unies pour le Développement, 2009.

- UNDP, 2010. *Cyclone Aila. Joint UN multi-sectoral assessment & response framework*. New York : United Nations. UNDP, 1998. *Capacity Assessment and Development in a Systems and Strategic Management Context*. [s.l.] : Programme des Nations Unies pour le Développement, 1998. Coll. Technical Advisory Paper, 3.
- UNDRO, 1982. *Shelter after disaster. Guidelines for Assistance*. Genève : Office of the United Nation Disaster Relief Co-ordinator, United Nations, 1982.
- UNEP, 2008. *Environmental Needs Assessment in Post-Disaster Situations. A Practical Guide for Implementation*. Nairobi : United Nations Environment Programme, 2008.
- UNESCO, 1993. 677 : *World Heritage List: Baroque churches of the Philippines* [en ligne]. Advisory Body Evaluation. [s.l.] : UNESCO. Disponible sur : < http://whc.unesco.org/archive/advisory_body_evaluation/677bis.pdf > (consulté le 19 septembre 2012).
- UN-HABITAT, 2010. *Le droit à un logement convenable* [en ligne]. Fiche d'information. Genève : Haut-Commissariat des Nations Unies aux droits de l'homme. Disponible sur : < http://www.ohchr.org/Documents/Publications/FS21_rev_1_Housing_fr.pdf >
- UN-HABITAT, 2011. *Housing After Disaster Guide. The ERRA experience in Pakistan. Support for Programmatic and Technical Decisions*. Islamabad : UN-HABITAT Pakistan, 2011.
- UN-HABITAT PAKISTAN, 2010. *Monsoon Flood 2010 Pakistan. Rapid Technical Assessment of Damage and Needs for Reconstruction in Housing Sector* [en ligne]. Islamabad : United Nations Human Settlements Programme, National Disaster Management Authority. Disponible sur : < www.unhabitat.org.pk >
- UNHCR, 2006. *The UNHCR Tool for Participatory Assessment in Operations*. Genève : Office of the United Nations High Commissioner for Refugees, 2006.
- UNHCR, 2008. *A Community-based Approach in UNHCR Operations*. Genève : Office of the United Nations High Commissioner for Refugees, 2008.
- UNISDR, 2004. *Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives* [en ligne]. Genève : United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 2004. Disponible sur : < <http://www.unisdr.org/we/inform/publications/657> > (consulté le 15 mai 2012).
- UNISDR, 2007. *Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. Extract from the final report of the World Conference on Disaster Reduction*. Genève : United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2007.
- UNISDR, 2008. *Indigenous Knowledge for Disaster Risk Reduction: Good Practices and Lessons Learned from experiences in the Asia-pacific Region*. Bangkok : United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 2008.
- UNISDR, 2009a. *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*. Genève : United Nations International Strategy for Disaster Reduction.
- UNISDR, 2009b. *Terminologie pour la prévention des risques de catastrophes*. Genève : United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 2009.
- UNISDR, 2011. *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*. Genève : United Nations International Strategy for Disaster Reduction.
- UNISDR, 2013a. *Consultations sur le Cadre d'action post-2015 pour la réduction des risques de catastrophe (CAH2)*. Rapport de synthèse. Genève : United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- UNISDR, 2013b. *From Shared Risk to Shared Value : The Business Case for Disaster Risk Reduction. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*. Genève : United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

- UN-OCHA, 2006. *Exploring key changes and developments in postdisaster settlement, shelter and housing, 1982 - 2006*. Genève : United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, 2006.
- UN-OCHA, 2009. *Assessment and classification of emergencies (ACE) project. Mapping of key emergency need assessment and analysis initiatives*. [s.l.] : United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, février 2009.
- VAN AALST, M.K., CANNON, T. BURTON, I., 2008. « Community level adaptation to climate change: The potential role of participatory community risk assessment ». In : *Global Environmental Change*. février 2008. Vol. 18, n° 1, p. 165-179.
- VAN KRIMPEN-WINCKEL, L.M., 2009. *Ordiatio et dispositio : design and meaning in Pompeian private architecture*. PhD thesis. Leiden : Faculty of Archaeology, Leiden University. Février 2009.
- VAN VELDHUIZEN, L., WATERS-BAYER, A., WETTASINHA, C., 2005. « Participatory Technology Development Where There is No Researcher ». In : *Participatory Research and Development for Sustainable Agriculture and Natural Resource Management. A Sourcebook*. Laguna, Ottawa : International Development Research Centre, International Potato Center-Users' Perspectives with Agricultural Research and Development. p. 165-171.
- VELLINGA, M., OLIVER, P., BRIDGE, A., 2007. *Atlas of Vernacular Architecture of the world*. Londres : Routledge, 2007.
- VENTALON, M., DI CECCO, M., 2012. *Rapport final d'enquête sur les connaissances, attitudes et pratiques : phase 1* [en ligne]. rapport final phase 1: novembre 2011-janvier 2012. Haïti : Welthungerhilfe. Disponible sur : < http://www.preventionweb.net/files/25148_25148enquetecappremierephasehaitiwe.pdf > (consulté le 11 janvier 2013).
- VIEUX-CHAMPAGNE, Florent, 2013. *Analyse de la vulnérabilité sismique des structures à ossature en bois avec remplissage*. PhD thesis. Grenoble : Université de Grenoble. 2013.
- VINTZILEOU, E., TOULIATOS, P., 2005. « Seismic behaviour of the historical structural system of the island of Lefkada, Greece ». In : *STREMAH 2005, Ninth International Conference on Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture*. Malta : WIT Transaction on the Built Environment, juin 2005.
- VINTZILEOU, E., ZAGKOTSIS, A., REPAPIS, C., et al., 2007. « Seismic behaviour of the historical structural system of the island of Lefkada, Greece ». In : *Construction and Building Materials*. janvier 2007. Vol. 21, n° 1, p. 225-236.
- VROLIJKS, L., 1998. *Guidelines for community vulnerability analysis: an approach for Pacific Island countries*. Suva : South Pacific Disaster Reduction Programme, United Nations Department for Humanitarian Affairs et United Nations Department for Economic and Social Affairs, 1998.
- WALLS, A.G., 2004. « Arabian mud brick technology: some thoughts after the Bam earthquake ». In : *Construction History Society Newsletter*. 2004. Vol. 1, n° 69, p. 11-20.
- WFP, 2001. *Participatory techniques and tools. A WFP guide*. Rome : Strategy and Policy Division, World Food Programme, 2001.
- WHITELAW, T.M., 1983. « The settlement at Fournou Korifi, Myrtos and aspects of Early Minoan social organization ». In : *Minoan society : proceedings of the Cambridge Colloquium*, 1981. Bristol : Bristol Classical Press, 1983. p. 323-345.
- WHO (dir.), 2008. *A guide to developing Knowledge, Attitude and Practice Surveys*. [s.l.] : World Health Organization,, 2008. Coll. Advocacy, communication and social mobilization for TB control.

- WILCOCK, T., 2009. *Seismic Analysis of a Dhajji Dewari building. 3D Dynamic Analysis of a Dhajji Dewari House*. Dubai : Arup Gulf.
- WISNER, B., BLAIKIE, P., CANNON, T., et al., 2004. *At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. New York : Routledge, 2004.
- WORLD BANK (dir.), 1996. *The World Bank Participation Sourcebook*. Washington : World Bank Publications, 1996. Coll. Environmental Sustainable Development Publications.
- YALCINER, A.C., PERINCEK, D., ERSOY, S., et al., 2005. *December 26, 2004 Indian Ocean tsunami field survey, January 21–31, 2005, north of Sumatra Island* [en ligne]. UNESCO IOC Report. [s.l.] : Disponible sur : < <http://yalciner.ce.metu.edu.tr/sumatra/survey/yalciner-et-al-2005.pdf> > (consulté le 16 août 2013).
- YULIANTO, E., 2009. *Surviving a tsunami: lessons from Aceh and Southern Java, Indonesia* [en ligne]. Jakarta : UNESCO, 2009. Disponible sur : < <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001831/183133e.pdf> > (consulté le 19 avril 2013).
- ZACEK, M., 1996. *Construire Parasismique. Risque Sismique, Conception Parasismique des Bâtiments, Réglementation*. Marseille : Editions Parenthèses, 1996.
- ZACEK, M., 2004a. *Conception parasismique. Niveau avant-projet*. Villefontaine : Les Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau, 2004. Coll. Conception Parasismique.
- ZACEK, M., 2004b. *Vulnérabilité et renforcement*. Villefontaine : Les Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau, 2004. Coll. Conception Parasismique.
- ZÁMOLYI, F.G., ZÁMOLYI, A., 2005. « Documenting traditional Architecture and settlement structure in Eastern Indonesia - A Base for determining indigenous livelihood system sustainability and durability of traditional housing structure in the case of natural catastrophes ». In : *XX CIPA Symposium* [en ligne]. Torino : The International Committee for Documentation of Cultural Heritage, 2005. Disponible sur : < <http://cipa.icomos.org/index.php?id=62> > (consulté le 21 novembre 2011).
- ZHANG, P.C., LUO, K., LIAO, W.B., 2011. « Study on The Material and The Structure of Earth Building in Fujian ». In : *Advanced Materials Research*. octobre 2011. Vol. 368-373, p. 3567-3570.
- ZHIPING, Z., 2010. « Traditional Chinese Buildings and Their Performance in Earthquake ». In : *Earthquake-safe: Lessons to be Learned from traditional construction Proceedings of the International Conference on the Seismic Performance of Traditional Buildings* [en ligne]. Istanbul : ICOMOS International Wood Committee, 2010. Disponible sur : < <http://www.icomos.org/iwc/seismic/Zhiping.pdf> > (consulté le 1 octobre 2012).

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Fig.1:	Haïti, Jean Rabel, habitation vernaculaire, crédits: A. Caimi	15
Fig.2:	Indonésie, séisme et tsunami de 2004, crédits: A. Caimi.....	32
Fig.3:	Haïti: abris temporaires, crédits: A. Caimi	45
Fig.5:	Schéma : composants de projet.....	48
Fig.6:	Projets de référence, crédits: A. Caimi.....	50
Fig.7:	Localisation des programmes : Haïti et Bangladesh	51
Fig.8:	Schéma : groupes cibles	55
Fig.9:	Schéma : critères d'adoption	59
Fig.10:	Cap Rouge (Haïti), crédits: O. Moles	61
Fig.11:	Région de Chittagong, crédits: O. Moles.....	62
Fig.12:	Région de Dinajpur, protection de la base des poteaux selon techniques et coûts différents, crédits: A. Caimi ...	62
Fig.13:	Zone de Kenskoff (Haïti), reconstruction post-séisme : a) crédits: J. Hosta; b) crédits: A. Caimi	63
Fig.14:	Bangladesh, réinterprétation de la construction en terre et bambou, crédits: A. Caimi	63
Fig.15:	Cap Rouge (Haïti), intégration au paysage architectural, crédits: A. Caimi.....	64
Fig.16:	Zone de Kenskoff (Haïti), extension du module de base, crédits: A. Caimi.....	64
Fig.17:	Schéma : niveaux d'action	65
Fig.18:	Haïti: crédits: A. Caimi	68
Fig.19:	a) Indonésie, abris: crédits: A. Caimi.....	68
Fig.20:	Schéma : phases de gestion des crises et de prise en compte des cultures constructives locales	70
Fig.21:	Schéma : niveaux de renforcement des capacités	72
Fig.22:	Schéma : étapes du processus d'apprentissage	73
Fig.23:	Crédits: a) A. Caimi ; b) UN-HABITAT Pakistan ; c) NSET	76
Fig.24:	a) crédits: Caritas Bangladesh ; b) crédits : NSET ; c) crédits: A. Caimi	77
Fig.25:	Schéma : principes de formation/supervision à effet multiplicateur	78
Fig.26:	Schéma : principe de diffusion fractal	79
Fig.27:	Crédits: a) O. Moles ; b) Misereor ; c) T. Schacher.....	79
Fig.28:	Schéma : activités et publics considérés par projet	80
Fig.29:	Schéma : activités, supports et publics	81
Fig.30:	Schéma : échanges, sensibilisation et formation entre parties prenantes	83
Fig.31:	Schéma : les cultures constructives locales comme point de départ pour des activités dans le domaine de l'habitat en zones à risques.....	86
Fig.32:	Haïti, Les Cayes, sensibilisation de techniciens locaux à l'analyse des cultures constructives locales, crédits: A. Caimi.....	89
Fig.33:	Schéma : interconnexions entre facteurs d'influence	94
Fig.34:	Schéma : méthodologies et éléments de focalisation pour une analyse participative en contextes à risques	109
Fig.35:	Carte des références	116
Fig.36:	Schéma : éléments d'analyse	122
Fig.37:	Schéma : procédés d'analyse et principales sources d'information.....	128
Fig.38:	Cartographie : emplacement des habitats, utilisation des terres et typologies constructives	130
Fig.39:	Élaboration d'une carte de l'habitat (Inde), crédits: A. Caimi	130
Fig.40:	Utilisation de la carte lors de la visite du site (Bangladesh), crédits: A. Caimi.....	130
Fig.41:	Exemple cartographie : carte des risques, crédits: A. Caimi	131
Fig.42:	Crédits: a) A. Caimi ; b) E. Cauderay.....	132
Fig.43:	Visite accompagnée (Bangladesh), crédits: A. Caimi.....	133
Fig.44:	Exemple : visite accompagnée, crédits: A. Caimi.....	134
Fig.45:	Exemple : entretiens communautaires, crédits: A. Caimi.....	136
Fig.46:	Entretiens communautaires (Haïti), crédits : a) crédits: A. Caimi ; b) O. Moles.....	136
Fig.47:	Exemple : entretiens individuels, crédits: A. Caimi.....	137
Fig.48:	Entretiens individuels (Bangladesh), crédits: A. Caimi	137
Fig.49:	Exemple : entretiens avec des informateurs clés, crédits: A. Caimi	139
Fig.50:	Entretiens avec informateurs clés (Bangladesh), crédits: A. Caimi	139
Fig.51:	Groupes focalisés, crédits: A. Caimi	140
Fig.52:	Exemple: groupe focalisé, crédits: A. Caimi	141
Fig.53:	Relevé technique (Bangladesh), crédits: A. Caimi	142
Fig.54:	Exemple : relevé technique, crédits: A. Caimi	143
Fig.55:	Analyse de l'habitat individuel (Haïti), crédits: A. Caimi.....	143
Fig.56:	Schéma : aperçu synthétique de la méthodologie d'analyse	148
Fig.57:	Schéma : contextes et phases	149
Fig.58:	Activités de diffusion (Haïti), crédits: A. Caimi.....	152

Fig.59: Haïti : a) carte : localisation des zones de travail des partenaires haïtiens et phases de diffusion ; b) schéma : principe de diffusion parmi les organisations membres de la PADED.....	153
Fig.60: Bangladesh: a) carte : zones analysées et phases de travail ; b) schéma : principe de diffusion et d'application ..	159
Fig.61: Schéma : diffusion fractale inter et intra départements et niveaux de la même institution.....	161
Fig.62: Schéma : flexibilité des thématiques et paramètres considérés.....	164
Fig.63: Schéma : niveaux de complexité d'analyse (application/formation).....	165
Fig.64: Schéma : couvertures des rapports d'analyse	170
Fig.65: Schéma : caractérisation comparée des modalités d'analyse considérées.....	171
Fig.66: Haïti, Grande Rivière, effets du séisme de 2010 sur l'habitat vernaculaire, crédits: A. Caimi.....	175
Fig.67: Schéma : démarche d'analyse et structuration de la partie 3.....	178
Fig.68: <i>Les prisonniers des décombres</i> , source : http://www.potomitan.info	180
Fig.69: Représentation du tremblement de terre : source : http://pinktentacle.com2011/04/namazu-e-earthquake-catfish-prints	182
Fig.70: Pierre du village d'Aneyoshi (Japon), sources : a) Ko Sasaki, 2011 ; b) K. Ito : http://www.megalithic.co.uk ; c) Ajayisandra, http://coastalcare.org/2012/10/japan-tsunami-gives-lessons-on-disaster-management	182
Fig.71: a) Bangladesh et b) Italie, crédits: A. Caimi	184
Fig.72: a) crédits : Galinhola- Wikimedia Commons ; b) source : ACRC, Urb, 10-7-2 dans BARUCCI, 1990.....	185
Fig.73: Habitat vernaculaire parasinistre, crédits: P. Garnier	186
Fig.74: Schéma : facteurs d'influence et caractères des stratégies vernaculaires de réduction de la vulnérabilité.....	187
Fig.75: Bangladesh : mesures techniques permanentes, crédits: A. Caimi	188
Fig.76: Bangladesh : mesures techniques temporaires, crédits: A. Caimi	189
Fig.77: Bangladesh : mesures comportementales, crédits: a et c) A. Caimi; b) source : www.sos-arsenic.net	190
Fig.78: Schéma : caractères et spectre d'influence des mesures de réduction de la vulnérabilité se rapportant à une culture constructive du risque	191
Fig.79: Bangladesh : échelle territoriale, crédits: A. Caimi.....	193
Fig.80: Exemple 1, sources: a) SHAW, TAKEUCHI, 2007 ; b et c) HIRUNSALEE, JANMAIMOL, YUSUKE, et al. 2009 ; d) http://www.panoramio.com/photo/49502134 ; e) www.city.ogaki.lg.jp.e.ab.hp.transer.com	194
Fig.81: Exemple 2, sources: a) WHITELOW, 1983 ; b) POURSOUIS, DALONGEVILLE, HELLY, 2000 ; c) POURSOUIS, 2011	195
Fig.82: a) Pagode Sakyamuni temple de Fugong : photo, Gising- Wikimedia Commons ; dessin adapté de SHIPING 1991 b) Pagode du temple de Hōryū-ji : photo: www.artlex.com ; dessin adapté de http://www.univie.ac.at	196
Fig.83: Habitat vernaculaire (Indonésie), crédits: B. Wolff.....	197
Fig.84: Types d'ossature, sources : a) http://humanscribbles.blogspot.ch ; b) LANGAIS Géry. 2002. Maisons de Bambou. Paris: Editions Hazan	202
Fig.85: Herculaneum (Italie), sources : a) crédits Roger Ulrich, http://www.flickr.com/photos/roger_ulrich/5476483963 ; b) http://finkle.org/westmed.htm ; c) VAN KRIMPEN-WINCKEL, 2009	203
Fig.86: Haïti, crédits : a) A. Douline ; b) crédits : S. Kelley ; c) R. Langenbach	204
Fig.87: Effets des séismes, sources : a) DOGANGÜN, TULUK, LIVAOĞLU, ET AL., 2006 ; b) A. Douline ; c) T. Schacher.....	205
Fig.88: Turquie, crédits: A. Caimi	206
Fig.89: Cages en ossature, sources : a) DESAI, DESAI, 2007 ; b) M. Grodwhol ; c) EDELBERG, JONES, 1979	207
Fig.90: Schéma : système porteur ponctuel, catégorisation typologique	208
Fig.91: Cartographie de cas identifiés de systèmes porteurs ponctuel	209
Fig.92: Italie, sources : a) BARBISAN, 1997 ; b) E. Plateroti dans BARUCCI, 1990 ; c) TOBRINER, 1997	210
Fig.93: Maharastra (Inde), sources : a et b) BRZEV, GREENE, SINHA, 2002 ; c) REVI, KISHORE, 1994.....	211
Fig.94: Grèce, sources : a) KARABABA, 2007 ; b) FERRIGNI, HELLY, MAURO, ET AL., 2005 ; c) O. Moles.....	211
Fig.95: Parement souple, crédits : a et b) crédits: A. Caimi ; c) E. Cauderay ; d) source: LANGENBACH, KELLEY, SPARKS, ET AL., 2010	212
Fig.96: Structure avec parement en zone sismique, crédits: A. Caimi.....	212
Fig.97: Indonésie, sources crédits: a) Nata'alui Duha ; b et c) A. Caimi	213
Fig.98: Remplissage en éléments, crédits: A. Caimi	214
Fig.99: Variantes de remplissage et de répartition de la structure primaire (Turquie), crédits: A. Caimi.....	215
Fig.100: Cachemire pakistanais, sources : a, b et e) T. Schacher ; c et d) HIÇYILMAZ, BOTHARA, STEPHENSON, 2011	216
Fig.101: Turquie, crédits: R. Langenbach	216
Fig.102: Crédits : a et d) A. Caimi, b) M. Mas Gomes ; source: c) QUINTALLET, SAMIN, 2012	217
Fig.103: Cachemire pakistanais, crédits : a) O. Moles ; b) T. Schacher	218
Fig.104: Étapes de construction des murs avec armatures en bois, source: G. A. Rondelet 1832 dans BARUCCI, 1990	219
Fig.105: Murs des villes galliques, source: BARUCCI, 1990	219
Fig.106: Schéma : système porteur continu, catégorisation typologique	220
Fig.107: Cartographie de cas identifiés de systèmes porteurs continu	221
Fig.108: Imbrication et ancrage de blocs en pierre, sources: a) NIKER 2010 ; b) E. Samin ; c) F. Bandarini, UNESCO	222
Fig.109: Sources : a) STIROS, 1995 ; b) NIKER 2010	223
Fig.110: Bourrage, crédits: a) A. Caimi ; sources : b) Wikipedia ; c) MEDA CORPUS, 2011.....	223

Fig.111: Renforts, crédits: a, b et d) A. Caimi ; c) R. Langenbach	224
Fig.112: Earthquake Baroque, sources : a et b) architecturalmoleskine.blogspot.com ; c) skyscrapercity.com	225
Fig.113: Renforcements postérieurs à la construction d'origine (Atrani, Italie), crédits: A. Caimi.....	225
Fig.114: Basilique de Agios Nikolaos, sources : a et b) Buchhändler, Wikipedia ; c) a3-3gymthes.blogspot.com.....	226
Fig.115: Insertions en tirant en bois, sources : a) focus.de ; b) LAGOMARSINO, 2012 ; c) MEDA CORPUS, 2011.....	228
Fig.116: Insertions en tirant métalliques, source : a et b) LANGENBACH, KELLEY, SPARKS, ET AL., 2010 ; c) crédits: A. Caimi....	229
Fig.117: Utilisation des insertions horizontales (Turquie), crédits: A. Caimi	229
Fig.118: Types d'insertions horizontales (Turquie), crédits: A. Caimi	230
Fig.119: Insertions à échelle, crédits : a, b et c) A. Caimi ; d) T. Schacher	230
Fig.120: Insertions en échelle (Turquie), crédits: A. Caimi.....	231
Fig.121: Système taq, crédits: R. Langenbach	231
Fig.122: Insertions en rondins (Algérie), sources : a) ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2008 ; b et c) FOUFA, 2007 ; d) MEDA CORPUS, 2011	232
Fig.123: Insertions en matériaux hétéroclites, crédits : a) A. Caimi ; b) D. Gandreau ; c)T. J. Tritten	233
Fig.124: Construction <i>kath-khuni / koti banal</i> , sources : a) RAUTELA, JOSHI, SINGH, ET AL., 2008 ; b et c) J. Thakkar	234
Fig.125: Variantes de construction, sources : a) http://hrishichandanpurkar.blogspot.ch ; b) RAUTELA, JOSHI, SINGH, ET AL., 2008 ; c) T. Schacher.....	234
Fig.126: Construction <i>cator and cribbage</i> , crédits : a) T. Schacher ; b) ismaili.net ; c) Plhiggs- Wikimedia Commons	235
Fig.127: Insertions horizontales et verticale (Turquie), crédits: A. Caimi.....	236
Fig.128: Sources: a) TOULIATOS, 1996 ; b et c) TSAKANIKI-THEOHARI, 2009	237
Fig.129: Variantes (Turquie), crédits: A. Caimi.....	237
Fig.130: Insertions horizontales et verticales (Turquie), crédits: A. Caimi	237
Fig.131: Chine, sources : a) HANMIN, 2010; b) LIANG, HOTA, 2009 ; c) M. Chamodot- B. Cloquet.....	238
Fig.132: Insertions en bois, sources : HANMIN, 2010;	239
Fig.133: Joya de Céren, site archéologique : a) UNESCO ; b) arqueoruta.blogspot.com ; c) W. Carazas-Aedo	239
Fig.134: Localisation des cas identifiés selon système porteur.....	240
Fig.135: Système porteur ponctuel : localisation par typologie.....	242
Fig.136: Système porteur continu : localisation par typologie.....	244
Fig.137: Principes d'ensemble, sources : a, b et c) A. Caimi ; d) VINTZILEOU, TOULIATOS, 2005 ; e) O. Moles.	247
Fig.138: Phénomènes cycloniques : crédits a : A. Caimi ; source b et c : Associated Press.....	248
Fig.139: Principes de réduction de la vulnérabilité envers les vents violents et cycloniques, crédits: A. Caimi	250
Fig.140: Inondations, crédits : K. Tanveer	251
Fig.141: Principes de réduction de la vulnérabilité envers les inondations, crédits: A. Caimi.....	252
Fig.142: Phénomènes sismiques, crédits : a) J. Hosta ; b) E. Cauderay ; c) A. Douline	253
Fig.143: Schéma : principes de dissipation de l'énergie.....	253
Fig.144: Principes de réduction de la vulnérabilité envers les séismes, crédits: A. Caimi.....	257
Fig.145: Bangladesh, différentes stratégies de protection envers les phénomènes cycloniques, crédits: A. Caimi.....	259
Fig.146: Haïti, architecture sans architecte et ingénieurs, crédits: A. Caimi.....	260
Fig.147: Schéma: possibilités d'évolution des supports élaborés dans le cadre de cette recherche	264
Fig.148: Schéma : approche par intermédiaire	266
Fig.149: Schéma : approche par relation directe	266
Fig.150: Schéma : échanges et influences	267
Fig.151: Haïti, Laborde, milieu vernaculaire, crédits: A. Caimi.....	271
Fig.152: Schéma : l'analyse comme point de départ.....	275
Fig.153: Schéma : communication comme outil et lien entre acteurs et niveaux.....	277

LISTE DES TABLEAUX

Tab.1: Catégories d'acteurs	52
Tab.2: Approches de gestion	53
Tab.3: Niveaux décisionnels	55
Tab.4: Relations entre les acteurs	55
Tab.5: Schémas comparatifs	56
Tab.6: Outils d'information et publics cible	75
Tab.7: Outils de sensibilisation et publics cible	76
Tab.8: Outils de démonstration et publics cible	77
Tab.9: Outils de formation et publics cible	79
Tab.10: Typologies de participation (d'après ARNSTEIN, 1969 ; PRETTY, 1995. ; DALAL-CLAYTON, BASS, 2002)	96
Tab.11: Degré de participation, modalités d'analyse et rôles (d'après : HOLTLAND, 2001 ; CHAMBERS, 2006)	97
Tab.12: Méthodologies considérées en relation au degré de participation des acteurs locaux	99
Tab.13: Méthodologies analysées, focalisation et objectifs (d'après HOLTLAND, 2001)	102
Tab.14: Comparatif des méthodologies analysées : principes de mise en oeuvre	103
Tab.15: Types d'informateurs et nature des informations	124
Tab.16: Comparaison entre modes de communication verbale et visuelle (d'après: CHAMBERS, 1992)	126
Tab.17: Caractéristiques des principales méthodes (d'après Chambers 1992 ; D'Arcy 1992 ; Pretty 2000 ; IFRC 2007b)	127
Tab.18: Synthèse des principales méthodes d'analyse participative (d'après : Chambers 1992 ; D'Arcy 1992 ; Pretty 2000 ; IFRC 2007b)	144
Tab.19: Étapes de mise en oeuvre du processus d'analyse	146
Tab.20: Niveaux d'approfondissement du processus d'analyse et techniques associées	147
Tab.21: Ciblage des activités	166
Tab.22: Ciblage des modules d'enseignement par rapport aux publics de référence	168

LISTE DES ACRONYMES

BUET	Bangladesh University of Engineering and Technology
CB	Caritas Bangladesh
CCR	Centre Compétences Reconstruction
CONCERT-ACTION	Concertation et Action pour le Développement
CUEBC	Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali
DDC	Direction du Développement et de la Coopération Suisse
ENSAG	École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble
EPFL	École Polytechnique Fédérale de Lausanne
EPPMPH	Encadrement des Petits Paysans des Mornes et des Plaines D'Haïti
EERI	Earthquake Engineering Research Institute
GADRU	Groupe d'Appui au Développement Rural
GID	Groupe d'Initiative pour un développement Durable
IFRC	International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies
IRATAM	institut de Recherche et d'Appui technique en Aménagement du Milieu
OG	organisation gouvernementale
ONG	organisation non gouvernementale
PADED	Plateforme d'Agroécologie et de Développement Durable
PAPDA	Plateforme Haïtienne de Plaidoyer pour un Développement Alternatif
PRESTEN	Enfants Nécessiteux d'Haïti- Prese Pran Swen Tè Nou
SCCF	Secours Catholique – Caritas France
UN	United Nations
UN – HABITAT	United Nations Human Settlements Programme
UN – ISDR	United Nations International Strategy for Disaster Reduction
UN-OCHA	United Nations Office for Coordination of Humanitarian Affairs
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
URD	Urgence Réhabilitation Développement
USGS	United States Geological Survey
VEDEK	Vive Espoir pour le Développement de Cap Rouge

ANNALISA CAIMI

CURRICULUM VITAE

architecte EPFL, DSA-terre

mail: annalisa.caimi@gmail.com

Née le 24.11.1980 à Busto Arsizio (Italie)

FORMATION ET DIPLÔMES

- 2010-2014 Thèse de doctorat
laboratoire CRAterre, Unité de recherche Architecture, Environnement et Cultures Constructives
École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble- ENSAG (France)
recherche financée par l'Agence Nationale de Recherche (France)
projet ReparH-Reconstruire parasinistre en Haïti
- 2008-2010 Diplôme de Spécialisation et d'Approfondissement DSA-Architecture de Terre
laboratoire CRAterre, chaire UNESCO
École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble- ENSAG (France)
- 2005 Master of Arts en Architecture, École Polytechnique Fédérale de Lausanne- EPFL (Suisse)
recherche co-financée par Ingénieurs du Monde (Suisse)
- 2002-2005 Section d'Architecture, École Polytechnique Fédérale de Lausanne- EPFL (Suisse)
- 1999-2002 Académie d'Architecture, Mendrisio (Suisse)

RECHERCHE ET ENSEIGNEMENT

- 2014 unité d'enseignement Master ENAC Learning from Vernacular "La terre crue"
École Polytechnique Fédérale de Lausanne- EPFL (Suisse)
- 2013 séminaire Master Architecture et Cultures Constructives "Le rôle de l'architecte dans les métiers de l'aide internationale", Université virtuelle Environnement et Développement Durable
École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble- ENSAG (France)
- séminaire Master Initiation à la recherche
École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble- ENSAG (France)
- unité d'enseignement Master ENAC Learning from Vernacular "La terre crue"
École Polytechnique Fédérale de Lausanne- EPFL (Suisse)
- 2010-2014 membre du projet de recherche ReparH-Reconstruire parasinistre en Haïti,
financé par l'Agence Nationale de Recherche-ANR (France)
- 2012 chargée de cours
unité d'enseignement Master ENAC Learning from Vernacular "La terre crue"
École Polytechnique Fédérale de Lausanne- EPFL (Suisse)
- supervision de stage dans le cadre de la formation DSA-terre, laboratoire CRAterre-ENSAG
État des lieux de projets de reconstruction en Haïti
travail mandaté par la Fondation Abbé Pierre (France)
- séminaire Master "Prévention et gestion des situations à risque",
École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble- ENSAG (France)
- 2010 unité d'enseignement Master ENAC Learning from Vernacular "L'eau"
École Polytechnique Fédérale de Lausanne- EPFL (Suisse)
- 2007 Pillo Mody College of Architecture, Cuttack (Inde)
- 2006-2007 *Le localisme du bambou* : recherche autour de l'utilisation du bambou en tant que matériau de construction dans les pratiques vernaculaires et institutionnelles,
recherche financée par la Geisendorf Stiftung (Suisse)

EXPÉRIENCES PROFESSIONNELLES

- 2012-2013 Haïti : sensibilisation et formation à l'analyse des cultures constructives vernaculaires de techniciens et opérateurs de terrain de 8 organisations locales
CRATERRE-ENSAG en partenariat avec Misereor (Allemagne), GADRU (Haïti) et le réseau PADED (Haïti), dans le cadre du projet de recherche ReparH-ANR
- 2011-2014 Bangladesh: programme triennale de préparation aux catastrophes
Caritas Bangladesh, Bangladesh University of Engineering and Technology et laboratoire CRATERRE-ENSAG; programme financé par le Secours Catholique/Caritas France et Caritas Luxembourg
- 2010 Indonésie: évaluation de programmes de reconstruction 5 ans après le tsunami travail mandaté par la Fondation Abbé Pierre (France); stage au laboratoire CRATERRE-ENSAG
- 2009 Développement d'outils de sensibilisation pour le grand public et les constructeurs locaux
programme "Reducing housing vulnerability to climate hazards by relying on local building know-how" en Afrique Centrale et de l'Ouest, conduit par la Fédération Internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge; stage au laboratoire CRATERRE-ENSAG
- 2007-2008 Suisse: 2b architectes à Lausanne, chef de projet
- 2006-2007 Inde: formation d'artisans et construction d'un bâtiment démonstratif en bambou, à bas prix et résistant aux cyclones (État de l'Orissa); projet financé par la Geisendorf Stiftung
- 2006 Cameroun: formation d'artisans et construction d'un dispensaire en bambou et terre crue dans le cadre du "Séminaire-atelier sur la valorisation du bambou indigène en Afrique de l'Ouest"
Association des Amis du Centre Médical de Banock (ASSAMBA-Suisse) et Centre pour la promotion des artisans de Bafoussam (CEPAB-Cameroun)
- 2005-2006 Suisse: Mestelan-Gachet architectes à Lausanne, chef de projet

PUBLICATIONS ET CONFÉRENCES

- Caimi, A. et al. 2014. *From local building practices to vulnerability reduction: building resilience through existing resources, knowledge and know-how*. Poster scientifique. 2014 Tech4Dev 3rd International Conference on Technologies for Development, organisée par EPFL- CODEV, Lausanne (Suisse).
- Caimi, A. et al. 2013. "Savoirs traditionnels et connaissances scientifiques pour une réduction de la vulnérabilité de l'habitat rural face aux aléas naturels en Haïti". In: *Field Actions Science Reports*. Special Issue 9: Haïti: Innovations locales, clés pour un développement durable et inclusif. factsreports.revues.org
- Caimi, A. Hofmann, M. 2013. "Learning from vernacular building practices: a starting point for risk mitigation". In: *Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development*. Londres: CRC Press/Taylor & Francis Group. p. 703-709.
- Caimi, A. et al. 2013. "Traditional and scientific knowledge for a sustainable vulnerability reduction of rural housing in Haïti". In: *Structures and Architecture: Concepts, Applications and Challenges*. Londres: CRC Press/Taylor & Francis Group. p. 1807-1815.
- Caimi, A. 2013. "Exploring disaster-resilient local building practices as starting point for vulnerability reduction strategies". Séminaire scientifique *Disaster Resistant Building Cultures: the ways forward*, 27-28 mai, Grenoble (France).
- Caimi, A. Moles, O. 2012. "Disaster Risk Reduction Through Local Knowledge And Capacities Enhancement. Local resources and multilevel cooperation: towards long-term prevention strategies", In: *XIth International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage-Terra 2012*. Lima: ICOMOS.
- Caimi, A. 2012. *Knowledge dissemination and capacity building. Communication tools in reconstruction programs in Haïti*. Poster scientifique, International workshop Towards a new global effort for Sustainable Housing, organisé par UNHABITAT, CRATERRE-ENSAG et Les Grands Ateliers, Villefontaine (France).
- Caimi, A. 2011. *Vernacular architectures and natural hazards: framed structures*. Poster scientifique, Festival Grains d'Isère, organisé par CRATERRE-ENSAG et Les Grands Ateliers, Villefontaine (France).
- Garnier, P. Moles, O. Caimi, A. Gandreau, D. Hofmann, M. 2011. *Aléas naturels, catastrophes et développement local*. Villefontaine: CRATERRE Editions.
- Caimi, A. Hofmann, M. 2007. "Vernacular, a convivial process". Colloquium, organisé par le Centre Architecture Anthropologie et Territoire et les Archives de la Construction Moderne-EPFL, Rossinière (Suisse).

CULTURES CONSTRUCTIVES VERNACULAIRES ET RÉSILIENCE.

ENTRE SAVOIR, PRATIQUE ET TECHNIQUE : APPRÉHENDER LE VERNACULAIRE
EN TANT QUE GÉNIE DU LIEU ET GÉNIE PARASINISTRE

ANNEXES

thèse de doctorat
Université de Grenoble

préparée au sein de l'Unité de Recherche AE&CC, laboratoire CRAterre- ENSAG
École Doctorale n°454, Sciences de l'Homme, du Politique et du Territoire

soutenue publiquement le
8 avril 2014

SOMMAIRE DES ANNEXES

A.1. PARTIE 1 / PROJETS DE TERRAIN	333
A.1.1. Bangladesh :	
• Fiche de contexte	335
• Fiche du programme	337
A.1.2. Haïti :	
• Fiche de contexte	339
• Fiches par projet	341
• Outils de communication dans la reconstruction post-séisme	365
A.2. PARTIE 2 / MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DES CULTURES CONSTRUCTIVES LOCALES EN ZONES À RISQUES	375
A.2.1. Supports d'analyse	377
A.2.2. Gestion du processus d'analyse : exemple du projet au Bangladesh	396
A.2.3. Extraits des rapports	399
A.3. PARTIE 3 / FICHES D'APPROFONDISSEMENT : SYSTÈMES PORTEURS VERNACULAIRES EN ZONE SISMIQUE	445
A.3.1. Systèmes porteurs ponctuels	447
A.3.2. Systèmes porteurs continus	497
A.3.3. Entre ponctuel et continu : synthèse des systèmes constructifs traités	528
A.3.4. Liste générale par typologie	530
A.3.5. Tableau récapitulatif par zone géographique	533

Sauf mention, toutes les figures et tableaux sont de l'auteur

PARTIE 1 / PROJETS DE TERRAIN

A.1.1. Bangladesh :

- Fiche de contexte
- Fiche du programme : analyse détaillée de quatre programmes de reconstruction post-séisme
 - Entrepreneurs du Monde
 - Misereor / PADED
 - Secours Catholique- Caritas France / PAPDA
 - DDC- Centre Compétences Reconstruction

A.1.2. Haïti :

- Fiche de contexte
- Fiches par projet
- Outils de communication dans la reconstruction post-séisme :
 - information
 - sensibilisation
 - démonstration
 - formation

A.1.1. BANGLADESH



FICHE DE CONTEXTE

Surface:totale: 147 570 km²
 dont 70% à un niveau inférieur à 1m en
 dessus du niveau de la mer

Terre : 130 168 km²
 Eau: 13 830 km²

Population 149 772 364 (Census 2011)
 31.5% en dessous du seuil de pauvreté
 (<2 US\$/jour)
 28.4% habitant en zone urbaine
 45% ayant comme source de revenu l'agriculture

Densité : 1 015 habitants/km²

Réligions : Musulmans 89.5%, Hindous 9.6%, autre 0.9%

Principaux aléas naturels :
 inondations, cyclones, raz de marée, glissements de terrain,
 tornades, érosion des berges, sécheresse, séismes

Sources : CIA Factbook, The World Bank, Bangladesh Bureau of Statistic



Exposition aux risques entre 1980 et 2010

APERÇU GÉNÉRAL

événements :	234
personnes tuées :	191 836
moyenne des personnes tuées :	6188/an
personnes affectées :	323 480 264
moyenne des personnes affectées :	10 434 847/an

PAR ALÉA MAJEUR

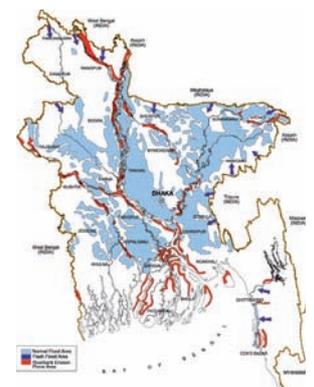
Cyclones Nombre	108	Personnes affectées	504 428
Inondations Nombre	68	Personnes affectées	3 539 094
Séismes Nombre	7	Personnes affectées	2732

Sources : Preventionweb, EM-DAT, Bangladesh Disaster Management Bureau



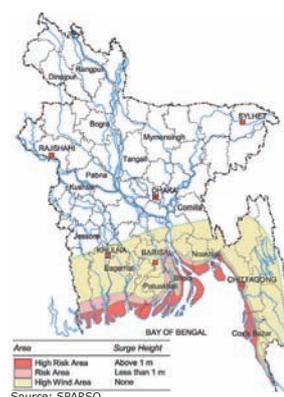
Géographie

Source: Wikipedia



Zones affectées par les inondations

Source: BWDB



Zones affectées par les cyclones



Classification des zones sismiques

A.1.1. BANGLADESH



FICHE DU PROGRAMME

Différents types d'aléas détruisent régulièrement un important nombre d'habitats. Un tiers de ceux-ci est reconstruit de façon autonome par la population et un autre tiers grâce à l'aide gouvernementale ou d'autres organismes. Le tiers restant n'est pas reconstruit, faute de moyens économiques et de connaissances techniques des leurs propriétaires pour des solutions constructives abordables.

Lors des récentes catastrophes, en raison de la nécessité d'une réponse rapide à des besoins massifs de relogement, la plupart des agences d'aide ont fourni des abris basé sur un modèle unique, généralement à un coût considérablement plus élevé que la maison préexistante et souvent ignorant des connaissances locales efficaces. En outre, les habitations reconstruites dans la même zone par différents organismes correspondent à des modèles très divers et dont les technologies sont très rarement reproduite et reproductibles par la population, à cause du coût élevé et de la complexité des techniques employées. Ce différents facteurs engendrent, à long terme, une dégradation des conditions de vie et des capacités locales de résilience.

Entre 2007 et 2009, le pays a été touché par deux cyclones particulièrement violents (Sidr et Aila). Pendant les programmes de reconstruction qui suivirent (2007-2010), une réflexion a été entamée par BUET, Caritas Bangladesh

et CRAterre au regard de modalités possibles pour améliorer la conception et la mise en œuvre de projets d'habitats économiques sur la base d'une liaison forte entre réponse d'urgence, reconstruction et développement.

Depuis, cette réflexion s'est concrétisée en plusieurs phases de travail. En premier lieu des éléments des pratiques locales ont été intégrés aux modèles d'abris couramment adoptés par Caritas Bangladesh. Ensuite une phase pilote a été conduite simultanément en deux zones différentes portant sur l'élaboration d'un modèle architectural et d'une stratégie de réponse d'urgence spécifique à chacune de deux situations. Une troisième phase a fait suivi par un programme triennal couvrant l'ensemble du territoire du pays en vue de développer pour chaque région des capacités et des solutions particulières pour une amélioration de l'habitat existant, une réduction de la vulnérabilité et une préparation aux catastrophes.

Evolution des abris fournis par Caritas Bangladesh et intégration progressive des spécificités du contexte

Titre

Projet de construction d'habitations pilotes à faible coût pour les familles affectées par des catastrophes au Bangladesh

Objectif général

Renforcer les capacités locales à faire face aux risques par une amélioration des pratiques constructives locales et par l'implication directe des communautés dans la définition de propositions techniques adaptées aux ressources et risques locaux ainsi qu'adoptables par la population dans une logique de réduction des risques et de préparation envers des futures crises.

Objectifs spécifiques

- Renforcement des capacités des communautés et du personnel CB dans la réduction des risques et la préparation à des futures crises
- Construction d'une nouvelle habitation pour 84 familles en 6 régions
- Implication des communautés locales dans toutes les étapes du projet
- Echanges entre savoir technique académique et savoir local/traditionnel
- Partage des connaissances parmi les membres de CB et d'autres institutions

Résultats attendus

- Partage de connaissances et savoir-faire entre l'équipe CB et les communautés en vue de la construction des modèles d'habitat économique
- Renforcement des capacités techniques de CB par l'appui techniques et méthodologiques des partenaires impliqués
- Dans 6 régions différentes, construction de 84 habitations pilotes adaptées aux aléas locaux et formation des bâtisseurs locaux (bénéficiaires et artisans) aux principes techniques employées
- Intégration des connaissances et de l'expertise acquises pendant le projet dans les pratiques et les stratégies de CB et des communautés locales pour la préparation et la réponse aux crises

Activités

- Analyse des pratiques constructives, ressources et risques en 6 régions du pays
- Conception de modèles d'habitats économiques référés aux caractéristiques du contexte local
- Echanges entre institutions académiques et communautés locales
- Organisation de séminaires régionaux et nationaux

Partenaires

- Caritas Bangladesh (CB): gestion et mise en œuvre du projet
- Département d'ingénierie civile, Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET): support technique
- International Centre for Earth Construction – CRAterre: support technique et méthodologique
- Secours Catholique / Caritas France : bailleur de fonds
- Caritas Luxembourg: bailleur de fonds

Durée du projet

Octobre 2011 - Septembre 2014 (3 ans)



2007-2009_ réponse au cyclone Sidr



2009-2010_ réponse au cyclone Aila et habitat local (à droite)



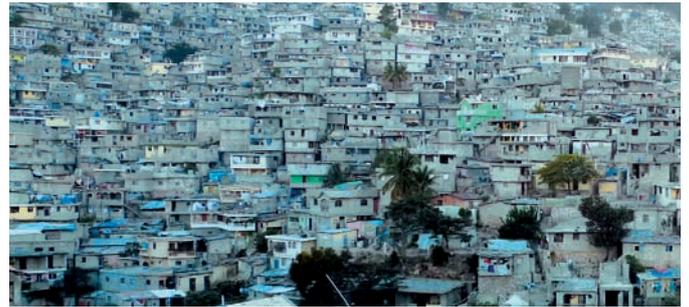
2011-2014_ habitat local (à gauche) et construction pilote (droite)_ programme de préparation régions de Dinajpur (haut) et Chittagong (bas)

A.1.2. HAÏTI



FICHE DE CONTEXTE

Surface:totale :	27 750	km ²	dont 60% présentant une pente supérieure à 20%
Terre :	27 560	km ²	
Eau:	190	km ²	
Population :	9 893 934	(2013 est.)	
	78%	(2013 est.)	en dessous du seuil de pauvreté (<2 US\$/jour)
	54%		en état de pauvreté extrême (<1 US\$/jour)
	52%		habitant en zone urbaine
Densité :	364	habitant/km ²	
Logements :	59.6%		se trouvant en zone rurale (2003)
	81%		des taudis/ajoupas (habitations traditionnelles) en zone rurale



Principaux aléas naturels :

cyclones, inondations, glissements de terrain, séismes, sécheresse, tsunami

Sources : CIA Factbook, Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique, Programme des Nations Unies pour le Développement, The World Bank



Séisme du 12 janvier 2010

DÉTAILS DU SÉISME

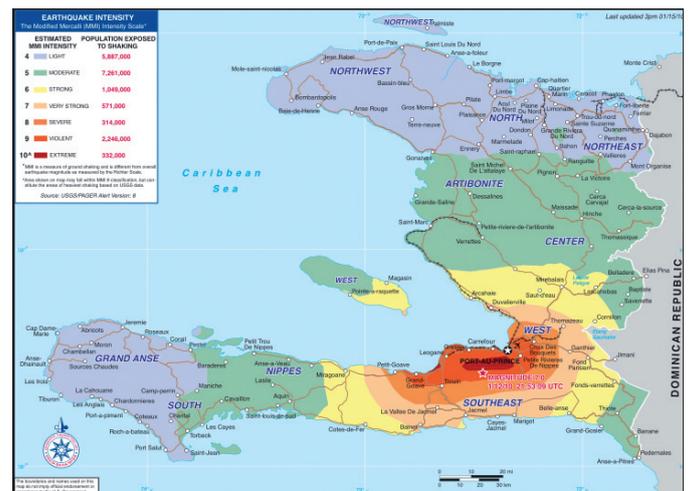
Magnitude :	7.0
Profondeur :	13 km
Localisation de l'épicentre :	25 km sud-ouest de Port-au-Prince

Source : United State Geological Survey (USGS)

BILAN DU SÉISME

	(estimations)
Personnes affectées :	3 700 000
Personnes tuées :	222 570
Habitations endommagées :	208 164
Habitations détruites :	105 369
Pertes dans	
secteur public :	30%
secteur privé :	70%
secteur du logement :	40% du total

Sources : EM-DAT ; Rencoret, Stoddard, Haver et al., 2010 ; Gouvernement de la République d'Haïti, 2010 ; Dara, 2012



Source : USAID



Cultures constructives vernaculaires et résilience



ANALYSE DE PROJETS

Au cours de cette recherche plusieurs programmes en cours sur le terrain ont été analysés. Ceux-ci se situent en réponse à un même événement, le séisme de 2010 en Haïti, et adoptent un positionnement similaire se référant à une prise en compte des pratiques constructives existantes pour proposer des améliorations cohérentes avec les ressources et les dynamiques déjà présentes sur place. Toutefois, dans les quatre projets considérés cette démarche se traduit en des approches, des priorités et des modalités différentes découlant des spécificités du contexte de travail ainsi que des caractéristiques et rôles des parties prenantes. L'analyse présentée ci-après vise à saisir ces différences ainsi qu'à identifier les facteurs et enjeux relatifs à chacune de ces situations. Ce travail s'est basé sur une grille d'analyse établie en relation aux principaux composants des projets. Les éléments qui en découlent sont présentés de manière synthétique associant la description des caractéristiques principales à des schémas explicatifs. En dernier, une synthèse graphique met en évidence les aspects privilégiés dans l'ensemble du projet. L'ensemble des éléments résultats de cette analyse n'a pas pu être intégré ici pour des questions d'étendue; toutefois, les principales considérations à leur égard fondent la réflexion menée dans le corps principal de ce document dans la partie 1 Pratiques locales, risques et milieu : une méthodologie d'analyse contextuelle.

GRILLE D'ANALYSE

- Contexte
 - zones d'intervention (milieu urbain/rural/périurbain, accessibilité)
 - typologies constructives existantes
 - typologies architecturales existantes
 - bonnes pratiques
 - processus constructif
- Programme
 - vision globale
 - objectifs
 - stratégie
 - partenaires (acteurs et rôles)
 - besoins constatés
 - localisation des programmes
 - durée
 - sélection des bénéficiaires (nombre, critères)
- Construction
 - type de bâtiment (logements, bâtiment public)
 - techniques constructives
 - coûts
 - réalisation : qui les construit, durée du chantier
 - apport du bénéficiaire
 - apport du programme
- Renforcement des compétences
 - activités
 - objectif
 - support
 - public cible
 - méthode (contenu, déroulement)

CONTEXTE / HAÏTI



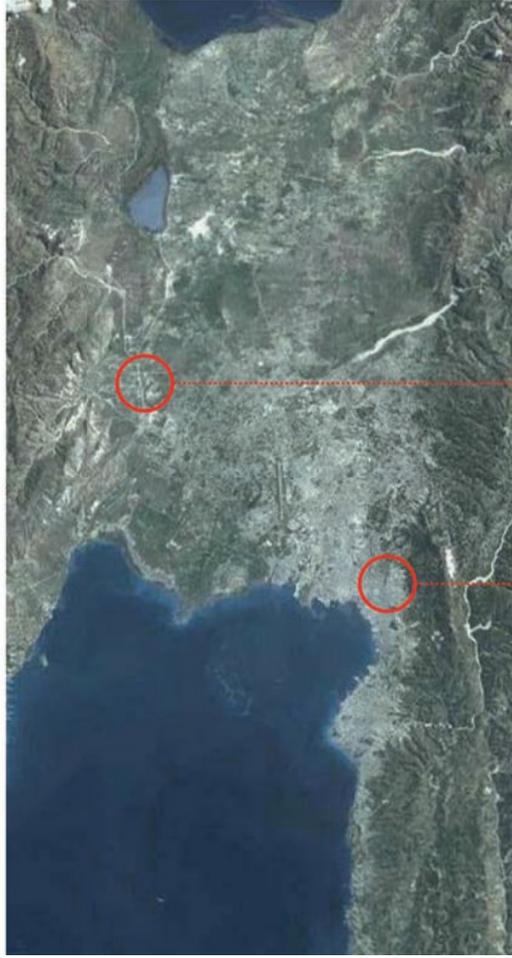
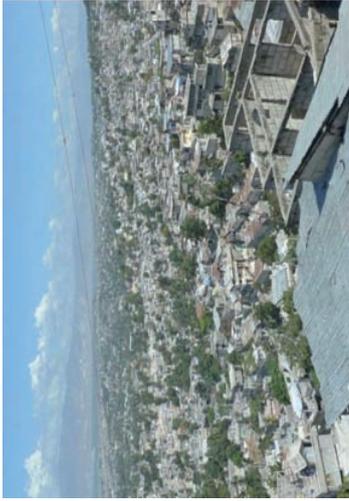
PROGRAMME /

ENTREPRENEURS DU MONDE
CRAterre
PNUD
BIT
UNOPS



Contexte

<p>Site (voir carte)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Zone : Urbaine et périurbaine ● Accessibilité : aisée ● Risques naturels : séismes (élevé), cyclones, glissements de terrain ● Profil socio-économique : Très petits entrepreneurs
<p>Constructions locales</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Typologies architecturales : constructions urbaines anciennes de 1 à plusieurs étages : <ul style="list-style-type: none"> - maisons Gingerbread (1-3 étages) - constructions à ossature bois (1-2 étages)
	<ul style="list-style-type: none"> ● Typologies constructives : <ul style="list-style-type: none"> - ossature bois contreventée avec remplissage en maçonnerie de pierres, mortier terre et/ou chaux, bardage en planches de bois - maçonnerie chaînée en blocs de ciment
	<ul style="list-style-type: none"> ● Bonnes pratiques locales : <ul style="list-style-type: none"> - construction Gingerbread - constructions urbaines à ossature bois avec remplissage en maçonnerie de pierres avec contreventements



Carrefour Feuille
quartier pilote +
bâtiments communautaires

Camp Corail
Pépinière TPE



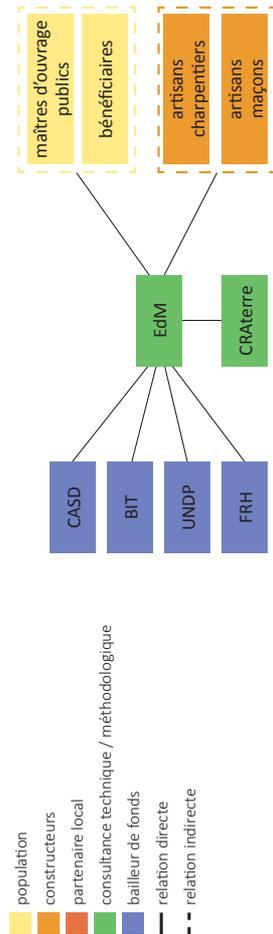
construction gingerbread, Port-au-Prince



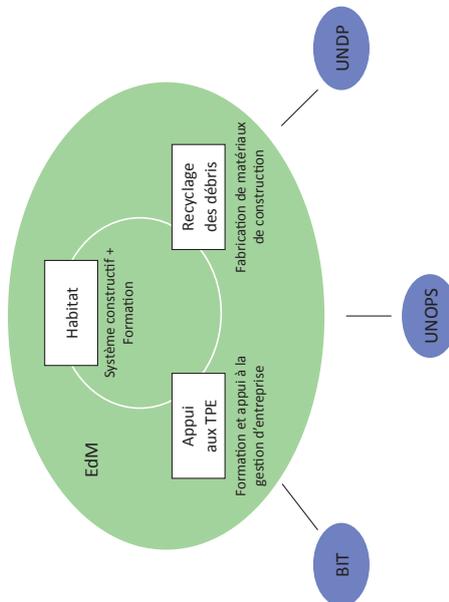
Programme

Vision	Favoriser l'accès à une habitation sécurisée, solide et adaptable aux besoins des familles pour les populations des quartiers défavorisés des zones urbaines et périurbaines
Objectifs	- faciliter par un produit financier spécifique, l'accès au logement pour des personnes en difficulté - proposer un modèle de construction sécurisé, économique et adapté au contexte haïtien - renforcer les compétences des artisans haïtiens - soutenir et créer des très petites entreprises
Stratégie	CONSTRUCTION - mise au point d'un modèle constructif parasismique et économique - développement d'un mode de financement de l'habitat par un crédit-logement - synergie avec des programmes complémentaires (atelier de recyclage des déchets, appui aux très petites entreprises)
Durée	2010 - ...
Acteurs (voir schéma)	Entrepreneurs du Monde (EdM) CRAterre Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) Bureau des Nations Unies pour les services d'appui aux projets (UNOPS) Mairie de Port-au-Prince Ministère des Travaux Publics, des Transports et des Communications (MTPTC) Crédit Agricole Solidarité et Développement (CASD) Fonds de Reconstruction d'Haïti (FRH) Bureau International du Travail (BIT)
Niveaux décisionnels	● Vision globale du projet : EdM ● Stratégie : EdM ● Objectifs spécifiques (quantitatifs) du projet : EdM, PNUD, UNOPS ● Logistique (zones d'intervention, bénéficiaires) : EdM, PNUD, UNOPS ● Caractéristiques du produit construit : EdM Typologie architecturale, système constructif Emplacement Plan, dimensions, peinture, position ouvertures bénéficiaires ● Formation/transmission des compétences : EdM ● Ingénieurs EdM-Habitat : - Conception, mise en œuvre, suivi de la construction - Formation des bos ● PNUD, UNOPS, Mairie de Port-au-Prince : Maîtres d'ouvrage ● CASD, FRH, BIT : Bailleurs de fonds ● Constructeurs : Exécution de la construction et formation de nouveaux bos ● bénéficiaires : Apport financier et choix de la typologie architecturale sur la base du module d'un panneau structurel ● CRAterre : Appui technique
Rôles / niveaux opérationnels	

Acteurs du programme de construction

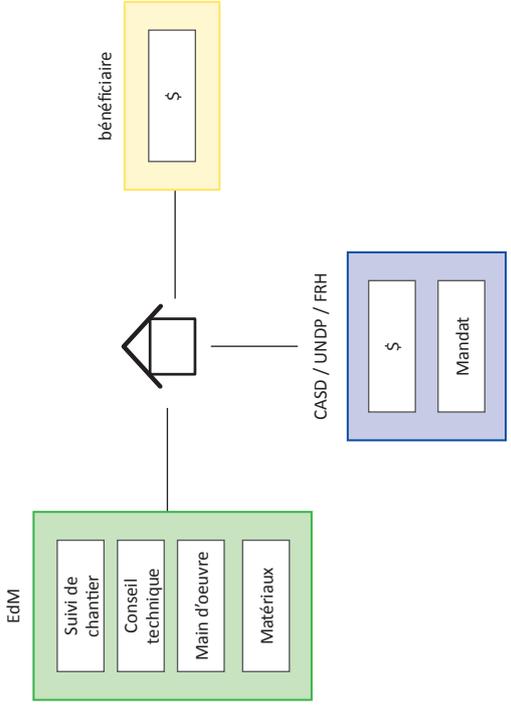


Synergies entre programmes



<p>Produit construit</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Typologies architecturales : bâtiments publics ; selon usage logement ; selon choix du bénéficiaire • Nombre : 6 bâtiments publics Camp Corail : <ul style="list-style-type: none"> - bâtiment A : 2 locaux de 25m² + galerie de 16m² - bâtiment B : 1 local de 40m²+galerie de 10m² - bâtiment C : 2 locaux de 30m² sur deux niveaux + 2 galerie de 10m² Gare du sud : 2 bâtiments : 60 + 60 m² Centre de consochage : 1 bâtiment de 50m² 10 logements : minimum 18m²/logement (standard UNHABITAT) • Systèmes constructifs : ossature bois avec remplissage en débris et mortier ciment et/ou terre • Eléments repris de l'architecture locale : <ul style="list-style-type: none"> - galerie - dimensionnement par panneaux - contreventement de la galerie sous le niveau de la toiture - toiture à 2 ou 4 pentes - fil barbelé pour stabiliser le remplissage • Matériaux employés : <ul style="list-style-type: none"> - prélevés localement : --- - achetés sur le marché haïtien (Port-au-Prince) : tous sauf débris recyclés • Adaptation : selon utilisation et choix du bénéficiaire • Coûts : environ 250 US\$/m² (variable selon finitions et transport) 18m² = environ 4500 US\$
<p>Processus constructif</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acteurs sur le terrain <ul style="list-style-type: none"> - EdM : ingénieurs civils - constructeurs : charpentiers et maçons • Principes : <ul style="list-style-type: none"> - programme de recyclage des débris localisation : Carrefour Feuille, Port-au-Prince partenaires : BIT contenu : <ul style="list-style-type: none"> - création d'ateliers de production de matériaux de construction - formation technique et de gestion d'entreprise - pépinière de très petites entreprises (TPE) localisation : Camp Corail, commune de Croix-des-Bouquets partenaires : CASD : financement de la construction BIT : financement de la formation CRATerre : appui technique contenu : <ul style="list-style-type: none"> - réalisation de 3 bâtiments pilotes pour l'accueil des entreprises - formation technique au nouveau système constructif durée : septembre-décembre 2011 - quartier pilote localisation : quartier de Carrefour Feuille, Port-au-Prince partenaires : PNUD : financement (programme Gestion des débris) UNOPS/MTPTC : maître d'ouvrage Mairie de Port-au-Prince: maître d'ouvrage Contenu : <ul style="list-style-type: none"> - construction de bâtiments publics + 10 logements - test d'un produit financier de crédit-logement conditions : terrain constructible, titre de propriété, capacité de remboursement

Apports pour la construction

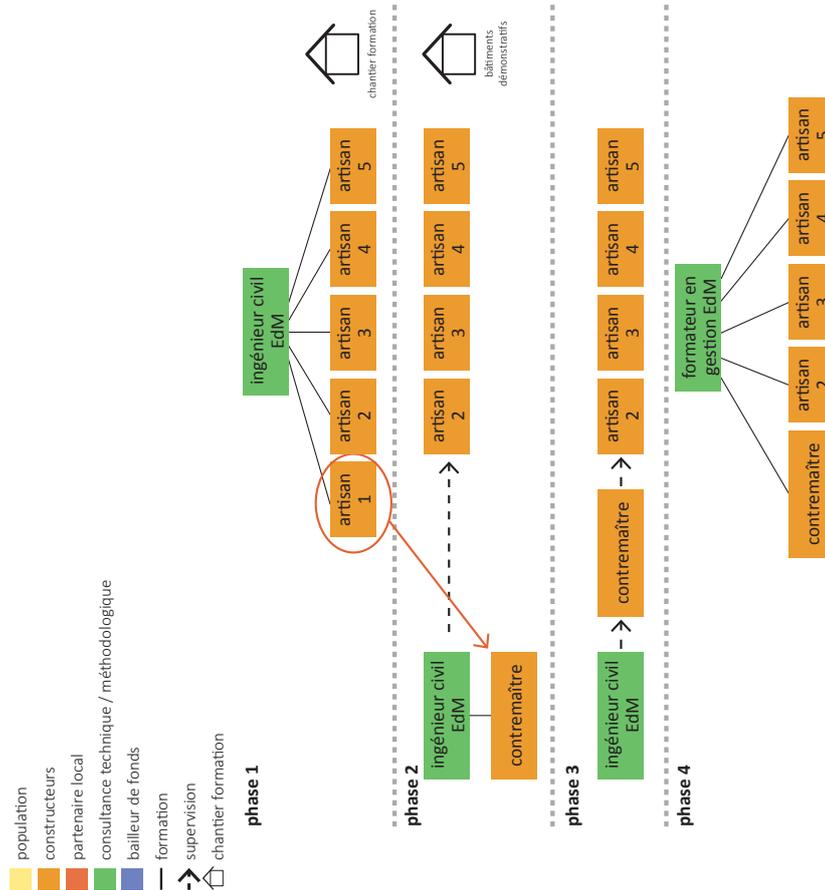


Renforcement des compétences

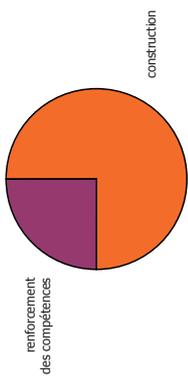
Activité	Formation	
Objectif	Permettre aux artisans de créer leur propre entreprise de construction	
Supports	<p><i>Formation pratique</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - chantiers formation - grille de référence pour contenu, compétences et connaissances à acquérir 	<p><i>Formation théorique</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - cours en salle - manuel du participant - manuel du formateur - exercices de groupe et individuels sur cas réel
Publics cible	Artisans ayant validé la formation pratique	
Méthode	<ul style="list-style-type: none"> ● objectif : compréhension et mise en pratique des techniques correspondantes au nouvel système constructif ● Déroulement : - 4 niveaux de formation : apprenti bos, bos, apprenti contremaître, contremaître - 8 sessions selon étapes de construction - différenciation des sessions entre maçons et charpentiers - effectuée par un ingénieur EdM : une demi-journée à chaque session ● Validation des acquis : - à chaque étape clé du chantier - après minimum 3 semaines de formation 	<ul style="list-style-type: none"> ● objectif : être capable de préparer, planifier et gérer un chantier de construction 1- gestion du chantier ● contenus : - calcul de quantitatif des matériaux - planification du chantier - optimisation des matériaux - rappel technique ● déroulement : - 8 sessions hebdomadaires de 3h - 3 modules - effectuée par : ingénieurs civils EdM 2- gestion d'entreprise ● contenu - Sensibilisation à la gestion d'entreprise - Marketing - Calcul des coûts - Gestion des ressources humaines - gestion de la trésorerie ● déroulement - 7 sessions hebdomadaires de 3h30 - division en deux groupes de 11 personnes - effectuée par un formateur en gestion EdM 3- évaluation : <ul style="list-style-type: none"> ● support : livret d'évaluation ● déroulement : - Exercices écrits en technique et en gestion d'entreprise (45min) - Entretien avec un formateur technique et un formateur en gestion (45min)

Activité	Démonstration	
Objectif	tester et montrer le système constructif proposé	reconnaissance officielle du système constructif proposé
Supports	bâtiments publics démonstratifs	- dossier d'étude - test en laboratoire
Public	grand public, techniciens, décideurs	techniciens, décideurs
Méthode	construction de plusieurs bâtiments à caractère public	validation du système constructif proposé par le IPTPC pour des programmes de construction, sous condition de former des ouvriers spécialisés et d'obtention d'un permis de construction

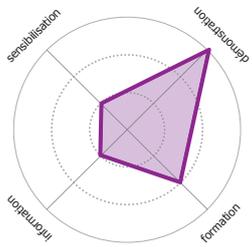
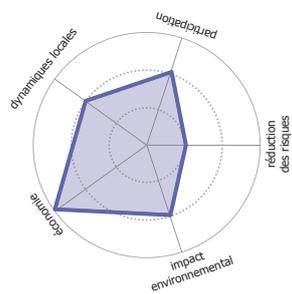
Organisation des formations



SYNTHÈSE DU PROJET



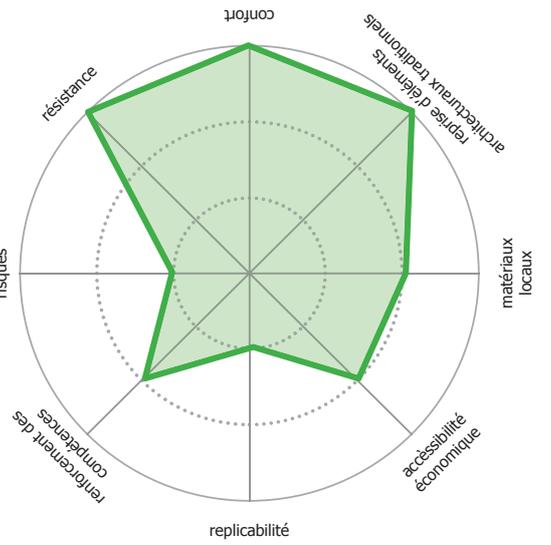
DEMARCHE DE PROJET



PROGRAMME

CONSTRUCTION

REINFORCEMENT DES COMPETENCES



APERÇU D'ENSEMBLE



Habitat, Carrefour Feuillie ©EclH



atelier, Camp Coral ©EclH

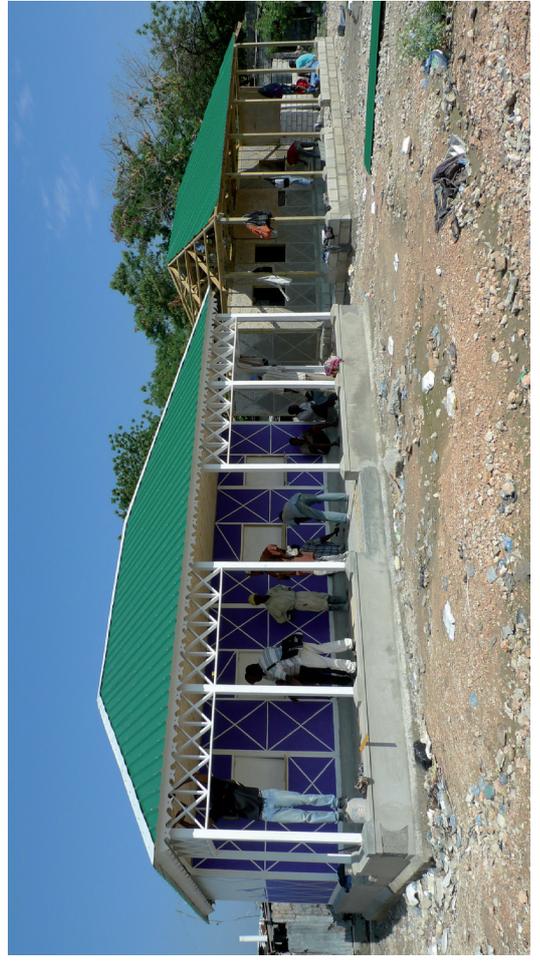
Sources

- Florie Dejeant, Chargée de développement Habitat. Le 29 mars 2012 et 20 juin 2012 à Port-au-Prince.
- Franck Renaudin (Directeur et Responsable partenariats entreprises) et Guillaume Mellot (Coordinateur programmes post-urgence Haïti). Le 09 février 2010 et 13 février 2010 à Port-au-Prince.

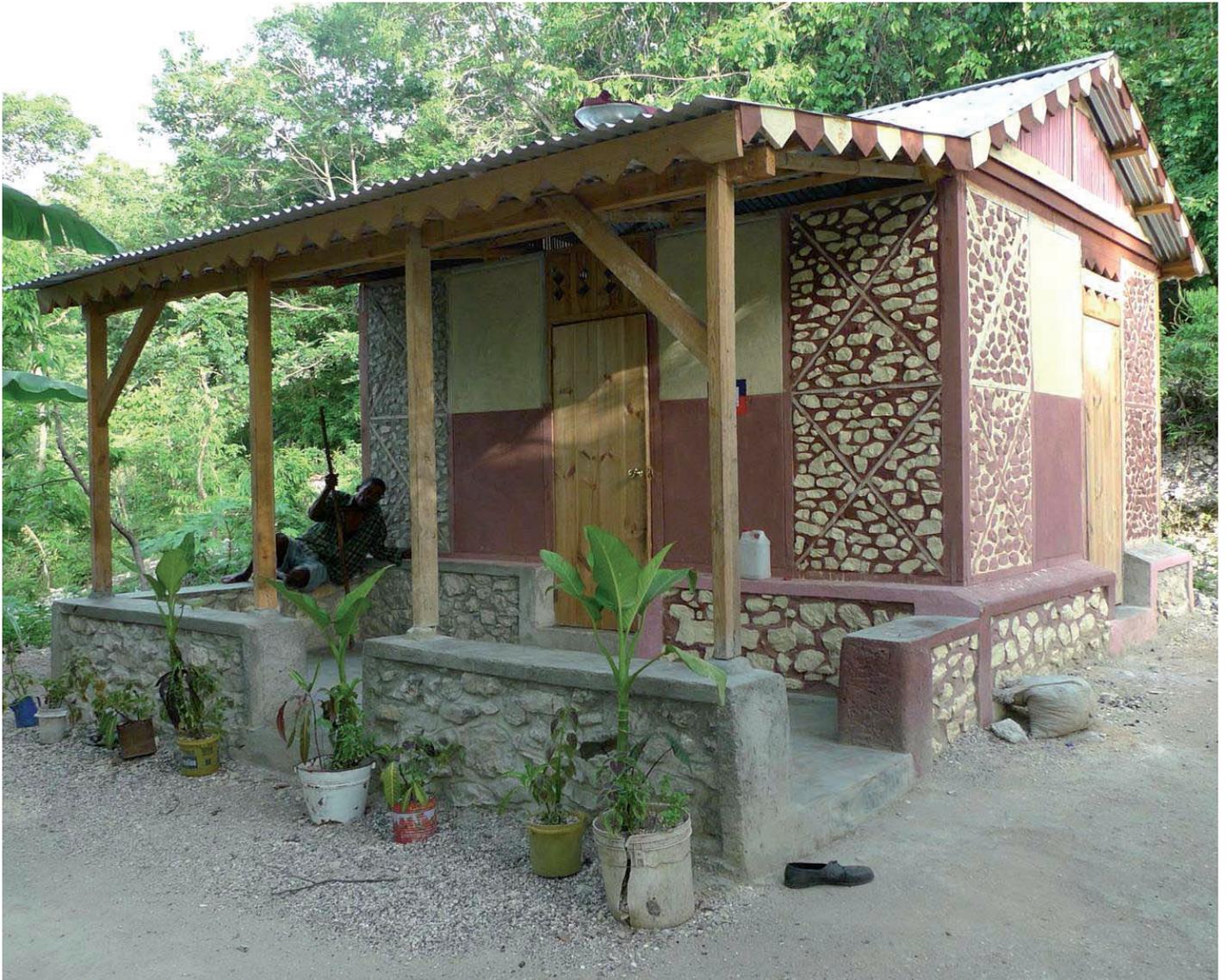
Visites de terrain :

09 février 2010, 13 février 2010, 29 mars 2012, 20 juin 2012

gare du sud, Port-au-Prince



CONTEXTE / HAÏTI



PROGRAMME /

MISEREOR
PADED
CRAterre



<p>Site (voir carte)</p>	<p>Zone : <ul style="list-style-type: none"> ● Accessibilité : ● Risques naturels : ● Profil socio-économique : </p> <p>rurale et périurbaine aisée à très difficile (plusieurs heures de marche) séismes (de modéré à élevé), cyclones agriculteurs</p>
<p>Constructions locales</p>	<p>Typologies architecturales : - Morphologie allongée</p> <p>- Morphologie étalée</p> <p>- Morphologie compacte</p> <p>terrain en pente Système à ossature bois + remplissage clissage ou pierre Extension sur un côté Galerie sur pignon</p> <p>Système à ossature bois + remplissage clissage ou pierre sur terrain plat ou peu pentu Galerie sur pignon avec grenier Extensions sur deux côtés</p> <p>en zone de montagne Système de maçonnerie en pierre porteuse Pas de galerie ou petite galerie</p>
	<p>Typologies constructives : EPPMPH</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ossature bois + clissage - Ossature bois + tiwoch - Structure en béton ou en maçonnerie chaînée avec blocs de ciment <p>Morphologie étalée : - 2 pièces - galerie à angle - toiture à 2 pentes</p> <p>Morphologie compacte/étalée : - 2 pièces - pas de galerie / galerie sur angle - toiture à 2 pentes</p>
	<p>PRESTEN (section Belle Fontaine)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ossature bois + clissage - Ossature bois + tiwoch - Maçonnerie en pierres <p>Morphologie allongée : - 2 pièces - galerie sur pignon - deux portes sur façade principale - Toiture à 4 pentes - Grenier sous la toiture</p>
	<p>CONCERT ACTION (8^{ème} section)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ossature bois + clissage - Ossature bois + tiwoch <p>Morphologie allongée : - 2 pièces - galerie sur pignon - deux portes sur façade principale - Toiture à 4 pentes - Grenier sous la toiture</p>
	<p>GADRU (Procy, Bongars, Berly)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ossature bois + clissage - Ossature bois + tiwoch <p>Morphologie étalée : - 2 pièces avec dépôt - pas de galerie ou galerie fermée - toiture 2-4 pentes</p>
	<p>Bonnes pratiques locales :</p> <p>zone GADRU: - Murs mixte : soubassement en pierre, demi-mur en maçonnerie de pierre, clissage</p> <p>zone PRESTEN: - planches clouées à l'intérieur de la structure (praticité/ sécurité)</p> <p>zone CONCERT-ACTION : - habitat de faible hauteur - impostes ajourées en dessus des ouvertures (ventilation/confort) - possibilité d'extension sur tous les côtés avec des portes (fonctionnalité) - fenêtres hautes (confort/sécurité)</p>



CONCERT ACTION

EPPMPH

GADRU

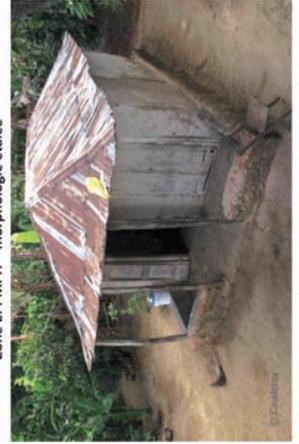
PRESTEN



Zone EPPMPH – morphologie étalée



Zone Presten – morphologie compacte



Zone CONCERT-ACTION – morphologie allongée

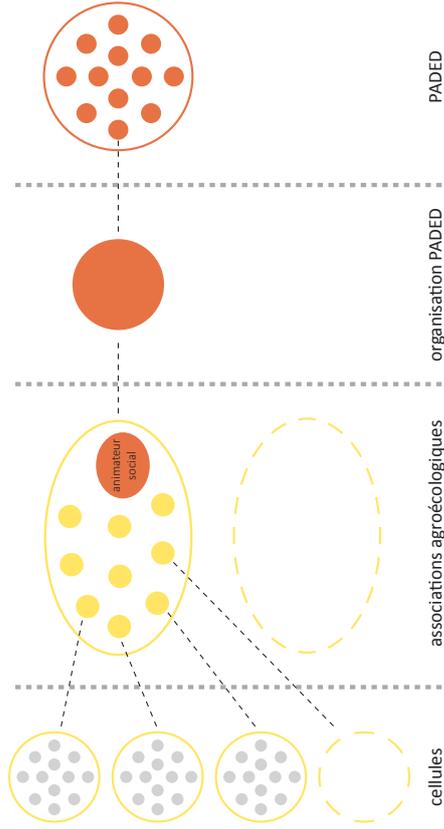


Zone GADRU – morphologie étalée

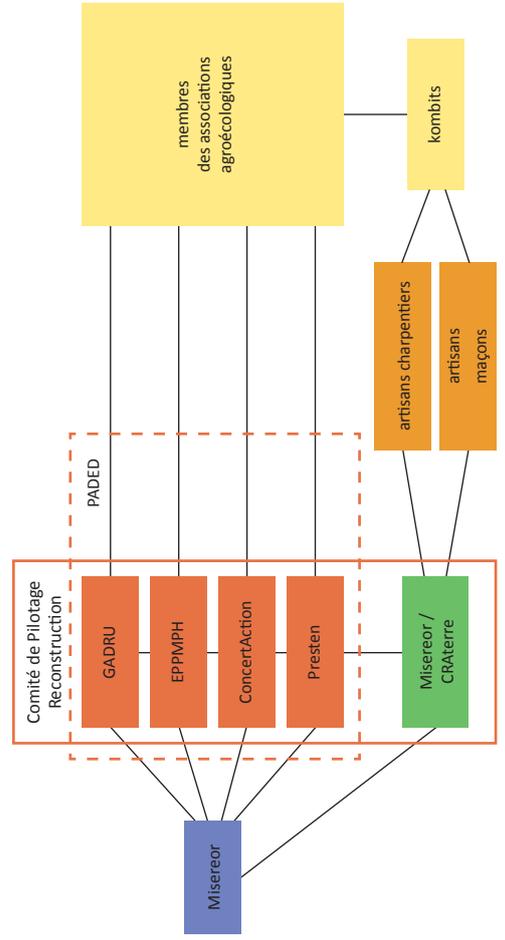
Programme

Vision	Améliorer les savoir-faire locaux pour participer au développement durable du point de vue économique, culturel, social et environnemental
Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> - Renforcer la capacité des familles paysannes à se reloger par elles - Rendre fiers les paysans de leurs capacités à partir de leurs ressources et de leur identité culturelle
Stratégie	<p>RECONSTRUCTION de maisons permanentes en zone rurale sur la base de l'amélioration des techniques constructives existantes</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Habitat permanent et évolutif 2- Respect des Cultures Constructives Locales 3- Habitat compatible avec l'agroécologie 4- Renforcement de la capacité et l'organisation des associations paysannes
Durée	Avril 2010 - ...
Acteurs (voir schéma)	Misereor Organisations PADED : EPPMPH, GADRU, PRESTEN, CONCERTACTION constructeurs population CRAterre
Niveaux décisionnels	<ul style="list-style-type: none"> ● Vision globale du projet : Misereor ● Stratégie : Misereor ● Objectifs spécifiques (quantitatifs) du projet : organisations PADED ● Logistique (zones d'intervention, bénéficiaires) : organisations PADED ● Caractéristiques du produit construit : Typologie architecturale, système constructif Emplacement Plan, remplissage, peinture, position ouverture ● Formation/transmission des compétences : consultants Misereor bénéficiaire, artisans, technicien PADED bénéficiaires consultants Misereor
Rôles / niveaux opérationnels	<ul style="list-style-type: none"> ● Misereor : Financement, consultation technique, appui logistique ● consultants Misereor : Appui à la mise en place des projets, formation du personnel (techniciens, contremaître, artisans), définition des modèles appropriés à chaque zone ● Organisations PADED : Gestion administrative, financière et logistique ● Techniciens de terrain (org. PADED) : Supervision des chantiers, gestion de la logistique ● Animateurs (org. PADED) : identification des bénéficiaires, motivation des kombits (entraide), distribution des matériaux ● Constructeurs : construction des maisons, formation des artisans ● Population bénéficiaire : participation en main d'œuvre à la construction (kombits) ● Communauté locale : aucune ● CRAterre : élaboration du matériel pédagogique (fiches techniques) et de sensibilisation

Principe d'organisation des partenaires PADED

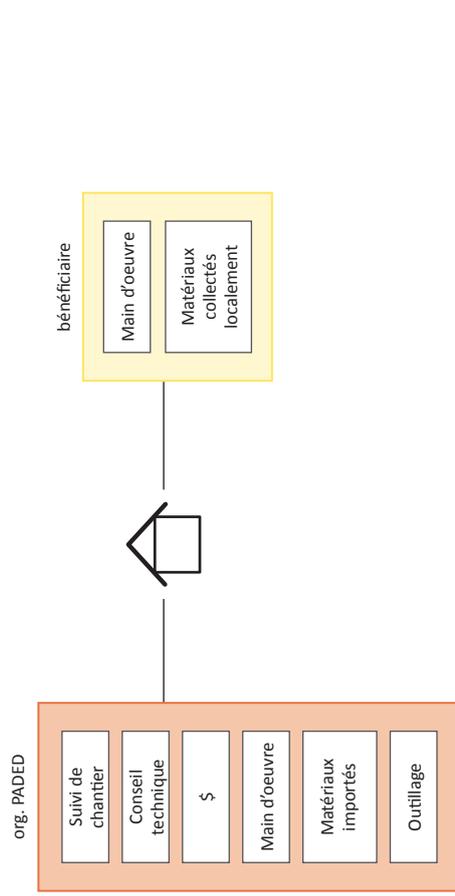


Acteurs du programme

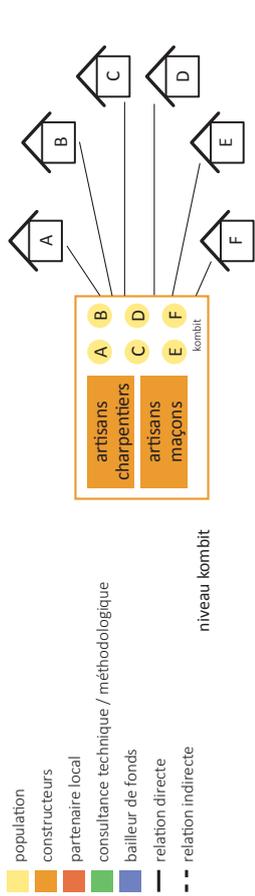


<p>Produit construit</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Noyau d'habitat évolutif : 22 m² • Typologies architecturales : 1 pièce + galerie ou 2 pièces • Nombre : - EPPMPH : 1831 maisons > typologie de base - Presten : 1500 maisons > typologie de base, toiture à deux pentes continues > maçonnerie en pierre avec chaînage - Concert-Action: 200 maisons > toiture à 4 pentes, 2 pièces - GADRU : 250 maisons > toiture à 4 pentes, demi-mur, 2 pièces • Systèmes constructifs : - ossature bois + remplissage en clissage, maçonnerie de briques en terre crue ou pierres - maçonnerie de pierres avec chaînages en bois • Éléments repris de l'architecture locale : - galerie - étapes des futures extensions - dimensionnement par panneaux (système à ossature) - systèmes constructifs (ossature, maçonnerie) et matériaux (bois, terre, pierres) - toiture à 2 ou 4 pentes • Matériaux employés : - prélevés localement : terre, pierres, fibres (sisal, aiguilles de pin), sable - achetés sur le marché haïtien (ville proche) : bois, tôles ondulées, clous, feuillard, ciment, zyncomat, chaux • Adaptation : par zone (ressources, typologies architecturales et constructives) - modification du modèle typologique de base - modification du système structurel de base (ossature, maçonnerie avec chaînage) • Coûts : total (y compris la logistique et la consultation technique) : 3000-3500 US\$ - matériaux : 1400-1700 US\$ - main d'œuvre : 450 US\$ + 200 US\$ (nourriture) - transport : 25% du total • Durée de vie : 15-20 ans avec entretien régulier
<p>Processus constructif</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acteurs sur le terrain - Familles bénéficiaires : organisation en kombit de 6-10 personnes - Animateur : motivation et organisation des activités de reconstruction - Techniciens : ingénieurs agronomes ou civils - Artisans : direction et réalisation des travaux - Consultants Misereor : spécialisés dans la construction avec des matériaux naturels • Principe - chaque maison est réalisée par deux artisans (Charpentier et maçon) avec une kombit - une kombit participe à la construction des maisons pour tous ses membres - les artisans sont payés par maison et travaillent sur plusieurs chantiers au même temps - les bénéficiaires peuvent choisir : le plan de la maison, implantation emplacement des ouvertures et de la galerie, le type de remplissage, les artisans, la peinture • Etapes - chantier-formation : maison modèle et formation de 6 artisans/chantier - chaque équipe se compose (2artisans + kombit) et travaille sur 6-10 chantiers - contrôle de qualité à différents niveaux : consultant Misereor / techniciens PADED / contremaître / artisan / animateur • Durée de la construction : 15-22 jours/maison

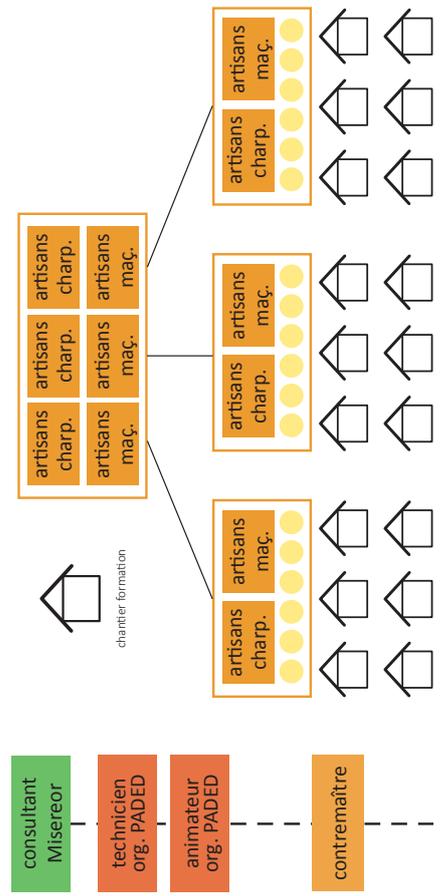
Apports pour la construction



Organisation de la construction



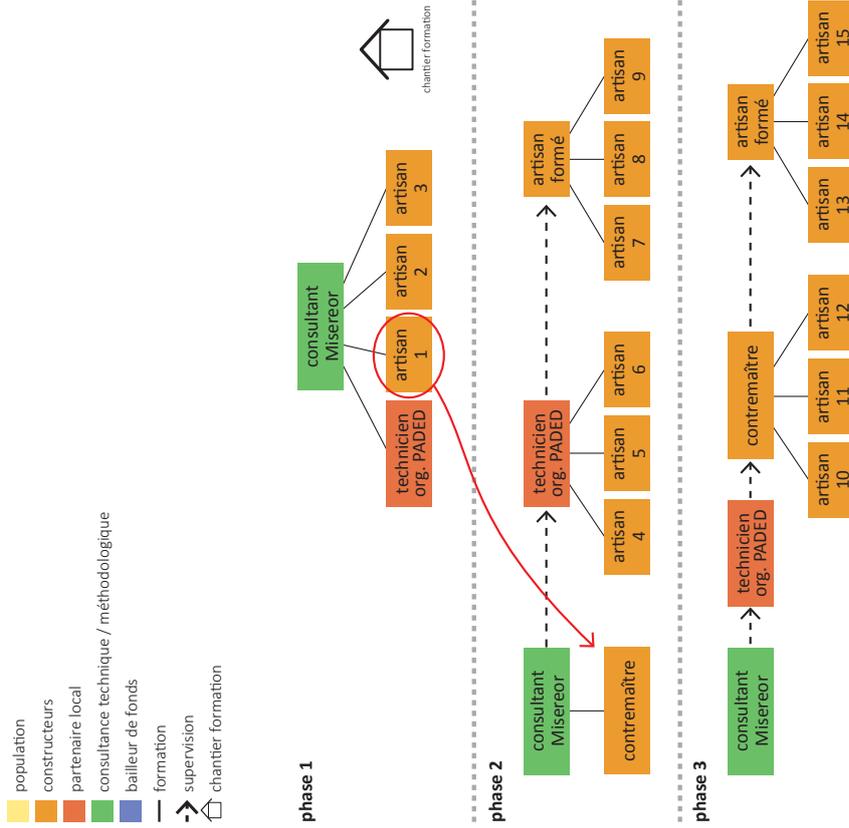
Processus constructif



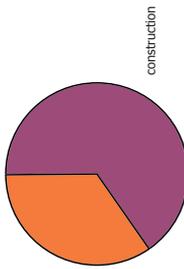
Renforcement des compétences

Activité	Formation	Démonstration	Sensibilisation
Objectif 1- création de nouvelles compétences 2- renforcement des compétences existantes	1- création de nouvelles compétences 2- renforcement des compétences existantes	1- montrer le modèle de maison proposé 2- montrer des manières pour l'amélioration des techniques constructives locales	1. Présenter les programmes en cours 2. Définir des orientations pour renforcer l'impact des programmes d'habitat et de développement rural 3- Etablir des perspectives communes et des synergies entre les différents acteurs
Supports	- Chantiers formation - Programme pédagogique basé sur les étapes de construction des maisons - Fiches techniques	- maisons modèles - bâtiments publics	- visite des projets - colloque : Reconstruction de l'habitat en milieu rural » (mai 2012)
Publics cible	- paysans-constructeurs - artisans expérimentés	- bénéficiaires - grand public - autoconstructeurs - artisans - formateurs et techniciens décideurs	- formateurs - techniciens - décideurs
Méthode	<ul style="list-style-type: none"> ● Déroulement : <ul style="list-style-type: none"> - Phase 1 : chantier-formation par : les consultants Misereor pour : artisans expérimentés, techniciens org PADED - Phase 2 : formation entre artisans par : les artisans formés dans la phase 1 pour : des autres artisans travaillant sur les chantiers du projet Supervision : consultants Misereor et techniciens org. PADED - Validation : après 3 mois par : les consultants Misereor - Phase 3 : formation de contremaîtres par : les consultants Misereor pour : certains artisans expérimentés s'étant distingués pour leurs compétences et capacités de gestion <ul style="list-style-type: none"> ● Validation des acquis - Concernant : <ul style="list-style-type: none"> - connaissances - savoir-faire - autonomie et responsabilité dans la préparation et gestion du chantier - Détermination du niveau de compétence professionnelle : <ul style="list-style-type: none"> - ouvrier d'exécution - ouvrier qualifié autonome - chef de chantier (contremaître) - pas de certification/diplôme - validation sur le chantier (pratique) 	Réalisation d'un bâtiment modèle dans une zone très fréquentée	

Organisation des formations

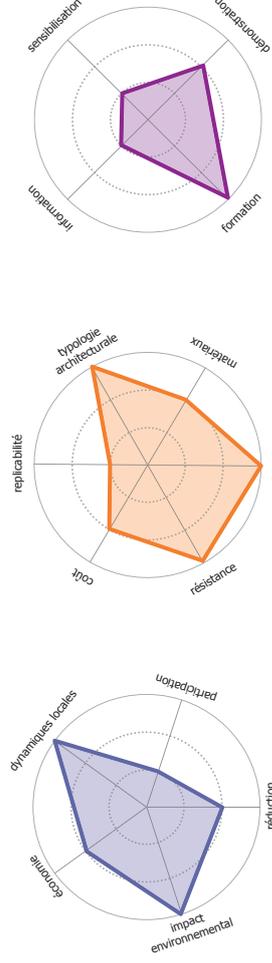


SYNTHÈSE DU PROJET



Rivière froide, zone EPPMPH

DEMARCHE DE PROJET



PROGRAMME

CONSTRUCTION

RENFORCEMENT DES COMPETENCES

Sources

ALVAREZ, Nura, BOSSY, Vincent, 2012. *Etat des lieux des projets financés par la Fondation Abbé Pierre en Haïti*. Haïti : CRATERRE-ENSAG, Fondation Abbé Pierre.

BELINGA NKOYO, Christian, 2011. *Programme de reconstruction de l'habitat rural Par les organisations de la PADED Plateforme Agroécologique et Développement Durable*. ENH-PRESTEN. Rapport de mission. Haïti : Misereor.

CAUDERAY, Elsa, 2012a. *Programme de reconstruction PADED Appui à CONCERT-ACTION 8e section de Petit-Goâve, Haïti*. Rapport de mission. Port-au-Prince : Misereor.

CAUDERAY, Elsa, 2012b. *Visite de GADRU Mahotièrre Haïti du 27.12 au 30.12.2011*. Notes de mission. Haïti : Misereor.

DOULINE, Alexandre, 2002. *Visite du département du Nord Est avec les partenaires du GADRU pour évaluer l'intérêt de construire avec les matériaux locaux*. Rapport de mission. Haïti : Misereor.

DOULINE, Alexandre, 2010. *Programme de reconstruction de l'habitat rural par les organisations de la PADED Plateforme Agroécologique et Développement Durable. Mission de conciliation et aide au montage financier des programmes de reconstruction*. Rapport de mission. Haïti : Misereor.

DOULINE, Alexandre, 2011. *Programme de reconstruction de l'habitat rural Par les organisations de la PADED Plateforme Agroécologique et Développement Durable. Séminaire d'évaluation des compétences des bords et contremaîtres. Préparation du démarrage des projets de Concert-Action et GADRU*. Rapport de mission. Haïti : Misereor.

DOULINE, Alexandre, BELLIN, Jean-Paul, 2010a. *Analyses de l'habitat et des infrastructures des partenaires de Misereor affectés par le tremblement de terre du 12 janvier 2010*. Rapport de mission. Haïti : Misereor.

DOULINE, Alexandre, BELLIN, Jean-Paul, 2010b. *Programme de reconstruction de l'habitat rural par les organisations de la PADED Plateforme Agroécologique et Développement Durable. Actualisation des listes de matériaux pour la reconstruction évolutive à partir d'une surface habitable de 22 m²*. Dossier technique. Haïti : Misereor.

DOULINE, Alexandre, CAUDERAY, Elsa, HOSTA, Julien, 2010. *Programme de reconstruction de l'habitat rural par les organisations de la PADED Plateforme Agroécologique et Développement Durable. Démarrage de la 1ère phase opérationnelle pour 400 familles Agro-écologiques accompagnées par EPPMPH et PRESTEN*. Rapport de mission. Haïti : Misereor.

DOULINE, Alexandre, MARONGIU, Sophie, 2011. *Programme de reconstruction de l'habitat rural par les organisations de la PADED Plateforme Agroécologique et Développement Durable. Analyse de la 1ère phase opérationnelle pour EPPMPH et PRESTEN Montage du projet financier pour Concert-Action et GADRU*. Rapport de mission. Haïti : Misereor.

Visites de terrain : 2011, 4-15 février / 2012, 26 mars-7 avril / 2012, 3-24 juin

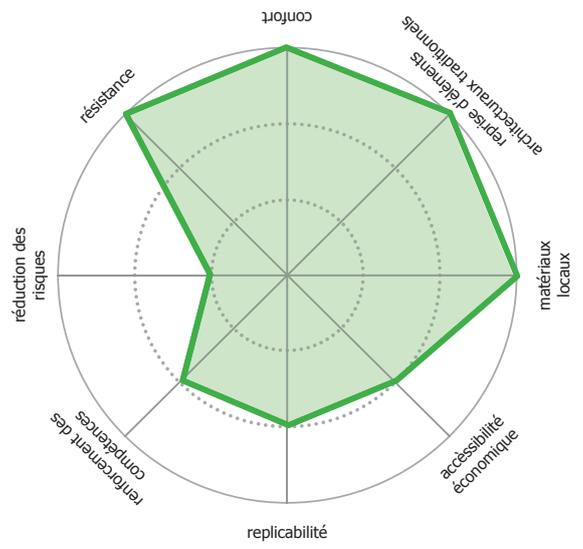
Principaux entretiens :

- Soeur Marie Lou (consultante Misereor), Soeur LEON des PSST, Marie Antonyme JUSTE, Boss Tony, Boss Jean Charles et M. Lemiel de l'association EPPMPH, Le 8 mars 2011 à Rivière Froide.
- Alexandre Douline consultant Misereor et coordonnateur de projet en Haïti. Le 13 mars 2012 à Lausanne.
- Antony Eyma, directeur de Concert-Action. Le 28 mars 2012 à Port-au-Prince.
- Elsa Cauderay et Julien Hosta, consultants Misereor en Haïti. Le 24 mars 2012 à Lausanne.
- Jean Calmes et Lorisémé Saint-Pierre, ingénieurs de terrain pour l'association GADRU. Le 2 avril 2012 à Port-au-Prince.
- Jean Marie Toussaint, Audyng Charles, Albert Alexandre, Jean Désima Sainte, Angélinor Saint Fort de l'association Presten. Le 28 mars 2012 à Port-au-Prince.
- Jean-Marie Louis directeur du GADRU et Madeleine Casimir. Le 27 mars 2012 à Port-au-Prince.
- Laure Cornet, consultante Misereor en Haïti. Le 22 mars 2012 à Grenoble.
- Marie Line Daphné et Josué Daphnis, ingénieurs de terrain pour le projet de Concert-Action. Le 30 mars 2012 à Port-au-Prince.
- Soeur Léon, directrice de EPPMPH et Antonyme Juste. Le 3 avril 2012 à Rivière Froide.
- Sophie Marongiu, consultante Misereor en Haïti. Le 3 et 4 avril 2012 à Port-au-Prince.

Calou, zone EPPMPH



APERÇU D'ENSEMBLE



CONTEXTE / HAÏTI



PROGRAMME /

**SECOURS CATHOLIQUE -
CARITAS FRANCE
PAPDA
VEDEK
CRAterre**



Site	<ul style="list-style-type: none"> ● Zone : rurale ● Accessibilité : assez difficile ● Risques naturels : cyclones (élevé), séismes (modéré) ● Profil socio-économique : agriculteurs
Constructions locales	<ul style="list-style-type: none"> ● Typologies architecturales <ul style="list-style-type: none"> - 1 étage - soubassement de 30cm - dimensionnement du bâti par quantité de panneaux de tôle employés : 28,35, 40, 50 - morphologie allongée et étalée ● Typologies constructives : <ul style="list-style-type: none"> - sécurité sismique : préservation des parties les plus coûteuses, mise en danger réduite des occupants ; - accessibilité économique et technique : maintenance connue et maîtrisée par les populations <p>Structure à ossature bois avec remplissage (98%) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tiwoch : risque de comportement en bloc monolithique - Clissage : pénurie de palmier, image de pauvreté et ancienneté - Palmiste : pénurie de bois <p>Structure en béton ou en maçonnerie chaînée avec blocs de ciment (2%)</p>
Processus constructif	<ul style="list-style-type: none"> ● Bonnes pratiques locales : <ul style="list-style-type: none"> - faible hauteur pour réduire la prise au vent (cyclones) - barrière végétale haute pour réduire les risques liés aux vents violents (cyclones) - toiture à deux pentes pour utiliser l'espace sous le toit (fonctionnalité) - un épaissement des murs aux angles, pour assurer la stabilité des poteaux en bois en cas de pourrissement à la base (résistance structurelle) - contreventement oblique aux quatre angles de la structure (résistance structurelle) - contreventement horizontal de la poutre sablière, aux quatre angles de la structure (résistance structurelle) <p>Traditionnellement, la construction se déroule selon les suivantes phases:</p> <ul style="list-style-type: none"> - traçage de la maison - enfonçage des poteaux dans le sol - réalisation de la charpente - réalisation des murs - réalisation de la toiture - réalisation des finitions <p>Forme et techniques décidées par le propriétaire en accord avec les artisans</p> <ul style="list-style-type: none"> - Orientation décidée par le propriétaire en relation aux vents dominants - Le prix est discuté avant de commencer les travaux et l'artisan est choisi sur la base de ses connaissances - Le propriétaire apporte les matériaux et réalise l'excavation - Un maçon et un charpentier s'alternent sur le chantier - Pour une maison 28 tôles un charpentier travaille 4 semaines et un maçon 4 semaines, en conditions optimales et avec tous les matériaux réunis. <ul style="list-style-type: none"> ● Durée de vie : <ul style="list-style-type: none"> - clissage : 80-100 ans - tôles : 10-15 ans. Un panneau de tôle coûte environ 250 HT\$ (5US\$)



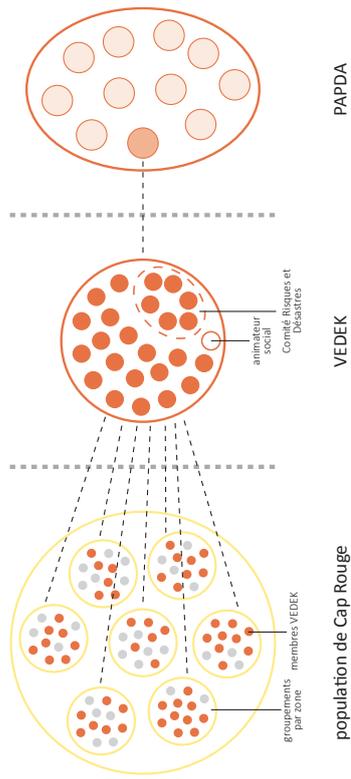
Cap Rouge



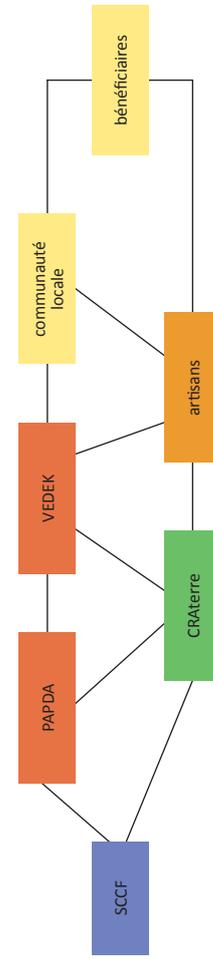
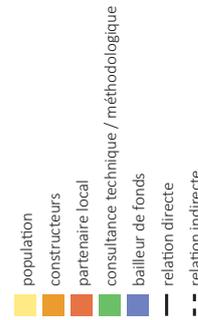
Programme

Vision	Contribution à l'amélioration des conditions de vie des familles paysannes par l'amélioration des pratiques constructives existantes et le renforcement des compétences locales
Objectifs	<ol style="list-style-type: none"> 1. Renforcement des compétences constructives, de la solidarité et de la participation communautaire 2. Renforcement des compétences de VEDEK 3. Contribution au plaidoyer, au niveau national et international
Stratégie	<p>REHABILITATION d'habitats existants et d'infrastructures d'accès à l'eau en zone rurale</p> <ul style="list-style-type: none"> • Appui ponctuel par une contribution financière et technique adaptée au cas par cas • Proposition de solutions constructives permettant d'améliorer la résilience du bâti local • Amélioration des conditions socio-économiques des populations locales
Durée	2010 ... ?
Acteurs (voir schéma)	Secours Catholique / Caritas France CRATerre PAPDA VEDEK population
Niveaux décisionnels	<ul style="list-style-type: none"> • Vision globale du projet : VEDEK, PAPDA, SCCF, CRATerre • Stratégie : VEDEK, PAPDA, SCCF, CRATerre • Objectifs spécifiques (quantitatifs) du projet : VEDEK • Logistique (zones d'intervention) : VEDEK, PAPDA • Bénéficiaires : VEDEK, Communautés locales • Caractéristiques du produit construit (type d'intervention, type d'appui fourni) : VEDEK, bénéficiaire, artisans • Artisans exécutant les travaux : bénéficiaire
Rôles / niveaux opérationnels	<ul style="list-style-type: none"> • SCCF : Support financier • CRATerre : Support technique, méthodologique et pédagogique • PAPDA : Suivi financier • VEDEK : Gestion financière et logistique ; recensement des besoins ; identification des fournisseurs des matériaux ; mise en place des accords entre bénéficiaires, artisans, fournisseurs • animateurs (PAPDA) : suivi sur le terrain • Artisans VEDEK : diagnostic, suivi des chantiers, règlement des conflits • Constructeurs (artisans) : réalisation, formation de nouveaux artisans • Population bénéficiaire : contribution par un apport financier ou en matériaux, selon accord avec VEDEK • Communauté locale : sélection des bénéficiaires

Principe d'organisation des partenaires PADED

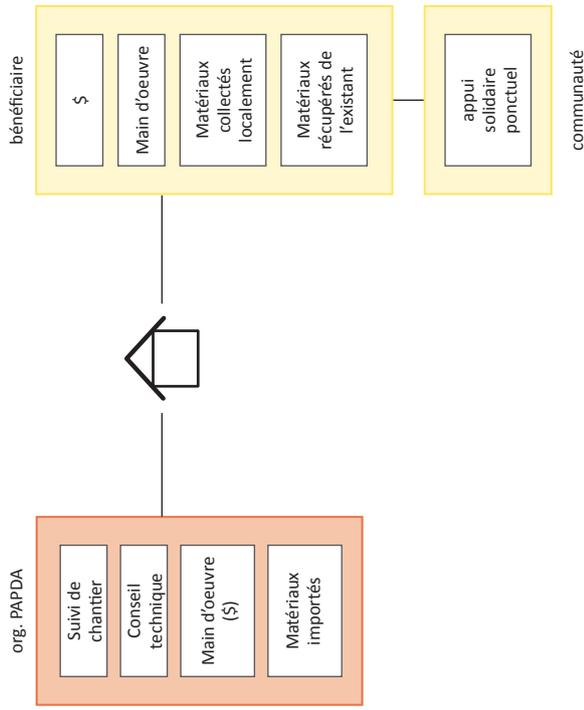


Acteurs du programme

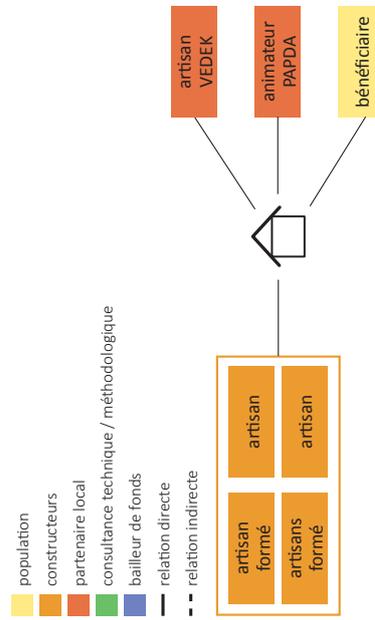


<p>Produit construit</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Typologie architecturale : existante surface habitable variable : 24 – 42 m² • Nombre : 100 maisons + 25 citernes • Systèmes constructifs : récupération de la structure existante <ul style="list-style-type: none"> - ossature en bois avec remplissage en maçonnerie de pierre • Eléments repris de l'architecture locale : <ul style="list-style-type: none"> - intervention limitée aux aspects structurels et constructifs - maintien des caractéristiques typologiques, esthétiques et fonctionnelles existantes • Matériaux employés : <ul style="list-style-type: none"> - récupérés de l'existant : parties structurelles, remplissage, couverture, ouvertures, ... - prélevés localement : terre, pierres, fibres, sable, eau - achetés sur le marché local (Cap Rouge) : tôles, ciment, clous, fer à béton et fer à ligature, bois • Adaptation : au cas par cas <ul style="list-style-type: none"> - principes adaptables à toute construction correspondante au système constructif considéré • Coûts : par maison : variable au cas par cas <ul style="list-style-type: none"> - Apport du projet (matériau et main d'oeuvre) : +/- 700 US\$ - Apport du bénéficiaire : +/- 50-300 US\$ - Encadrement projet : 1000 US\$ - total (y compris la logistique et la consultation technique) = 2000 US\$ • Durée de vie : telle que l'existant <ul style="list-style-type: none"> - amélioration de la durée de vie des poteaux + 50%
<p>Processus constructif</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acteurs sur le terrain <ul style="list-style-type: none"> - Familles bénéficiaires : contribution selon accord - Animateur PAPDA : suivi des travaux et du projet - Artisans locaux : réalisation des travaux de construction/réparation - Artisans VEDEK : encadrement technique - VEDEK : membres impliqués de façon bénévole pour la gestion du projet • Principe <ul style="list-style-type: none"> - appui dimensionné au cas par cas en fonction des dommages et de la capacité du bénéficiaire - support en nature : matériaux et main d'oeuvre - contribution nécessaire du bénéficiaire : collecte des matériaux + éventuelle contribution financière ou en main d'oeuvre - constitution d'une liste personnalisée de matériaux - distribution des matériaux par un fournisseur local - chaque maison est réparée par 2 artisans formés et 2 à 3 autres artisans non formés • Etapes <ul style="list-style-type: none"> - identification des bénéficiaires - établissement d'un protocole d'accord entre bénéficiaire, VEDEK et artisan - approvisionnement de la contribution bénéficiaire - ouverture d'un compte « matériaux » auprès du fournisseur - suivi du chantier - réception des travaux par VEDEK • Durée de la construction : variable 3-6 semaines / maison selon son état

Apports pour la construction



Organisation de la construction



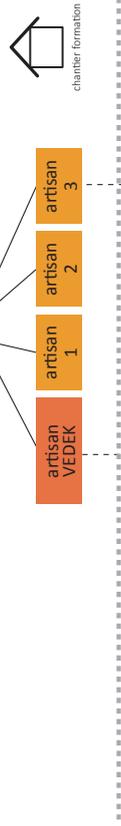
Renforcement des compétences

Activité	Information	Sensibilisation	Démonstration	Formation
Objectif	<p>1- Présenter le programme, son déroulement, et les activités en cours</p> <p>2- Informer des principes adoptés pour réduire la vulnérabilité du bâti</p>	<p>1- Expliquer aux nouveaux bénéficiaires les raisons et le fonctionnement des principes constructifs proposés</p> <p>2- Faire connaître aux non bénéficiaires les principes appliqués dans le projet</p>	<p>Montrer les principes constructifs proposés et leur applicabilité tant pour la réparation que pour la construction nouvelle</p>	<p>Renforcer les compétences existantes dans :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le diagnostic de l'habitat local - l'identification de solutions techniques appropriées - la consolidation du bâti existant
Supports	<ul style="list-style-type: none"> - émissions radio 	<ul style="list-style-type: none"> - bâtiments démonstratifs - chantiers en cours - visites 	<ul style="list-style-type: none"> - bâtiments démonstratifs 	<ul style="list-style-type: none"> - observation de l'existant - cours théoriques - chantier formation de réparation/reconstruction - mallette pédagogique
Publics cible	<ul style="list-style-type: none"> - grand public - autoconstructeurs - artisans - entrepreneurs 	<ul style="list-style-type: none"> - bénéficiaires - grand public - autoconstructeurs - artisans 	<ul style="list-style-type: none"> - bénéficiaires - autoconstructeurs - artisans - communauté locale 	<ul style="list-style-type: none"> - artisan VEDEK - artisan 1 - artisan 2 - artisan 3
Méthode	<p>Avant de commencer leur propre chantier, tous les bénéficiaires visitent le bâtiment démonstratif et reçoivent une explication des principes constructifs adoptés et de leur utilité</p>			<ul style="list-style-type: none"> - animateur PAPDA - artisan VEDEK - artisan 4 - artisan 5 - artisan formé - artisan 6 - artisan 7

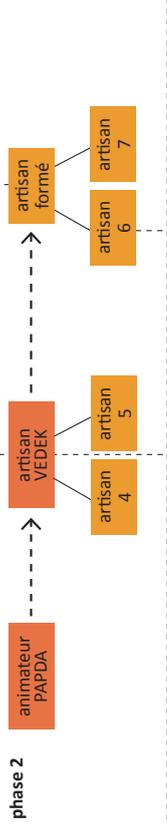
Organisation des formations

- population
- constructeurs
- partenaire local
- consultation technique / méthodologique
- bailleur de fonds
- formation
- supervision
- chantier formation

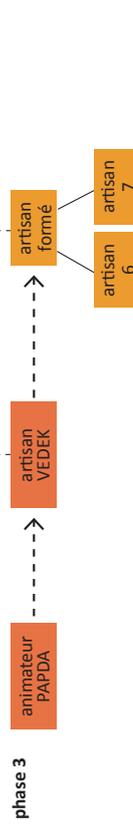
Phase 1



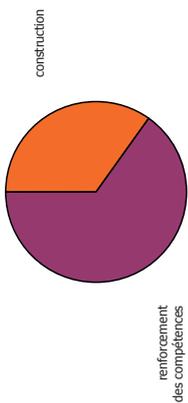
Phase 2



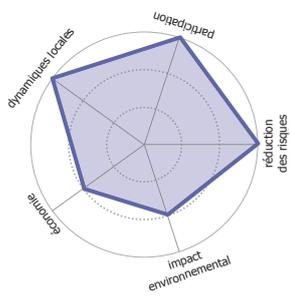
Phase 3



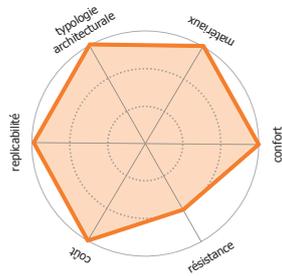
SYNTHESE DU PROJET



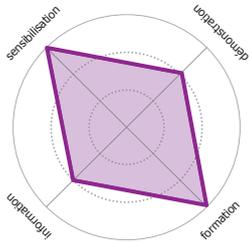
DEMARCHE DE PROJET



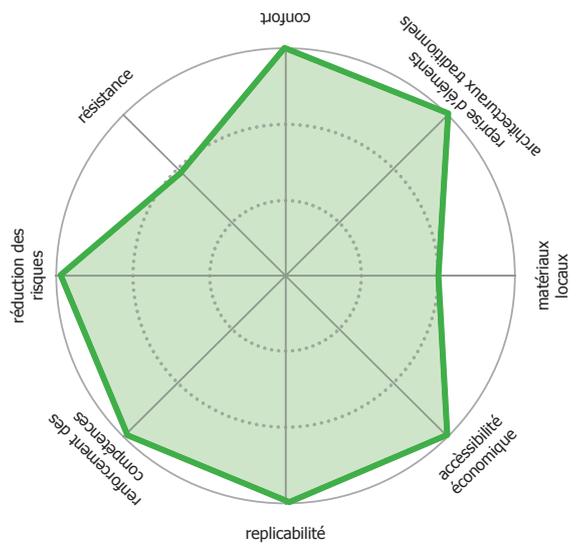
PROGRAMME



CONSTRUCTION



RENFORCEMENT DES COMPETENCES



APERÇU D'ENSEMBLE

Sources

- Moles, O., 2011a. *Projet de reconstruction de 100 maisons et 20 citernes à Cap Rouge Suivi et Formation*. Rapport de mission. CRATERRE-ENSAG.
- Moles, O., 2010b. *Reconstruction post séisme 2010. Etat des Lieux des différentes orientations d'intervention de partenaires Haïtiens*. Rapport de mission. Haïti: SCCF et CRATERRE-ENSAG.
- Moles, O. & Vieux-Champagne, F., 2010. *Reconstruction post séisme 2010. Mise en place de la phase pilote du projet de reconstruction de 100 maisons à Cap Rouge avec VEDEK et PAPPA*. Rapport de mission. Haïti: SCCF et CRATERRE-ENSAG.
- Moles, O., 2011. *Reconstruction post séisme 2010. Projet de reconstruction de 100 maisons et 20 citernes à Cap Rouge. Suivi et Formation*. Rapport de mission. Haïti: SCCF et CRATERRE-ENSAG.

Visite de terrain : 2011, 4-15 février

Entretiens avec :

- Eliot Bonal, chargé de projet pour le SCCF en Haïti. Le 27 mars 2012 à Port-au-Prince,
- les membres du VEDEK. Le 8 février 2011 à Cap Rouge.
- Blandine Salla et Jonathan Fort, chargés du projet pour le SCCF en Haïti. Le 7-8 février 2011 à Cap Rouge.

Cap Rouge, habitation réhabilitée (gauche) et habitation non concernée par le projet (droite)



CONTEXTE / HAÏTI



PROGRAMME /

DDC - SUISSE
INFP
MTPTC
BIT



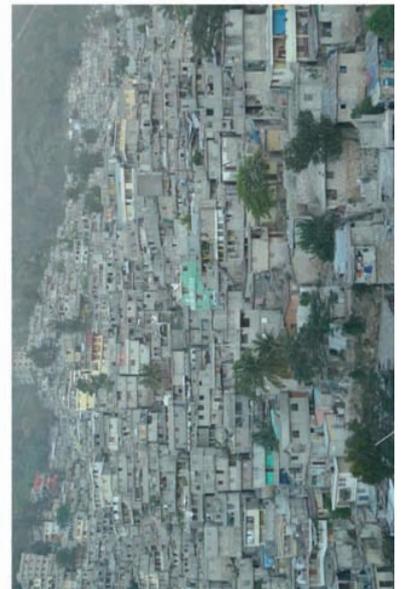
Contexte

Site	<ul style="list-style-type: none"> • Zone : urbaine et périurbaine • Accessibilité : aisée • Risques naturels : cyclones (modéré) séismes (élevé)
Constructions locales	<ul style="list-style-type: none"> • Typologies constructives : Structure en béton ou en maçonnerie chaînée avec blocs de ciment
Processus constructif	<ul style="list-style-type: none"> - le contrat entre le bos et le maître d'œuvre est un forfait comprenant uniquement la main d'œuvre - les matériaux sont achetés par le propriétaire (sur indication du bos), qui cherche souvent à économiser de l'argent en achetant des matériaux de mauvaise qualité



CCR-INFP
Petit Goave

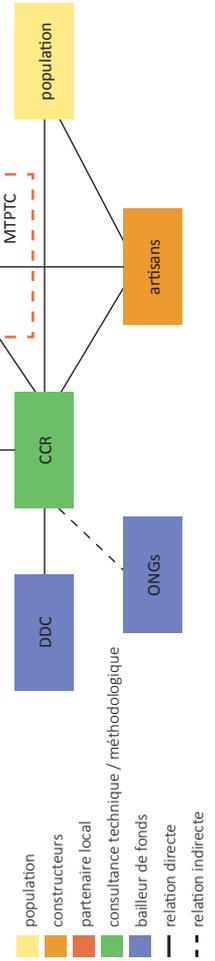
CCR-MTPTC
Port-au-Prince



Programme

Vision	Produire des effets durables de moyen/long terme en agissant à travers des actions humanitaires envisagées a priori à court terme (aide humanitaire / reconstruction)
Objectifs	Améliorer la qualité des actions et des compétences pratiques dans la construction et contribuer au renforcement des capacités locales en fournissant des appuis spécifiques, techniques et méthodologiques, aux actions de reconstruction
Stratégie	COMMUNICATION : création d'un Centre de Compétence Reconstruction (CCR) <ul style="list-style-type: none"> • Diffusion de connaissances et d'expériences • Création et amélioration de compétences pratiques et pédagogiques • Appui technique et méthodologique pour la reconstruction
Durée	2010 - ...
Acteurs (voir schéma)	<ul style="list-style-type: none"> • Direction du Développement et de la Coopération Suisse (DDC) • Ministère des Travaux Publics, Transports et Communication (MTPTC) • Institut National de Formation Professionnelle (INFP) • Bureau International du Travail (BIT)
Partenaires potentiels	<ul style="list-style-type: none"> • institutions étatiques en charge d'établir les normes et de promouvoir les bonnes pratiques de construction parasismique et anticyclonique • ONG suisses actives en Haïti dans la reconstruction • institutions de formation professionnelle • organisations internationales impliquées dans la reconstruction • groupes de travail sectoriels / thématiques (Clusters, ...)
Rôles / niveaux opérationnels	<ul style="list-style-type: none"> • CCR <ul style="list-style-type: none"> - consultation technique - formation d'artisans et formateurs - suivi des formations (contrôle qualité) - élaboration des supports de formation, sensibilisation, information • INFP <ul style="list-style-type: none"> - formation des artisans - suivi des chantiers-formation - contribution au matériel pédagogique • BIT <ul style="list-style-type: none"> - contribution à l'élaboration de matériel pédagogique - appui pédagogique • MTPTC <ul style="list-style-type: none"> autorisation et certification

Acteurs du programme



Construction

Produit construit	<ul style="list-style-type: none"> ● Typologie architecturale : aucune le programme se concentre sur les techniques constructives, ne considérant pas l'aspect architectural ● Nombre : 0 ● Systèmes constructifs : maçonnerie chaînée avec blocs de ciment ● Amélioration des systèmes constructifs existants <ul style="list-style-type: none"> - amélioration de la qualité des blocs de ciment - introduction de chaînages horizontaux - amélioration des armatures (position, croisement, écartement) - harpage de la maçonnerie en correspondance des chaînages verticaux - renforcement des ouvertures - amélioration de la production des matériaux et du procédé de mise en oeuvre ● Éléments repris de l'architecture locale : <ul style="list-style-type: none"> - intervention limitée aux aspects structurels et constructifs - maintien des caractéristiques typologiques, esthétiques et fonctionnelles existantes ● Adaptation : totale principes constructifs adaptables à toute construction correspondante au système constructif considéré
-------------------	--



Petit-Gôave, chantier formation sur projet EPER

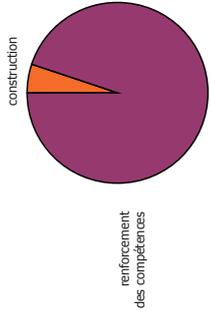


Petit-Gôave, centre de formation INFP support de formation

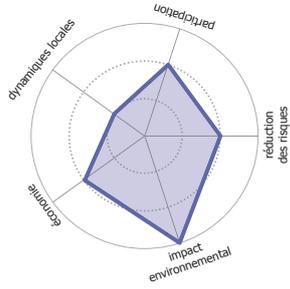
Renforcement des compétences

Activité	Information	Sensibilisation	Démonstration	Formation
Objectif	Promouvoir le bien bâtir	1- vulgariser des principes techniques de construction parasismique 2- rendre attentif à la nécessité de respecter les règles de la construction	Montrer la mise en oeuvre des dispositifs techniques à mettre en oeuvre pour améliorer la résistance	Créer de nouvelles compétences et amélioration de celles existantes au niveau technique et pédagogique
Supports	- affichage public	- calendriers 2011, 2012, 2013 - spots audiovisuels	- modèles	- manuels pour constructeurs - manuels pour formateurs - cours théoriques - supports de validation d'acquis - posters de chantier - chantiers formation
Publics cible	- grand public - autoconstructeurs - artisans - entrepreneurs - techniciens	- autoconstructeurs - artisans - entrepreneurs - techniciens	- artisans - entrepreneurs - techniciens	- artisans déjà expérimentés - formateurs - techniciens
Méthode	● Contenus : Bonnes pratiques de construction parasismique en maçonnerie chaînée ● Déroulement : - affichage public en grand format panneaux publicitaires dans des zones très fréquentées - affichage public en format réduit dans différents quartiers - chaque mois changement des affiches par thématique	● Contenus : de illustration principes clé pour la construction parasismique en blocs de ciment ● Déroulement : distribution et transmission	● Contenus : axonomie éclatée à échelle réelle	● Contenus : - construction parasismique en maçonnerie chaînée - qualité des blocs de ciment ● Déroulement : - formation pratique sur des chantiers de construction d'ONG tiers - 4 chantiers par formation - sur chaque chantier une équipe de 5 bos est suivie par un formateur - 2 groupes de 20 bos s'alternant tous les jours ● Suivi : - 1 expert CCR + 1 technicien ONG : hebdomadaire - 1 formateur CCR/INFP : quotidien ● Validation des acquis : par examen théorique et suivi sur les chantiers

SYNTHÈSE DU PROJET



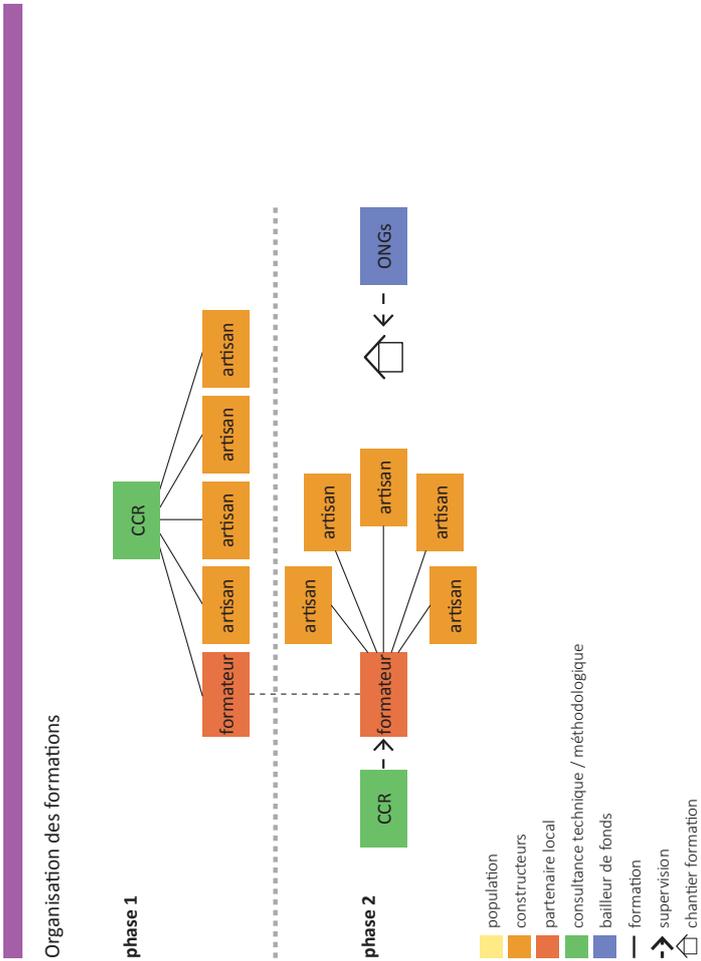
DEMARCHE DE PROJET



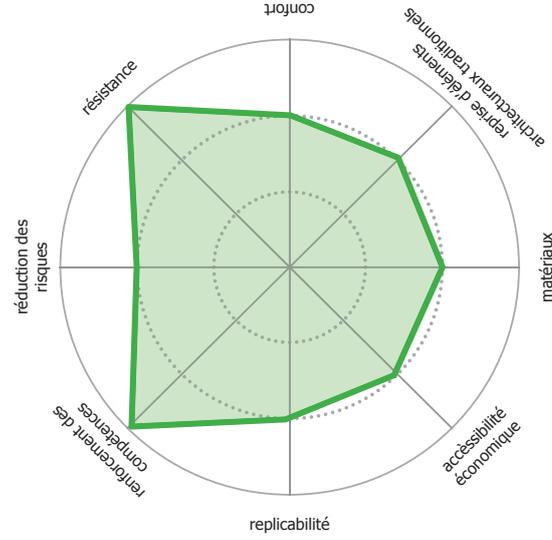
PROGRAMME

CONSTRUCTION

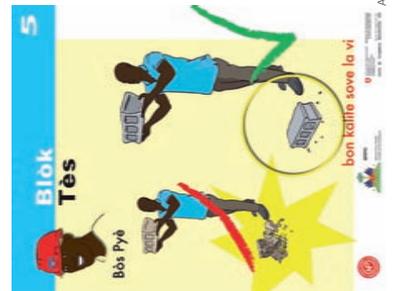
RENFORCEMENT DES COMPETENCES



Petit-Gôave, chantier formation sur projet EPER



APERÇU D'ENSEMBLE



Sources

DIRECTION DU DÉVELOPPEMENT ET DE LA COOPÉRATION, 2010. *Haiti: Centre de Compétences Reconstruction* [en ligne]. Bureau de la Coopération suisse en Haïti.

DIRECTION DU DÉVELOPPEMENT ET DE LA COOPÉRATION, 2011. *Centre de compétences pour la reconstruction en Haïti* [en ligne]. mars 2011.

Travail sur le terrain :

- visite du Centre de Compétence Reconstruction, Port-au-Prince : mars-2012, juin 2012
- visite du Centre de Formation et des chantiers formation en appui au programme de l'organisation EPER à Petit Gôave, avec arch. Guillaume Roux-Fouillet (CCR) et arch. Laurent Demarta (CCR) : 4-5 avril 2012
- Entretiens avec:
 - Tom Schacher, architecte responsable CCR. Le 31 mars 2012 à Port-au-Prince.
 - Guillaume Roux-Fouillet et Nadia Carlevaro, architectes CCR. Le 5 février 2012 à Port-au-Prince.



OUTILS DE COMMUNICATION DANS LA RECONSTRUCTION EN HAÏTI



Chacun des quatre programmes de reconstruction post-séisme qui ont été analysés au cours de cette recherche présente un volet d'activité se rapportant au renforcement des compétences dans la construction. Ici de suite, les particularités des supports élaborés et/ou utilisés dans le cadre de ces programmes sont présentées en relation à l'activité spécifique à laquelle ils se réfèrent et avec l'indication du public auxquels ils s'adressent.

- grand public : habitants, propriétaires, bénéficiaires de projet
- autoconstructeurs
- artisans
- entrepreneurs: producteurs, fournisseurs de matériaux, constructeurs (p.e. entreprise générale)
- formateurs : enseignants d'instituts de formation (universitaire, professionnelle, etc.), opérateurs de terrain, animateurs
- techniciens : architectes et ingénieurs (du secteur public/privé ou travaillant pour des organisations), chercheurs et spécialistes du génie parasinistre
- décideurs : bailleurs de fonds, autorités et collectivités, cadres et gestionnaires de projet

I

INFORMATION



PROJET 3



Réunions communautaires

Depuis le début du projet, plusieurs rencontres ont eu lieu : au niveau de l'ensemble de la zone de travail en réunissant les représentants des différentes communautés ; au niveau de chaque localité en rassemblant la population locale. Ces assemblées ont concerné l'explication du contenu et des modalités de

mise en place du projet, la présentation des principes constructifs proposés ainsi que, par la suite, la sélection des bénéficiaires sur base participative.



PROJET 3



Emissions radio

L'organisation de base en charge du projet inclut un comité Risques et Désastres, chargé de la préparation et gestion des crises. Lors des cyclones, ce comité utilise la radio communautaire pour alerter la population, lui donner des indications au regard des précautions à prendre ainsi que pour la sensibiliser à des mesures de réduction

de la vulnérabilité. Pendant le projet de réhabilitation post-séisme, des annonces et émissions particulières ont permis de diffuser des informations relatives à des bonnes pratiques de construction parasismique, ainsi que de donner des renseignements relatifs des activités en cours.



PROJET 2



Exposition

Différents panneaux sont employés pour l'explication des activités de reconstruction, des caractéristiques architecturales et constructives des habitations proposées ainsi que des éléments contextuels (pratiques sociales, typologies constructives et architecturales, etc.) fondant la démarche d'ensemble du projet.

Cet outil est utilisable dans le cadre de formations, séminaires et événements particuliers, comme support de promotion de principes techniques mais également d'une approche de travail.



PROJET 4



Panneaux d'affichage

Différents formats d'affiches ont été exposés dans des zones très fréquentées (marchés, carrefours, arrêts des transports publics, etc.) de la ville de Port-au-Prince. Ces panneaux se structurent sur la base de cinq thèmes correspondant à des étapes, ou principes essentiels, de la construction selon la technique de la maçonnerie chaînée.

Chaque thème s'articule sur plusieurs panneaux, disposés à des endroits différents, mais proches entre eux, et remplacés avec une fréquence périodique. Ces affiches présentent un seul message très ciblé au regard des caractéristiques des matériaux ou des modalités de leur mise en œuvre.



PROJET 2



Visites

Des visites et échanges ont été organisés entre différents professionnels :

- entre artisans engagés dans le projet en zones différentes, pour comprendre le type de structure sur lequel ils seront portés à travailler ;
- entre artisans impliqués dans des programmes différents, pour un partage

d'expériences et de connaissances au regard des principes et techniques mis en œuvre ;

- entre décideurs et techniciens de différentes organisations locales et d'organismes internationaux pour des échanges et explications de l'approche adoptée.



PROJET 3



Différents types de visites ont été organisés pour les participants au projet et des représentants d'autres institutions. Avant le début du chantier, chaque bénéficiaire effectue une visite d'un bâtiment présentant les améliorations techniques proposées, avec l'accompagnement de l'artisan choisi et de l'animateur de l'organisation de base en charge du projet.

En outre, des techniciens et cadres d'organismes locaux, nationaux et internationaux travaillant dans le secteur de la construction et de la formation, ont visité les sites du projet et rencontré les membres de l'organisation de base pour saisir les caractéristiques de la démarche mises en place.



PROJET 2



Séminaires

Échanges inter et in institutionnels regroupant professionnels et décideurs, à échelle locale, régionale, nationale, internationale. Deux ans après le séisme, un séminaire a réuni des acteurs de terrain et du monde académique, tant locaux qu'internationaux, pour partager les expériences au regard de différents projets de reconstruction, établir des

synergies d'approches et des collaborations opérationnelles ainsi que pour identifier des priorités d'action envers la problématique de l'habitat en milieu rural.



PROJET 4



Spots audiovisuels

Des sketches humoristiques focalisés sur des thématiques précises (p.e. mélange du mortier) vulgarisent des principes simples relatifs à la technique de la maçonnerie chaînée, pour améliorer la qualité de la mise en œuvre et la résistance de la structure.

Ces vidéos ont été réalisés en collaboration avec des comédiens locaux, et ils sont conçus pour être diffusés via les médias conventionnels ou en complément de séance de sensibilisation et formation.



PROJET 2



Kit de sensibilisation

Différents supports visuels ont été élaborés en relation au contenu du programme, avec des formats permettant leur utilisation dans des situations variées (projection vidéo et/ou fiches plastifiées à afficher). Les différentes thématiques abordées concernent les pratiques et les matériaux couramment employés pour la construction, les forces et les

faiblesses des architectures locales ainsi que les améliorations proposées par le projet de reconstruction. En outre, différents exemples d'architectures vernaculaires et d'architectes renommés, en différentes parties du monde, visent à mettre en valeur le potentiel et les différentes possibilités d'utilisation des matériaux naturels locaux.



PROJET 2



Calendriers

Almanach annuel publié par le réseau des organisations locales impliquées dans le programme de reconstruction. Associant un calendrier et des photographies, il vise à promouvoir l'approche adoptée et à mettre en évidence la complémentarité entre les activités d'agroécologie, couramment développées

par ces organisations, et une démarche d'amélioration de l'habitat s'inspirant des pratiques constructives et sociales, valorisant le savoir et la culture paysanne.



PROJET 4



Développement de plusieurs calendriers (trois ans) pour la diffusion d'informations sur la construction de bâtiments de taille réduite avec la technique de la maçonnerie chaînée. Le contenu est basé sur un guide de bonnes pratiques publié par les Ministère Haïtien des Travaux Publics, Transports et Communications et concerne des principes essentiels présentés de manière visuelle.

Cet outil constitue également un aide-mémoire pour les constructeurs ayant suivi une formation spécifique ainsi qu'un support de promotion de la technique considérée.

DÉMONSTRATION

Bâtiments démonstratifs

constructions à usage privé et/ou public situées dans des endroits fréquentés, servant aussi bien comme support de formation que de sensibilisation.

Différents bâtiments à caractère public ont été réalisés en milieu urbain et périurbain (gare routière, centre d'exposition, pépinière d'entreprises, etc.). Ces constructions se basent sur un même système constructif, en le déclinant architecturalement et esthétiquement selon la fonction à accueillir.

Cette diversification typologique (un ou deux étages, toiture à quatre ou deux pentes, etc.) à partir d'un système modulaire vise à répondre à des contraintes pratiques dictées par le contexte, ainsi qu'à montrer les possibilités permises par les principes adoptés.



PROJET 1



PROJET 2



PROJET 2



PROJET 3



PROJET 4



Deux types de bâtiments ont été réalisés, employant différentes techniques basées sur les matériaux naturels et une réinterprétation des typologies locales :

- des maisons modèles dans chaque zone de travail de l'organisation locale. Elles présentent, tant du point de vue architectural que constructif, les nouvelles habitations à reconstruire ;

- un bâtiment accueillant les bureaux d'une organisation locale engagée dans le programme. Cette construction se situe en proximité des zones d'intervention mais également proche d'un site de tourisme local. Elle permet de montrer la versatilité des techniques employées pour la reconstruction des habitations ainsi que leur possible utilisation pour la réalisation de structures de taille moyenne.

Construction d'une structure dont la taille correspond à celle d'une petite habitation en zone rurale. Différents dispositifs et techniques constructives sont montrés, en laissant apparentes certaines parties structurelles pour faciliter la compréhension des principes proposés.

Modèle

Support relatif à une technique constructive spécifique rendant visibles des dispositifs et principes pour une construction de qualité, ciblés en relation aux « mauvaises » pratiques courantes. Ces outils comprennent des murs démonstratifs et une axonométrie éclatée à échelle réelle, laissant apparents des détails autrement cachés.

Ces supports ont été réalisés lors des formations d'artisans, ce qui a permis de mettre en pratique les enseignements théoriques. Toutefois ils nécessitent d'être accompagnés d'une explication pour assurer une bonne compréhension des informations présentées.

Validations

expérimentations attestant la validité des principes constructifs proposés et/ou certifications d'organismes institutionnels permettant leur reconnaissance officielle, tant dans le cadre des normes de construction qu'en vue de subvention pour la (re)construction.



PROJET 2



Modélisations et essais scientifiques d'un système constructif particulier (ossature bois et remplissage en maçonnerie de pierre avec mortier terre) employé pour la reconstruction.



PROJET 1



Obtention d'une certification de la part du Ministère des Travaux Publics, Transport et Communications reconnaissant officiellement et admettant pour la re-construction, un système constructif s'inspirant des typologies constructives vernaculaires et employant des matériaux locaux, tant naturels que dérivant d'un recyclage de débris de bâtiments endommagés par le séisme.

F

FORMATION

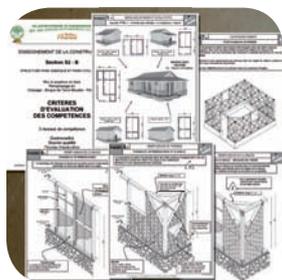
Fiches pédagogiques

supports de synthèse par thématique à afficher sur le lieu de formation (salle de cours, chantier formation, ...) et à accompagner par une explication de la part d'un formateur.

Fiches techniques illustrant les différents détails et étapes relatives aux typologies constructives considérées pour la re-construction.

Elles définissent les dimensionnements des différents éléments structurels, en fournissant des indications spécifiques au regard des critères à respecter pour la construction.

Ces supports sont utilisables sur le chantier comme « manuel d'instruction » se référant spécifiquement aux techniques sélectionnées.



PROJET 2



PROJET 3



Supports graphiques concernant sept thèmes distincts (site géographique, aléas locaux, gestion des risques au niveau de l'implantation, forces et faiblesses de l'habitat existant, matériaux locaux) et utilisables aussi bien sur les chantiers que pour des formations théoriques.

Les contenus se réfèrent essentiellement aux constructions et conditions existantes, en proposant différents principes pour l'amélioration des pratiques locales.

Mallette pédagogique

Ensemble d'outils graphico-techniques pour l'enseignement spécifique à une technique particulière et couvrant les différentes étapes de construction. Ils comprennent des manuels et supports pour les apprenants et pour les formateurs. Dans le premier cas, ils incluent un manuel utilisable comme source d'informations techniques et aide-mémoire ainsi qu'une

synthèse des cours théoriques. Dans le deuxième cas, les présentations à effectuer pendant la formation sont accompagnées par des supports indiquant les contenus du cours et les éléments à considérer pour la vérification et la validation des acquis.



PROJET 4



Kit pour les artisans formés

Ensemble de documents (manuel techniques, calendriers et réduction d'affiches d'information) en format de poche, qui sont distribués aux participants comme aide-mémoire et guide de référence pour les applications pratiques d'une technique particulière (maçonnerie chaînée).



PROJET 4



Maquettes

Modèles des habitations à échelle réduite, pour l'explication du système constructif, du comportement structurel ou des étapes de réalisation. Ils ont été réalisés par les techniciens responsables des formations des artisans et ils sont utilisés pour expliquer, aux bénéficiaires et artisans, les spécificités techniques des nouvelles constructions.



PROJET 2



Chantiers formation

mise en pratique des technologies proposées avec le suivi d'un formateur/superviseur, en s'appuyant sur l'intervention sur des structures démonstratives (bâtiments, modèles) ou en tant que partie effective d'un programme (p.e. habitation pour des bénéficiaires).



PROJET 1



Formation d'une équipe sélectionnée d'artisans au système technique proposé et aux principes de gestion d'entreprise. Conduite par des consultants, elle a compris des sessions pratiques, incluant la réalisation de plusieurs bâtiments sous la supervision

d'un technicien ainsi que des cours théoriques avec des sessions différées à selon du domaine spécifique de travail des artisans (charpente, maçonnerie, etc.).



PROJET 2



Formation sur les chantiers des nouvelles habitations. Formation initiale fournie par un consultant comprenant des cours théoriques effectués sur le site de construction et un suivi de la mise en pratique. Ensuite, les formations et le suivi sont effectués par les techniciens locaux en charge du projet.



PROJET 3



Deux formations dispensées par un consultant sur des chantiers de réparation d'une habitation existante et de construction nouvelle. Par la suite, l'animateur de l'organisation de base et différents artisans (charpentiers, maçons, couvreurs, etc.) préalablement formés ont assurés l'explication des principes techniques et la formation d'autres artisans impliqués dans les activités de construction.



PROJET 4



Mise en pratique des principes techniques sur des chantiers d'habitations prévus dans le cadre de programmes menés par d'autres institutions. Un suivi constant est assuré par des formateurs locaux ayant suivi une formation théorique préalable et un suivi ponctuel est effectué par des consultants étrangers.

PARTIE 2 / MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DES CULTURES CONSTRUCTIVES LOCALES EN ZONES À RISQUES

A.2.1. Supports d'analyse

- fiche descriptive synthétique
- check-list for community meeting
- check-list for mapping
- individual housing survey (technical and detailed questionnaires)
- check-list for meeting with local artisans
- check-list for focus group discussion
- guidelines for housing selection during transect walk
- guidelines for report preparation
- suggestion for design strategy

A.2.2. Gestion du processus d'analyse : exemple du projet au Bangladesh

A.2.3. Extraits des rapports

- Turquie : étude des typologies constructives en zone à risque sismique
- Haïti : identification des caractéristiques constructives de l'habitat vernaculaire
- Haïti : identification des typologies constructives, des ressources et des risques
- Bangladesh : analyse des cultures constructives vernaculaires

A.2.1. SUPPORTS D'ANALYSE

Au cours de cette recherche, différents types et variantes d'outils ont été développés en relation aux contextes de mise en situations ainsi qu'au fil de l'affinement de la méthodologie d'analyse. Les supports ci après représentent la version la plus complète, outre que la plus largement compréhensible (d'autres versions étant en bengali et créole), mise au point et utilisée dans sa totalité dans le cadre du programme Construction of Pilot Low Cost Houses (LCH) Project for the Disaster Affected Families of Bangladesh au Bangladesh. Dans le contexte haïtien, une version plus réduite a été employée à partir d'une sélection de certaines méthodes.

L'ensemble de ces outils constitue de fait une sorte de « kit » à usage des techniciens et des opérateurs de terrain, en leur offrant les repères pour la mise en œuvre de l'analyse ainsi que pour la récolte des informations.

Ce « kit » vient en support aux activités sur le terrain ainsi qu'à une phase préalable de sensibilisation et/ou formation de ces utilisateurs. D'autres critères, supports et méthodes peuvent venir s'ajouter selon les objectifs et le contexte de l'analyse ; de même, en relation à ces facteurs une adaptation au niveau des paramètres considérés s'avère indispensable.

CONTEXTUAL ANALYSIS OF LOCAL BUILDING CULTURE : DESCRIPTIVE SUMMARY

Overall objectives

1. to assess the different types of construction existing in the area
2. to understand how natural hazards affect the area and the houses
3. to learn about the local coping and adaptive strategies to face natural hazards and ordinary problems
4. to identify which resources (materials and skills) are generally used and are locally available for housing construction

Survey implementation steps

- 1- Preliminary work: data collection from secondary sources, adaptation of analysis tools and rapport building with local communities and authorities.
- 2- Community meeting: meeting with inhabitants of the selected area: introduction of the survey team; explanation about the purpose of the analysis and the way of its implementation as well as about the overall project; data collection about the area and its social, economic and natural environment.
- 3- Door to door visit: collection of information about households and preliminary identification of existing building typologies.
- 4- Mapping: development of one or more maps about built and natural environment, resources and risk
- 5- Transect walk: identification of the building typologies and the houses to be surveyed.
- 6- Individual housing survey: technical and detailed survey of selected houses and interviews with house owner and/or inhabitants.
- 7- Meeting with local artisans: data collection on building materials costs, availability, required quantity and provenance.
- 8- Focus Group Discussion: meeting with local artisans and people from the local community involved in construction: data collection on housing, building process, available resources, existing skills and know-how.
- 9- Report and design strategy: analysis of the collected information and definition of preliminary criteria for project orientation.
- 10- Validation: meeting with local community: discussion and verification of survey findings and project orientation.

Time required minimum 3 days (according to area characteristics and site localisation)
Survey team minimum 2 persons

Analysis tools

- Community meeting : check-list
- Mapping : check-list
- Individual housing survey: technical and detailed questionnaires
- Meeting with local artisans: check-list
- Focus Group Discussion: check-list
- Guidelines for: Housing selection
Report preparation
Design strategy

COMMUNITY MEETING

NOTE FOR IMPLEMENTATION:

- Analysis stage : initial
- Time required : 2h30
- Number of participants: 20-30 persons
- Type of participant: members of community (various ages and ethnical/cultural/economical backgrounds)
- Equipment : check list, writing pad, pen
- Team members: 2 (1 facilitator + 1 observer)

CHECK LIST

- 1- Introduction: presentation of the programme, explanation of objectives, request of participation, duration of the meeting
- 2- General information about the area:
 - description of location (topography, climate, min seasons, etc.)
 - accessibility (distance from main town, types of roads, access according to season)
 - socio-economic profile
 - infrastructures/facilities (health centre, water sources, schools, embankment, cyclone shelters, etc.)
 - occupation (type of activities, general and for construction, source of income and livelihood)
 - activities in the house
- 3- Main features of local housing:
 - Settlement pattern (housing distribution, particular groups, use of land, etc.)
 - Land ownership
 - Plot (type of vegetation, drainage, soil stabilization, etc.)
 - House pattern (to be defined according to local patterns: main types and most common, types no more in use)
 - Architectural typologies (main dimensions, shape, number of rooms, orientation, space arrangement, veranda, balconies, annex buildings, etc.)
 - Building typologies (plinth, drainage, main structure, posts, fences, roof and covering, openings, ceiling, new techniques)
 - Building materials (type and provenance)
 - Problems in the house (land, spaces, materials, transport, artisans, etc.)
 - Maintenance (construction part, frequency, cost, who is in charge)
 - Extension of living space (which part, where, when, by whom)
 - Comfort (climate, privacy, security)
- 4- Construction process:
 - Season for construction
 - Transport of materials
 - Preparation of materials (production, treatment, transformation process, etc.)
 - Construction steps
 - Duration of construction
 - Ways to reduce costs
 - Who do what for the construction
 - Decision criteria for construction (about choice of site, materials, space arrangement)
 - Relation with artisans (type of contract, follow up)
- 5- Natural hazards:
 - Main features: (types, frequency, season, after how much time situation go back to normality, ordinary and exceptional disasters, more exposed part of the area, access to the area)
 - Damages to buildings (types, which part is the most affected, repairing/reconstruction)
 - Collective measure for vulnerability reduction (arrangement to reduce risk, what people do before, during and after a disaster, main difficulties)
 - Individual measure for disaster reduction (particular arrangements to improve resistance of the house)
 - Situation after a disaster (materials available in the area and on local market, recycling from destructed house, shortage)
- 6- Additional information:
 - Other GO/NGO working in the area (types of activity, aid in disaster situation)
 - Local and community-based organisation

MAPPING

NOTE FOR IMPLEMENTATION:

- Analysis stage : initial
- Time required : 3h-4h (according to the extent of the area)
- Number of participants: variable (minimum 6 persons)
- Type of participant: members of community with a good knowledge about the area
- Equipment : check list, paper sheets, markers, pencils, rubbers, camera
- Team members: 2 (1 facilitator + 1 observer)

CHECK LIST

For general map

- area boundaries
- access (main et secondary roads, foot paths, bridges, etc.)
- infrastructures/facilities (health centre, temple, schools, embankment, cyclone shelter, etc.)
- land use and resources (water sources, plantations, quarries, etc.)
- settlement and housing location
- housing types (according to criteria jointly established on the basis of findings from community meeting and new discussions)
- risk and vulnerable areas (current affected areas, damaged building and infrastructure, flow of water, direction of wind, protection measures at settlement level, etc.)

COMMENT

- One or more maps could be done according to thematic focus (resources, housing types, risks, etc.) or by portion of the area.

INDIVIDUAL HOUSING SURVEY

NOTE FOR IMPLEMENTATION:

Individual housing survey is based on a technical assessment as well as on an interview with house owner and/or inhabitant. These two parts can be done in the same time or one after the other. Time required depends on people availability and complexity of the construction. The tools for this analysis steps are two and can be used separately to complete the information already acquired. The technical questionnaire is for construction assessment and detailed questionnaire for interview; however both will require some participation from the house owner. After having completed the survey of some houses, detailed survey could also be done without technical part to get some more information about construction process, coping strategies and disaster impact on housing.

- Analysis stage : intermediate
- Time required : 1h-2h (0h30-1h00 for interview + 0h30-1h00 for technical assessment)

TECHNICAL QUESTIONNAIRE

- Number of participants: 1-2 persons
- Type of participant: team members
- Equipment : questionnaire, writing pad, pen, meter, camera
- Team members: 1-2

DETAILED QUESTIONNAIRE

- Number of participants: 1-2 persons
- Type of participant: house owner, inhabitants, builders
- Equipment : questionnaire, writing pad, pen
- Team members: 1

Questionnaire for Assessment Survey of Existing Local Houses / TECHNICAL PART

1	Sample ID	Village / No. of the house	Surveyor	Date	
2	Address				
3	Owner / interviewed person detail	Name	Age	Profession	
		No of adults	No of Children	No of domestic animals	
		M: F:	B: G:		
4	Plot situation	Land	Risks	Vegetation	Built environment
		<input type="radio"/> Flat <input type="radio"/> Slope <input type="radio"/> Top of the hill <input type="radio"/> River/lake side <input type="radio"/> Other	<input type="radio"/> Wind exposed <input type="radio"/> Unstable slope <input type="radio"/> Flood exposed <input type="radio"/> Tidal wave exposed <input type="radio"/> Other	<input type="radio"/> No tree <input type="radio"/> Isolated trees <input type="radio"/> Some trees <input type="radio"/> Surrounded	<input type="radio"/> Isolated house <input type="radio"/> Near other houses <input type="radio"/> Between other houses <input type="radio"/> Other
5	Location of the house	Distance from river, sea, ravine, ...	Orientation	Position on the plot	Other constructions
6	House typology	Type	No. of Rooms	Particular elements	
			<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> veranda <input type="radio"/> kitchen <input type="radio"/> cattle shed	
7	Dimensions	External perimeter	External heights	Rooms	Room Height
			Ridge: Gutter (if any): Walls :		
8	House age and condition	Age, yrs	Condition	Maintenance (building parts and frequency of works)	
		<input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 10 <input type="radio"/> 15 <input type="radio"/> 20 <input type="radio"/> other	<input type="radio"/> Old but maintained <input type="radio"/> Old and damaged <input type="radio"/> New but not maintained <input type="radio"/> New and maintained <input type="radio"/> Other		
9	Facilities & equipments	Latrine	Water supply source		
			Type	Access	Distance (time)
			<input type="radio"/> well <input type="radio"/> pond <input type="radio"/> pump <input type="radio"/> other	<input type="radio"/> easy <input type="radio"/> difficult <input type="radio"/> very difficult <input type="radio"/> other	

10	Assessment of the Structure	Structural system	Framing: timber/bamboo/RC/other	Masonry: Stones / bricks / cement blocks / other	
			Fence/infill:		
		Foundation	Type:	Level of plinth	Soil condition
				ft from existing ground level	
		Post (size, spacing)			
		Beam (size, spacing)			
		Cross bracing sizes (location, types)			
		Roof	Flat / 1 pitch / 2 pitches / 4 pitches / other		
			Structure: Timber/Bamboo/Steel		
	Covering: GI sheet / thatched / other				
	Connections				
	Opening				
	Special arrangements				
11	Experience of last disaster: o extreme storm o rainfall o earthquake o flash flood o land slide o other	Duration			
		Rainfall	<input type="radio"/> mild <input type="radio"/> moderate/submerged <input type="radio"/> strong <input type="radio"/> very strong (washed away)		
		Force of wind	<input type="radio"/> Mild <input type="radio"/> Strong <input type="radio"/> very strong(trees, houses uprooted)		
		Main wind direction			
		Water level	<input type="radio"/> under plinth lever <input type="radio"/> over plinth lever <input type="radio"/> other <input type="radio"/>		
		Damages			

12	Draw sketches	House plan, sections and elevation / details (note the most important dimensions)

Questionnaire for Assessment Survey of Existing Local Houses / DETAILED PART

1	Sample ID	Village / No. of the house	Surveyor	Date
2	Construction process	<p>Who built the house? (How many persons? Labour cost, who did what?)</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> owner <input type="radio"/> skilled labour <input type="radio"/> unskilled person <input type="radio"/> family and relatives <input type="radio"/> other: <hr/> <p>Criteria for choice of artisans</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> personal acquaintance <input type="radio"/> renown <input type="radio"/> availability <input type="radio"/> cost <input type="radio"/> quality of work <input type="radio"/> other: <hr/> <p>Ways for reducing cost</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> participation to the construction <input type="radio"/> collecting materials <input type="radio"/> involving family members/relatives <input type="radio"/> self-help group <input type="radio"/> other: 		
3	Construction (for the surveyor and for the house owner)	House age and history		
		Criteria of choice for position/ orientation		
		Cost (total, most costly part)		
		Weakness (frequent problems and causes)		
		Strengths/ good features		
4	Construction stages	if extension, which part, in which direction? After how much time?		

5	Materials	Types, quality and building part for which it is used			
		Criteria of choice			
		Provenance and distance/ availability/ cost <input type="radio"/> land of the house owner <input type="radio"/> nearby the village <input type="radio"/> local market <input type="radio"/> other:			
6	Maintenance/ improvement	Which part needs maintenance?	Frequency	What has to be done? How? By whom?	Cost
	(to be done and that could suggested)				
7	Disaster	Does your family feel safe in the current house?			
	<input type="radio"/> extreme storm	Where do you shelter?	<input type="radio"/> Stayed home <input type="radio"/> Embankment/road <input type="radio"/> Shelter/school <input type="radio"/> other		
	<input type="radio"/> rainfall				
	<input type="radio"/> earthquake				
	<input type="radio"/> flash flood	How do you prepare to a disaster?			
	<input type="radio"/> river flood	Description (duration, after how much time situation returns normal, how do you manage)			
	<input type="radio"/> land slide				
	<input type="radio"/> other				
		Damages to buildings			
		Damages to surrounding environment			
		Is it possible to made the house safer? How? (at house level, surrounding environment, trees more resistant)			

8	Sketches	House (function, space arrangement) + surrounding environment (trees, other houses, plot arrangement)

MEETING WITH LOCAL ARTISANS

NOTE FOR IMPLEMENTATION:

- Analysis stage : final
- Time required : 1h-2h
- Number of participants: 3-4 persons
- Type of participant: artisans (mason, carpenter, etc.) involved in house construction in the area
- Equipment : check list, writing pad, pen
- Team members: 2 (1 facilitator + 1 observer)

CHECK LIST

- 1- Introduction: introduction of team member, presentation of the programme, explanation of objectives, request of participation, duration of the meeting
- 2- Housing technical features
 - Houses types and dimensions
 - Building parts (plinth, drainage, main structure, posts, fences, roof and covering, openings, ceiling, new techniques)
 - Building materials (type and provenance)
 - costs of different house parts (it can be good to choice one or more types of existing houses and to ask to the artisans time, materials and cost for each part)
- 2- Construction process:
 - Season for construction and why
 - Materials (transport, production, treatment, transformation process, etc.)
 - Construction steps
 - Duration of construction
 - Decision maker in house construction process
 - Maintenance (construction part, frequency, cost, who is in charge)
 - Precautions to improve durability
 - Way to reduce costs
 - Problems for construction
- 3- Skills for construction:
 - Number and types of artisans available in the village
 - Daily salary / contract basis
 - Contract with owner
 - Artisans groups
 - Exchange among artisans
 - Follow up of the construction
- 4- Natural hazards:
 - Damages to houses (types, which part is the most affected and reasons)
 - Improvements to reduce house vulnerability

FOCUS GROUP DISCUSSION

NOTE FOR IMPLEMENTATION:

- Analysis stage : intermediary and final
- Time required : 2h
- Number of participants: 6- 12 persons
- Type of participant: community members involved in construction and maintenance activities (artisans, owner builders, inhabitants, people in charge of particular task – as maintenance-material suppliers, etc.)
- Equipment : check list, writing pad, pen
- Team members: 2 (1 facilitator + 1 observer)

CHECK LIST

- 1- Introduction: explanation of objectives, request of participation, duration of the meeting
- 2- Main features of local housing:
 - Land ownership
 - Building materials (type and provenance)
 - Problems for construction
 - Maintenance (construction part, frequency, cost, who is in charge)
 - Extension of living space (which part, where, when, by whom)
 - Costs
- 3- Construction process:
 - Season for construction
 - Transport of materials
 - Preparation of materials (production, treatment, transformation process, etc.)
 - Construction steps
 - Ways to reduce costs
 - Who do what for the construction
 - People in charge of particular tasks
 - Decision criteria for construction (about choice of site, materials, space arrangement)
 - Relation with artisans (type of contract, follow up)
- 4- Natural hazards:
 - Damages to buildings (types, which part is the most affected and reasons, repairing/reconstruction,)
 - Individual measure for disaster reduction (particular arrangements to improve resistance of the house)
 - Situation after a disaster (materials available in the area and on local market, recycling from destructed house, shortage)

GUIDELINES FOR HOUSING SELECTION DURING TRANSECT WALK

OBJECTIVES

- to get an overall overview of the area
- to identify the more exposed parts
- to identify the construction types existing in the area
- to select houses for individual survey

NOTE FOR IMPLEMENTATION:

- Analysis stage : initial
- Time required : from 2-3h to half-a-day (according to the extent of the area)
- Number of participants: 2-10 persons
- Type of participant: members of community with a good knowledge about the area
- Equipment : writing pad, pen, camera, map
- Team members: minimum 1 (better if the entire team)

HOW TO PROCEED

1. A map of the area should be done previously with the help of the community.
This map should show:
 - location of houses
 - differentiation of houses on the basis of construction types
 - areas more exposed to local risks (e.g. floods)
2. The whole area should be visited
3. Main types of construction should be identified according to materials and/or structural system employed for the construction (e.g. mud house, bamboo posts;)
4. Selection should include 2-3 houses for each identified type according to:
 - different sizes of the same type of construction
 - > this will allow to understand how the house evolve, which are the most important parts and how people extend their house
 - houses of different economic level (poor, medium and rich people)
 - > this will allow to identify different types of solutions and in which are the priority parts of the construction and in which parts people invest more
5. During transect walk, short visit to different houses corresponding to the identified types will allow to complete data collected with the individual survey

COMMENTS

- to visit different parts of the village, not only the one more exposed to risk
- all the types of construction should be considered
- the selected houses should be well representative of the construction type (e.g. for space size, construction)
- during transect walk, look for particular constructive solutions (e.g. special connexions)

GUIDELINE FOR REPORT PREPARATION

OBJECTIVES

- to resume the survey findings
- to present the overall situation of the area
- to underscore the main existing problems in the construction in relation to durability and local risks
- to describe local solutions and coping strategies

HOW TO PROCEED

1. assemble the collected information under the different report points adding photos and sketches to improve the comprehensibility
2. verify the information validity comparing the survey findings
3. identify any possible information gap

REPORT CONTENTS

1. General information
 - a. population (total number of inhabitants, family size, religion or other social subdivision)
 - b. infrastructure (education, health)
 - c. main activities (types, annual/seasonal)
 - d. complementary information (community-base organisations or other GO/NGO working in the area : types of activities, if no more working, why)
2. Site
 - a. morphology (hills, plain, proximity of river, streams, lake, etc.)
 - b. access (in normal and disaster situation, with which type of vehicle, distance/time)
 - c. location of houses/villages and use of land nearby
3. Main risks
 - a. natural hazards (according to local population as well as national risk maps)
for each type, specify:
 - frequency of normal and exceptional disasters
 - duration
 - when do they generally happen?
 - after how much time the situation return at normal?
 - damages to houses : types according to building types, most affected parts, repairing needed
 - damages to environment: types, arrangement to reduce risks
 - b. coping strategies
for each type of disaster, specify:
 - how people know that a disaster is coming?
 - what people do before, during and after a disaster?
 - is there any thing that people do to improve house resistance?
4. Housing typologies (for each type)
 - a. main types of houses existing in the area (which are the difference)
 - b. for each type: shape and size, orientation, space arrangement, particular elements
 - c. additional buildings (which are and where are they placed)
 - d. extensions (which direction, which function)
 - e. comfort (climate, privacy, security)
5. Housing structure
 - a. foundations/plinth (materials and techniques, shape and dimensions, main problems and causes, existing solutions, particular arrangement to improve durability and resistance)
 - b. main structure (materials, techniques and dimensions of load-bearing structure and secondary structure, main problems and causes, existing solutions, particular arrangement to improve durability and resistance)
 - c. roof (shape, materials and techniques for the structure, covering materials, main problems and causes, existing solutions, is there any particular arrangement that improve durability and resistance)
 - d. fences (materials and techniques, types, main problems and causes, existing solutions, particular arrangement to improve durability and resistance, comfort inside the house according to type of fence)
 - e. joints (types of connections and materials used, bonding, special cutting, main problems and causes, existing solutions)

- f. openings (number, shape, size, position)
not only doors and windows should be considered but also other types of solutions allowing for ventilation and light (e.g. bamboo grid)
 - g. special provisions (according to survey findings: inside and nearby the house, for which purpose, where)
6. Building process
 - a. which are the criteria to choose : house position, house materials, artisans
 - b. construction season and why
 - c. duration of construction
 - d. construction steps
 - e. who do what
 - f. ways to reduce construction cost
 7. Maintenance
 - a. average lifespan of each construction type
 - b. average lifespan of the materials according to the construction part for which they are used
 - c. parts that need maintenance (main problems and reasons)
 - d. what has to be done
 - e. who do it
 - f. frequency
 8. Building materials
for each material used specify: types, dimensions, availability (in which season), provenance, solutions to improve durability (e.g. treatment), availability after a disaster (quantity, cost after a disaster)
 9. Skills for construction
 - a. number and types of artisans available in the area
 - b. provenance of artisans
 - c. who do what for house construction
 10. Construction costs
 - a. materials and labour costs
 - b. most expensive part of the house
 - c. average costs of existing houses

SUGGESTIONS FOR DESIGN STRATEGY

- Technical proposals should refer to different types of solutions for the different parts of the construction according to different costs.
- Design strategy should try to solve the identified problems by suggesting new solution or integrating good local practices.
- For each part of the construction think about which are the existing problems and which are the solutions implemented by population to overcome them:
 - if these solutions work well, they should be integrated into the design strategy
 - if they don't solve the problem or they are too costly, suggest different types of possible solutions on the basis of: good solutions found in other regions, basic engineering principles keeping them the most simple and the less expensive as possible.

A.2.2. GESTION DU PROCESSUS D'ANALYSE

Note d'explication

Le schéma suivant synthétise la stratégie de gestion du processus d'analyse contextuelle permettant, selon la structure organisationnelle interne à Caritas Bangladesh, de mettre en œuvre de manière autonome une analyse de l'habitat et des cultures constructives. Il a été élaboré suite à un séminaire («Lessons Learnt on LCH Program», novembre 2012) réunissant le personnel du Disaster Management Department de Caritas Bangladesh impliqué au niveau national et régional dans le programme Construction of Pilot Low Cost Houses (LCH) Project for the Disaster Affected Families of Bangladesh. Ce rencontre a eu comme objectifs d'effectuer un bilan des expériences d'analyse conduites dans le cadre de ce programme, d'affiner et consolider les connaissances au regard des contenus et des étapes de ce processus ainsi que de définir de manière concertée une répartition des tâches s'harmonisant aux modalités de travail et aux responsabilités courantes au sein de cet organisme.

Le principe ici proposé est adaptable à d'autres acteurs et structures organisationnelles, en vue d'établir un lien fort entre la phase d'analyse et celle de mise en œuvre des activités, par la définition d'une répartition complémentaire et diffuse des tâches entre les niveaux décisionnels et opérationnels existants. Cette démarche voit l'implication à des degrés différents de l'ensemble du personnel engagé dans un projet, en faisant en sorte que le rôle attribué à chacun permette de bénéficier des compétences qui lui sont spécifiques ainsi que de gérer en manière efficace la collecte, la réélaboration et la validation des informations fondant la définition d'initiatives et projets à entreprendre dans une zone donnée.

Ci-dessous l'explication des fonctions et des rôles existants au sein de Caritas Bangladesh ayant servi de référence pour le schéma de synthèse :

- Niveau national :
 - coordinateur du programme au niveau national (national programme coordinator - NPC)
- Niveau régional :
 - directeur régional (regional director - RD)
 - responsable du programme (programme officer - PO): généralement avec une formation de type sciences sociales et en charge au niveau régional de plusieurs programmes
 - agent de terrain (field officer - FO) : généralement avec une formation technique (p.e. ingénieur civil) et principal responsable pour la mise en œuvre du projet
- Niveau local :
 - superviseur local (local supervisor - LO) : provenant de la zone du projet et engagé temporairement dans le programme.

Les principales étapes d'analyse sont présentées avec l'indication des objectifs, du type d'information à rechercher ainsi que des niveaux en charge de conduire les activités et de les superviser.

Schéma extrait de :

CAIMI, Annalisa, 2012. *Construction of Pilot Low Cost Houses (LCH) Project for the Disaster Affected families of Bangladesh*. Rapport de mission. Dhaka : CRATERRE-ENSAG.

survey step	objectives	information needed	who do what
1. RAPPORT BUILDING	<ul style="list-style-type: none"> - to validate the appropriateness of the selected area - to establish preliminary contacts with GO/NGO and local community representatives 	<ul style="list-style-type: none"> - stakeholders present in the area (local communities, GO and NGO) - level of vulnerability to local risks 	activity   supervision 
2. COMMUNITY MEETING	<ul style="list-style-type: none"> - to explain the project to the community - to collect data on local situation 	<ul style="list-style-type: none"> - site (topography, accessibility, infrastructures) - social and cultural groups - activities and occupations - lifestyle - house patterns and typologies - landownership - local risks and coping strategies 	activity   supervision 
3. DOOR TO DOOR VISIT	<ul style="list-style-type: none"> - to identify existing construction types 	<ul style="list-style-type: none"> - households (number, sizes) - existing construction types (number of constructions per type, cost and structure) 	activity   supervision 
4. TRANSECT WALK	<ul style="list-style-type: none"> - to get an overall overview of the area - to identify the more exposed parts of the area - to identify the construction types existing in the area - to select houses for individual survey 	<ul style="list-style-type: none"> - settlement pattern - local resources - risk exposed zones - types of housing - construction types, resources and risks map 	activity   supervision 
5. INDIVIDUAL HOUSING SURVEY	<ul style="list-style-type: none"> - to have detailed information about local houses and disasters 	<ul style="list-style-type: none"> - house size and space arrangement - structure dimensions and components - construction process and maintenance - coping strategies and measures for vulnerability reduction - construction funding 	activity   supervision 
6. MEETING WITH LOCAL ARTISANS	<ul style="list-style-type: none"> - to collect information of existing skills and know-how and house construction 	<ul style="list-style-type: none"> - construction materials (types, availability, durability, transport) - construction season - local artisans (skills, organizations) - construction costs (materials and labour) - particular problems and possible solutions - improvements for materials durability and construction resistance 	activity   supervision 
7. MEETING WITH LOCAL BUILDERS	<ul style="list-style-type: none"> - verification and validation of information - collection of more information 	<ul style="list-style-type: none"> - construction steps - ways to reduce costs - persons involved in the construction and tasks - house maintenance - particular problems and possible solutions 	activity   supervision 
8. REPORT AND DESIGN STRATEGY	<ul style="list-style-type: none"> - to analyse the collected information - to suggest design orientation principles (model types, main construction features) 		activity   supervision  

LS  FO  PO  RD  NPC 

A.2.3. EXTRAITS DE RAPPORTS

Au cours des trois ans de thèse, différentes analyses ont été conduites en utilisant certains ou la totalité des outils de la méthodologie qui a été élaborée ; et cela en relation à des contextes, objectifs et modalités de travail distincts. Dans cette partie, des extraits des rapports de synthèse des informations recueillies sont présentés à partir des quatre modalités différentes d'investigation.

Le premier exemple concerne une étude des typologies constructives en zone à risque sismique, effectuée en Turquie en août 2012. Ce travail a porté sur une analyse technique du bâti vernaculaire urbain et rural dans quatre régions situées le long de la faille Nord Anatolienne. Les principales méthodes employées sont l'observation, des visites accompagnées et l'analyse de sources secondaires.

Le deuxième exemple se réfère à l'identification des caractéristiques constructives de l'habitat vernaculaire dans les zones rurales du département de l'Ouest en Haïti. Cette analyse a été conduite en plusieurs étapes, lors de visites du projet de reconstruction post-séisme conduit par l'organisation haïtienne EPPMPH (membre de la PADED), au cours de quatre missions sur le terrain effectuées entre février 2011 et juin 2012. Les informations ont été collectées au fur et mesure sur la base d'observations, de visites accompagnées et d'entretiens avec les habitants et les constructeurs.

Le troisième exemple se rapporte à des analyses effectuées en 2012 par les techniciens de l'organisation haïtienne GADRU, membre de la PADED et engagée dans la reconstruction post-séisme. Elles ont été conduites dans le département de l'Ouest et du Nord-Ouest d'Haïti dans le cadre du processus d'apprentissage de la méthodologie élaborée. Elles ont de fait permis simultanément une familiarisation du personnel de cette institution avec l'approche et les outils d'analyse, ainsi qu'une amélioration de la connaissance des caractéristiques de l'habitat dans les zones de travail du GADRU. Ces analyses ont

porté sur l'identification des typologies et pratiques constructives, des ressources et risques existants dans chaque site considéré ; et ceci par des observations, des visites accompagnées, des entretiens communautaires et individuels ainsi que des groupes focalisés. Ce travail avec le GADRU a été effectué dans le cadre du projet de recherche ReparH avec l'objectif de soutenir une durabilité des approches mises en œuvre lors de la reconstruction post-séisme ainsi que leur appropriation par les partenaires haïtiens.

Le quatrième exemple se réfère à des analyses conduites dans le cadre du programme de préparation aux crises mené conjointement par la Caritas Bangladesh, le département d'ingénierie civile de la Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET) et le laboratoire CRAterre. Ces analyses ont été effectuées en six zones du pays avec l'objectif d'identifier, pour chacune d'entre elles, les caractéristiques de l'habitat, les pratiques, les ressources et les compétences inhérentes au domaine de la construction ainsi que les risques existants. Ce travail a été conduit en collaboration avec des représentants des deux institutions locales et représente la modalité d'investigation la plus complète, utilisant l'ensemble des outils de la méthodologie élaborée. Les méthodes employées ont été les suivantes : cartographie, observation, visite accompagnée, entretien (communautaires, individuels, avec informateurs clés), groupe focalisé et relevé technique.

La variabilité et l'hétérogénéité du cadre et des modalités de travail entre ces analyses donnent lieu à différents types de produits ainsi qu'à des niveaux distincts de technicité de la méthodologie élaborée. Les extraits présentés sont dans leur forme originale, néanmoins dans le cas du rapport des analyses conduites par le GADRU et de celles au Bangladesh la mise en page a été légèrement modifiée en intégrant sur une seule page deux pages du document d'origine.

ÉTUDE DES TYPOLOGIES CONSTRUCTIVES EN ZONE SISMIQUE

Le bâti vernaculaire le long de la faille Nord Anatolienne, Turquie

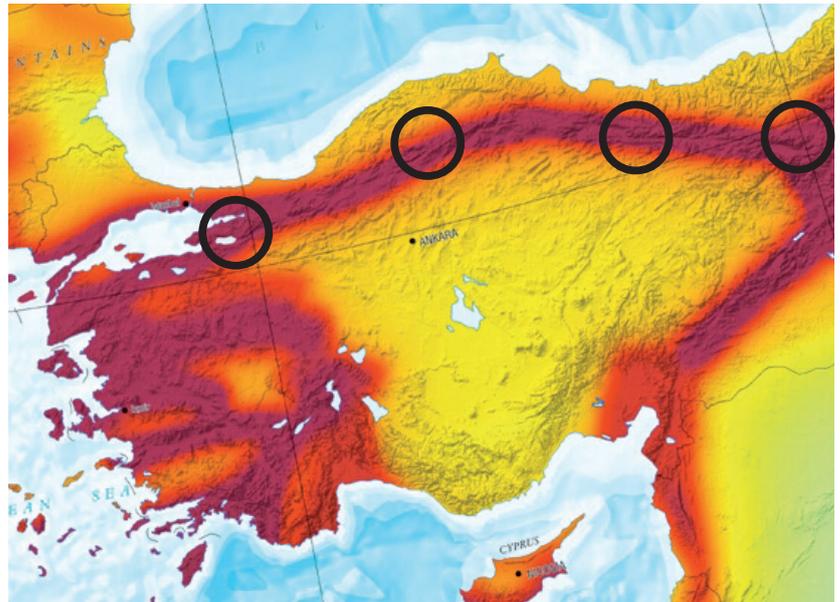
Annalisa Caimi

architecte EPFL_DSA-terre_août 2012_annalisa.caimi@gmail.com



Ce document constitue un extrait du rapport synthétisant les résultats d'analyses conduites en août 2012. À titre démonstratif, seul une partie du contenu de ce rapport est présentée, en référence à une des quatre zones considérées. Selon les informations récoltées et les opportunités s'étant présentées au cours du travail, les éléments obtenus varient d'une région à l'autre, tout en se focalisant sur des aspects essentiellement techniques.

Le choix des endroits à considérer s'est effectué sur la base de la sismicité locale et d'événements récents. Pour chaque zone, plusieurs sites ont été analysés, mais leur étendue ne couvre pas l'ensemble de la région considérée. De ce fait, les informations présentées n'ont pas la prétention de décrire de manière exhaustive les caractéristiques constructives de chaque région, néanmoins elles permettent de saisir la diversité et, parfois, les similitudes existantes parmi le bâti vernaculaire de régions géographiquement distinctes partageant une exposition au risque sismique.



MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

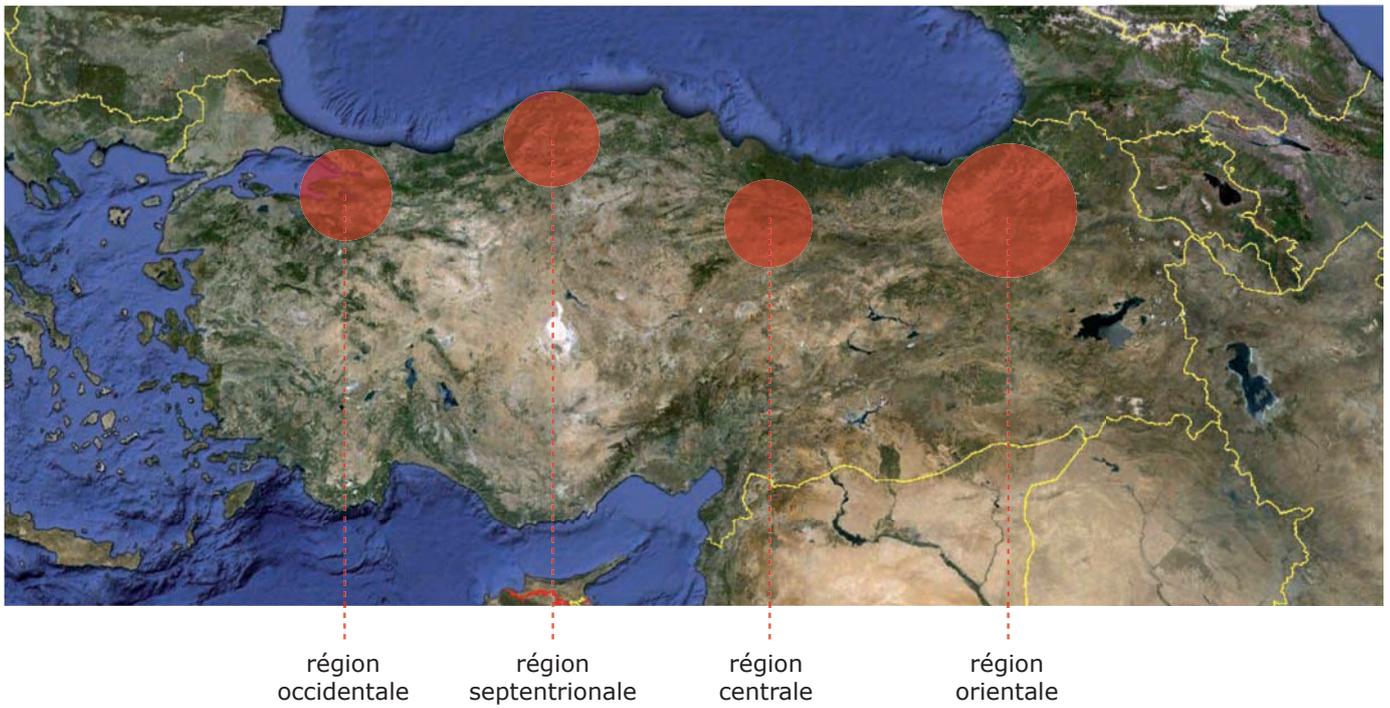
Ce travail concerne une étude des typologies constructives présentes dans le bâti vernaculaire de quatre régions situées le long de la faille Nord Anatolienne, dans la partie septentrionale de la Turquie.

Les informations présentées se basent sur une recherche documentaire et, en plus grande partie, sur les résultats d'une analyse de terrain effectuée en août 2012 (durée : 3.5 semaines). Cette étude s'est focalisée sur les caractéristiques techniques des artefacts construits, aussi bien en zone urbaine que rurale. Les investigations ont pris en compte essentiellement des aspects constructifs : matériaux, systèmes et détails, pathologies et dispositifs particuliers.

Trois typologies constructives ont été identifiées, bien que leur présence et spécificités varient d'une région à l'autre ainsi que dans la même région :

- ossature en bois avec remplissage en torchis, maçonnerie en pierres et en briques (en terre crue et cuite), mélange de pierres et mortier de terre, rondins en bois, bardage en planches de bois ;
- maçonnerie porteuse en pierre ou en brique (en terre crue et cuite) avec insertions horizontales en bois de forme, épaisseur et fréquence variables ;
- maçonnerie porteuse en pierre ou en brique (en terre crue et cuite) avec insertions horizontales et verticales.

Des observations ont été conduites au regard des pathologies présentes dans le bâti existant ainsi que de l'évolution et des modifications des techniques, en particulier en association à l'utilisation des matériaux récents. Ces observations ont été enrichies avec des informations découlant d'échanges avec les habitants et des représentants d'organismes et autorités locales. Ces rencontres ont permis d'investiguer le comportement du bâti vernaculaire lors des séismes passés, des éventuels dispositifs particuliers mis en place pour réduire sa vulnérabilité ainsi que les démarches de gestion du patrimoine, en lien notamment avec des initiatives de revalorisation des connaissances et savoir-faire techniques et de revitalisation des quartiers historiques.



région centrale



endroits visités: Sivas, Tokat, Niksar



région septentrionale



endroits visités: Amasra, Bağcılar, Bartın, Çerçen, Kastamonu, Kadıbükü Köyü, Konarı Köyü, Safranbolu, Üçbölük, Yörük Köyü

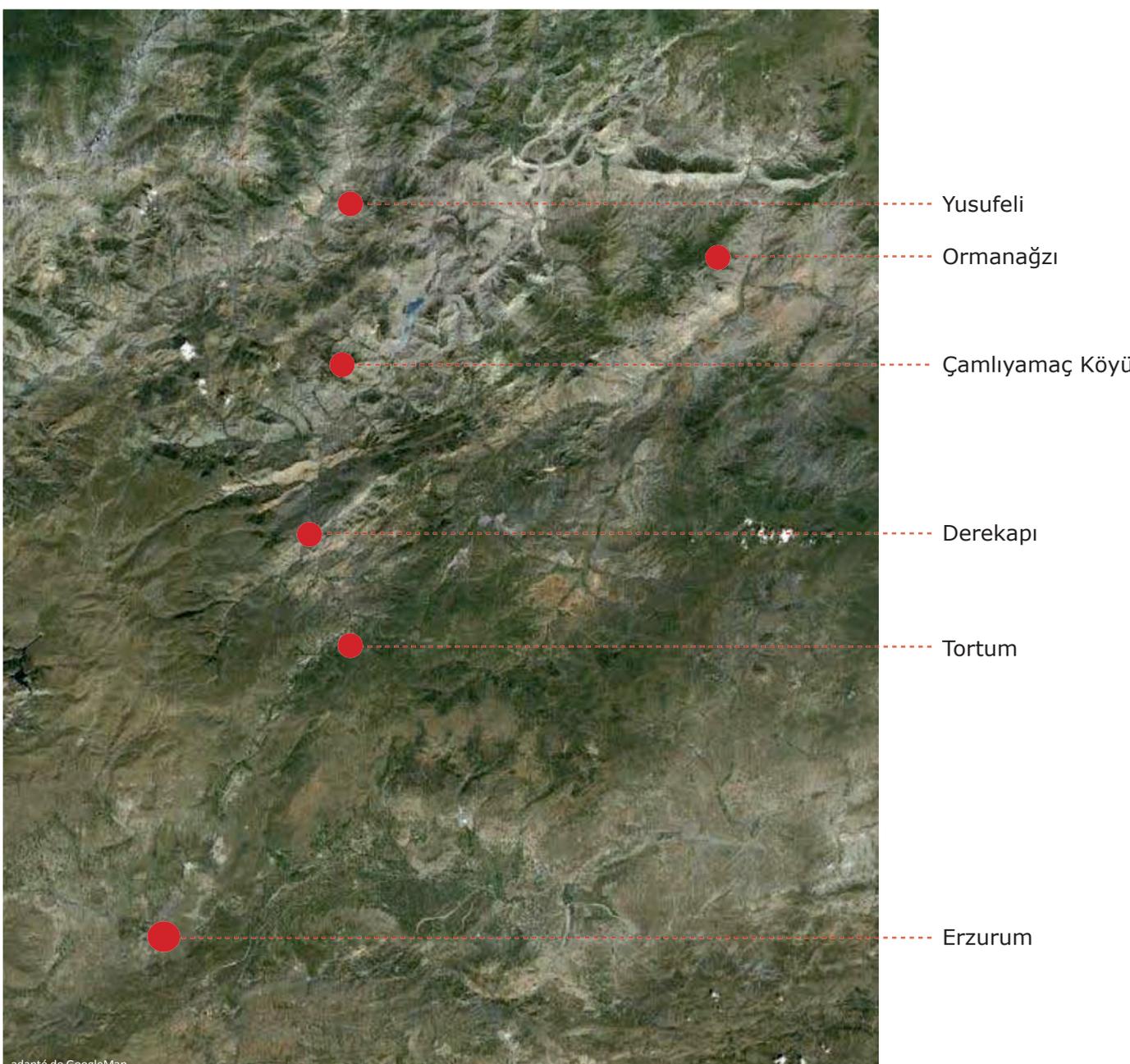


région occidentale



endroits visités: Bursa, Cumalıkızık Köyü, Değirmendere, Gölcük, Izmit, Narlıca Köyü, Saraylı Köyü, Sölöz, Tavşancıl

REGION ORIENTALE



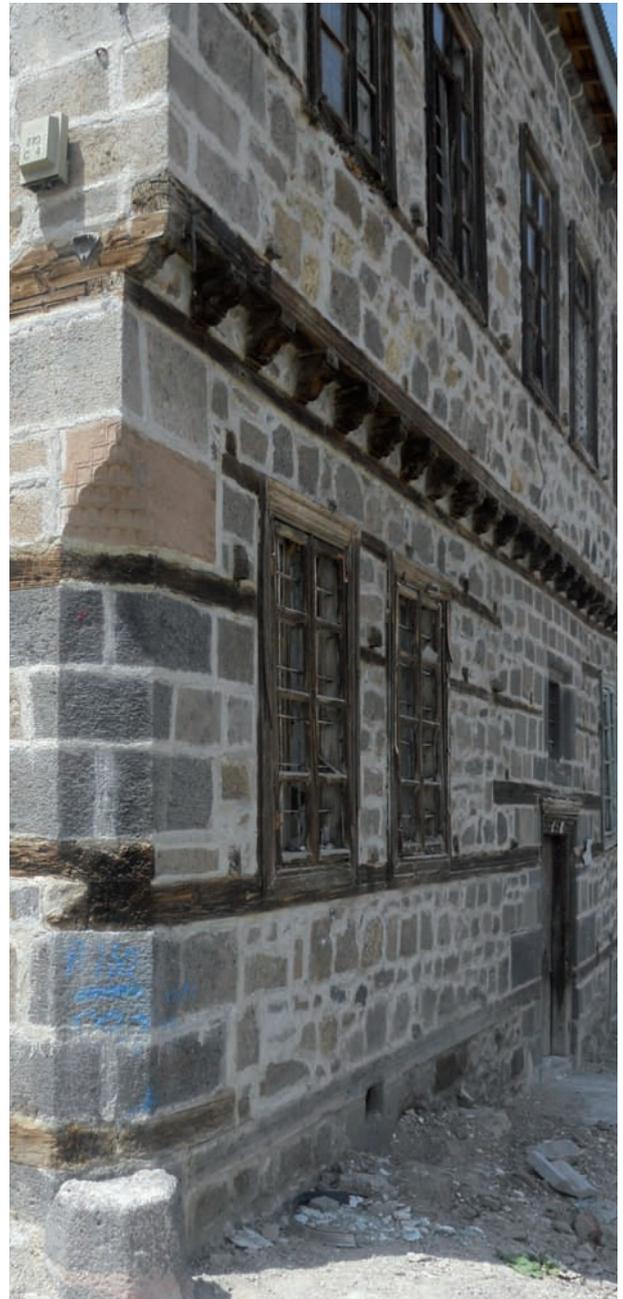
adapté de GoogleMap

SYNTHESE



Erzurum_fin XIX siècle

source: Houshamadyan



ERZURUM

TYPLOGIE ARCHITECTURALE

- constructions compactes à un ou deux étages avec cour intérieure
- premier étage en saillie sur la façade principale
- ouvertures :
 - au rez-de-chaussée en nombre limité et de taille réduite
 - à l'étage, assez grandes en rangée régulière
- toiture : plate, à une pente, 2 pentes ou 4 pentes
- age des constructions : environ 150 ans



SYSTÈME CONSTRUCTIF

Maçonnerie porteuse avec chaînages horizontaux

Composition du mur (environ 60cm d'épaisseur) :

- faces régulières et remplissage en pierres non taillées mélangées avec un épais mortier de terre
- faces régulières et remplissage avec des pierres taillées de taille plus réduite, avec mortier terre
- maçonnerie massive en pierre de taille et mortier de terre

Planchers :

- poutres rectangulaires ou circulaires
- création de projections avec une extension des poutres en dehors du plan de façade
- planches en bois clouées aux solives

Toiture et plafonds :

- structure en bois
- revêtement en terre damée (20-50cm) sur un lit de branches de saule et de roseaux

Finitions :

- Enduit :
 - extérieurs : aucun ou badigeon de chaux
 - intérieurs : mortier de terre,
- Sol : terre battue, planches en bois



Chaînages en bois massif (*hatillar*)

- section rectangulaire : 5-15x10-30cm
- espacement vertical : entre 60 et 150 cm
- traverses dans l'épaisseur du mur reliant les deux poutres horizontales (intervalle : 40-180cm)
- disposition des ouvertures entre les chaînages



angles / maçonnerie en pierres de taille ; joint en biais connectant des poutres perpendiculaires du chaînage extérieur ; traverses reliant les poutres horizontales

murs intérieurs en maçonnerie porteuse avec chaînages horizontaux en bois



joint de prolongation des poutres de chaînage

coupe en biais de connexion entre poutres de chaînages perpendiculaires

pièce de connexion entre deux poutres de chaînage en correspondance de l'ouverture de la porte



faible espacement entre deux corps bâti différents

DISPOSITIFS PARTICULIERS



angles / maçonnerie appareillé en angle biseauté avec élément en biais de connexion entre chaînages extérieurs perpendiculaires (rez-de-chaussée, façades sur rue)



angles / élément de contreventement intérieur en bois en correspondance des chaînages horizontaux

Éléments verticaux de liaison entre chaînages / parfois des éléments en bois relient différents chaînages horizontaux entre eux.

Positionnement :

- double : intérieur et extérieur en correspondance des ouvertures
- simple : sur le côté intérieur du mur avec un remplissage en briques cuites entre les poteaux, ensuite recouverts par l'enduit



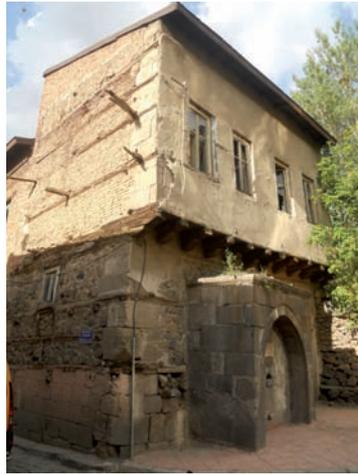
défaillance aux angles / mauvaise connexion entre chaînages horizontaux engendrant une perte de cohérence de la maçonnerie en pierres et un effondrement des angles du bâtiment

maintien en cas d'effondrement / les chaînages horizontaux empêchent l'écroulement de la partie supérieure en maçonnerie, évitant ainsi un effondrement complet du mur et facilitant la réparation de la partie endommagée

maçonnerie en briques cuites /
La maçonnerie en briques cuites est parfois employée pour les étages supérieurs.

Les briques sont appareillées en panneresse et liées avec un mortier en terre.

Les chaînages en bois sont également utilisés et les angles sont renforcés avec des pierres de taille disposées en harpage.



renforcements / parfois la toiture est ancrée aux chaînages inférieurs par des éléments verticaux en bois



renforcement / cheminées en briques cuites avec courts chaînages horizontaux en bois



subdivision de la maçonnerie sous les ouvertures par des éléments verticaux en bois entre les chaînages



OBSERVATIONS

Ces constructions sont présentes seulement dans le quartier historique (datant d'environ 600 ans) de la ville, qui en est la partie la plus dégradée. Un grand nombre de maisons a été démoli pour laisser place à des tours de logements en béton armé. La plupart des constructions sont abandonnées et presque en ruine ; celles encore habitées sont dans un état très détérioré. Seulement quelques constructions ont été restaurées par la Mairie et seront gardées comme témoignage de l'architecture traditionnelle locale. Les autres, surtout privées, seront au fur et à mesure démolies.

Modifications :

- surélévation des combles avec maçonnerie en blocs de ciment et une toiture en tôle à une pente
- ajout d'un étage en maçonnerie de briques cuites ou blocs de ciment
- agrandissement des ouvertures avec interruption des chaînages.

La fonction parasismique des *hatillar* est bien connue par les habitants mais ils ne sont pas repris dans les constructions ou modifications récentes à cause du coût élevé du bois.



TORTUM

remplissage /
mortier en terre entre lattis en bois



Éléments de cloison avec structure secondaire en bois et remplissage

remplissage /
mélange de pierres avec mortier
en terre entre branches écorcées

DEREKAPI



structure légère à l'étage /
ossature en bois avec lattis cloués et remplissage
en mortier en terre



dissociation structure mur-toiture /
les poteaux indépendants assurent le maintien
de la structure de toiture même en cas
d'effondrement du mur en maçonnerie

ÇAMLIYAMAÇ KÖYÜ



rez-de-chaussée en maçonnerie avec chaînages en bois, étage en maçonnerie en pierre avec planches horizontales en bois et angles renforcés par des poteaux et diagonales



chaînage constitué par deux poutres parallèles reliées par des traverses. En cas de défaillance de la maçonnerie en dessous il empêche l'effondrement de l'étage



connexion traverse-poutre de chaînage



structure de la galerie / assemblages avec entailles arrondies



lattis cloués remplis avec du mortier en terre et/ou chaux

rez-de-chaussée en maçonnerie de pierres étages légers en ossature bois et remplissage



lattis avec remplissage en pierres et mortier de terre

YUSUFELI



assemblages /
entailles à mi-bois de connexion entre chaînages
perpendiculiers et entre chaînages et traverses



rez-de-chaussée en maçonnerie en pierre avec mortier en
terre et chaînages horizontaux en bois
étage léger avec ossature en bois et remplissage en
maçonnerie de briques en terre crue



étages inférieurs en maçonnerie en pierre avec
chaînages en bois / étages supérieurs légers



mur trumeau avec chaînage horizontal en bois



assemblages / connexions entre chaînages perpendiculaires
avec prolongements améliorant la résistance à la traction



maçonnerie en pierre sèche avec chaînage horizontal

OMANAGZI



structure primaire en maçonnerie en pierre avec mortier en terre et charpente en bois



charpente / tête de poteau avec élément de répartition des charges et assemblage à mi-bois de prolongation des poutres



charpente / assemblage à mi-bois avec coupe en biais permettant un meilleur liaison des poutres de chaînage



poutres horizontales en bois intégrées à la maçonnerie en correspondance des ouvertures, sans continuité sur le pourtour du bâtiment



traverses de connexion entre poutres horizontales avec prolongement consolidant l'ancrage entre les éléments



extension légère avec ossature bois, lattis cloués et remplissage en terre



maçonnerie en pierre avec rejointement en mortier en terre fibrée

Références

COBURN, Andrew, SPENCE, Robin, BAYÜLKE, Nejat, et al., 1988. « Reducing Earthquake losses in Eastern Turkey ». In : Proceedings. Tokyo-Kyoto : *International Association for Earthquake Engineering*. p. 631-636.

KARPUZ, Haşim, 2005a. *About Erzurum Houses*. Selçuk University, Faculty of Applied Sciences & Literature.

KARPUZ, Haşim, 2005b. *Wooden Houses of Anatolia: The Use of Timber Material in the Houses of Erzurum and Konya*. Selçuk University, Faculty of Applied Sciences & Literature.

SPENCE, Robin, COBURN, Andrew, 1987. *Reducing earthquake losses in rural areas : A case study of Eastern Turkey*. Cambridge :The Martin Centre for Architectural and Urban Studies, University of Cambridge.

TURGUT, Hilal, YEŞİL, Pervin, ATABEYOĞLU, Ömer, et al., 2011. « Evaluation of the Current State of Historical City Center of Erzurum and Production of Related Maps ». In : *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. Vol. 11, n° 2, p. 30-42.

www.kultur.gov.tr

www.houshamadyan.org

www.erkurum-information.com

www.emsc-csem.org

Photo aeriene : GoogleEarth

Carte de la sismicité: European-Mediterranean Seismological Centre

Toute photographie a été prise par l'auteur

SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS DE L'HABITAT VERNACULAIRE Haïti_département du Sud-Est



Annalisa Caimi

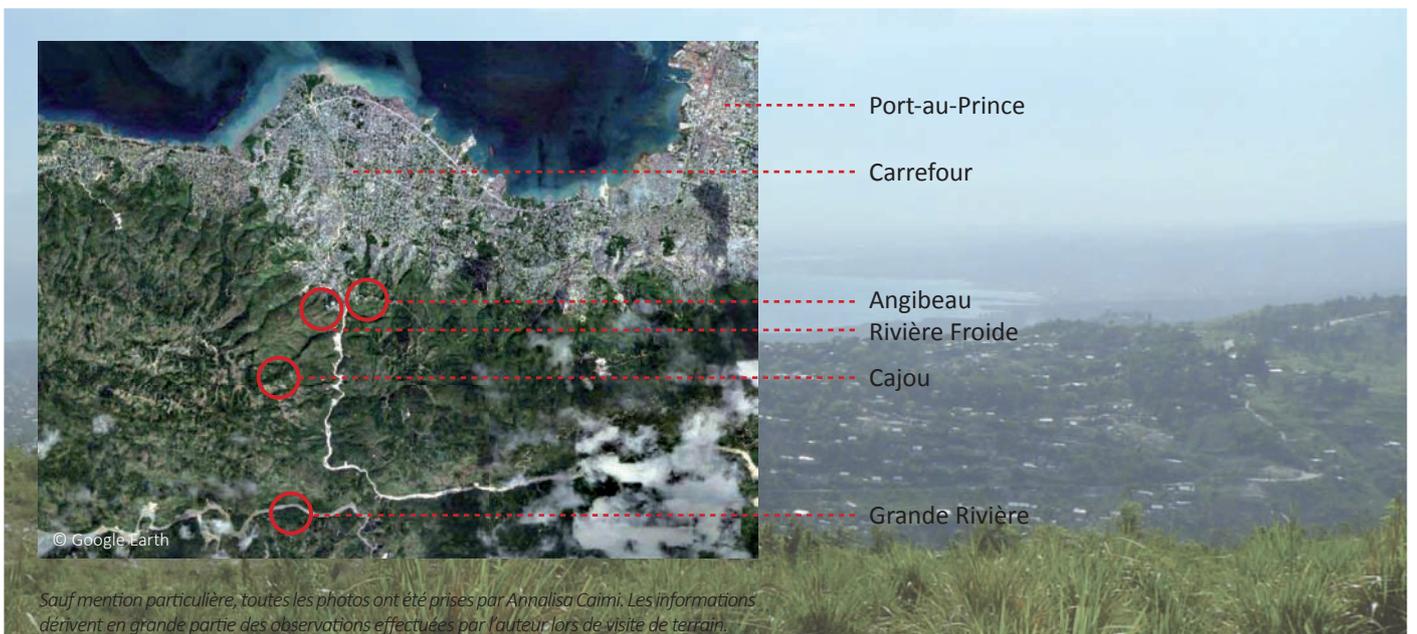
architecte doctorante_laboratoire CRAterre_unité de recherche AE&CC
Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble
Février 2013_annalisa.caimi@gmail.com

Les informations suivantes découlent de visites effectuées pendant 4 missions en Haïti, dans les zones de Grande Rivière, Rivière Froide, Angibeau et Cajou, entre février 2011 et juin 2012.

Bien que ces visites n'aient pas eu comme objectif une analyse en profondeur des cultures constructives locales (mais plutôt une visite du programme de reconstruction post-séisme mené par l'organisation haïtienne EPPMPH), certaines observations ont pu être effectuées au regard des caractéristiques des constructions locales. Ces données ont ensuite été complétées

avec les informations contenues dans les rapports des consultants Misereor. Il ne s'agit donc pas de résultats découlant de la mise en place d'une analyse approfondie effectuée sur la base de la méthodologie développée dans le cadre de la thèse.

Le travail d'EPPMPH et le projet de reconstruction ne se limitent pas uniquement aux zones visitées. Pour cela les informations présentées ici de suite ne sont pas exhaustives par rapport aux caractéristiques des constructions, aux pratiques et ressources disponibles, mais elles permettent d'avoir un aperçu au regard des pratiques constructives existantes.

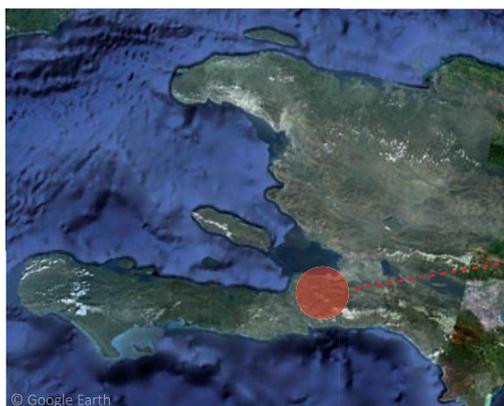


Sauf mention particulière, toutes les photos ont été prises par Annalisa Caimi. Les informations dérivent en grande partie des observations effectuées par l'auteur lors de visite de terrain.

PRATIQUES CONSTRUCTIVES LOCALES DANS LA ZONE DE TRAVAIL DE L'ORGANISATION ENCADREMENTS DES PETITS PAYSANS DES MORNES ET PLAINES D'HAÏTI - EPPMPH



1. CONTEXTE



Port-au-Prince

zone de travail de
EPPMPH



site : zone rurale et
périurbaine, mornes

accessibilité :
de 30 min à plusieurs
heures de marche,
seulement parfois en
voiture

aléas naturels :
cyclones (annuels)
séismes

2. HABITAT LOCAL



habitat dispersé_Angibeau

Implantation

- habitat dispersé, regroupé par localités
- implantation hétérogène (pieds, pentes et sommet des collines)
- les habitations sont généralement protégées par la végétation mais parfois très exposées au vent (nouveaux sites d'implantation)
- dans le cas d'implantation sur le flanc d'une colline, le terrain est souvent creusé sans qu'aucune mesure de stabilisation du sol soit mise en place



Organisation de la parcelle

- plusieurs bâtiments : une maison principale avec des annexes (cuisine, latrine, ...)
- un espace, en terre battue ou avec une chape en ciment, devant la maison est utilisé pour travailler les récoltes
- parfois plusieurs maisons (une par ménage) se situent sur la même parcelle



Typologies architecturales

- habitat bas, avec deux ou plusieurs pièces
- une galerie est souvent présente sur la façade principale (d'angle ou sur toute la longueur) et parfois elle tourne sur le côté le plus dégagé
- dans le cas des toitures à deux pentes, le galeta est utilisé comme espace de stockage des récoltes et des biens, accessible depuis une petite fenêtre en façade et souvent aussi par l'intérieur de la maison
- souvent un cabinet est réalisé en clôturant une extrémité de la galerie et il est utilisé comme espace de stockage
- les fenêtres sont souvent positionnées aux deux côtés des angles de la façade principale ; les pièces positionnées à l'arrière n'ont souvent aucune fenêtre
- plusieurs portes d'accès sont généralement présentes, dont au moins une donnant sur l'arrière ou sur un côté de la maison



Typologies constructives

Différents types de construction sont présentes, employant principalement des matériaux disponibles localement. Toutefois, dans les zones proches d'agglomérations urbaines le ciment est plus largement utilisé pour la construction en maçonnerie de blocs de ciment et comme mortier pour la maçonnerie en pierre et pour des enduits.

Indépendamment de la typologie constructive :

- les constructions n'ont généralement pas de fondations. Parfois elles reposent sur un socle d'une hauteur d'environ 30-40cm, dans d'autres cas, elles sont au niveau du sol ;
- les toitures sont généralement à 2 pentes ; toutefois dans les constructions les plus anciennes la toiture est souvent à 4 pentes. La structure (fermes, chevrons et liteaux) est en bois et la couverture presque exclusivement en tôle ondulée, mais parfois des écorces de palmier soient utilisées pour les maisons les plus pauvres et pour les bâtiments annexes (cuisines, latrines). Les typologies présentées ici de suite correspondent aux typologies et matériaux ayant été le plus fréquemment observés.



Grande Rivière : habitation avec structure en bois et remplissage en maçonnerie en pierre



Angibeau : maison avec structure en bois et remplissage en panneaux clissés avec enduit en terre et badigeon à la chaux



Grande Rivière : maison ayant survécu au séisme de 2010, avec structure en bois et remplissage en partie en maçonnerie de pierres et en partie en clissage avec mortier en terre



Angibeau: maison reconstruite après le séisme de 2010 par le propriétaire sans aide extérieure (photo prise en février 2011)



Rivière Froide : maison datant de plusieurs décennies avec structure en poteaux bois et clissage recouvert d'enduit ciment



Cajout: maison en blocs de ciment reconstruite par l'habitant après le séisme de 2010



Structure porteuse postuelle :

- poteaux en bois plantés directement dans le sol et supportant la structure de la toiture
- espacement des poteaux : 80-120 cm
- les murs se subdivisent en panneaux (entre un poteau et l'autre) qui constituent également l'unité de mesure pour le dimensionnement de la construction (p.e. 4 x 3 panneaux)
- durée de vie des poteaux : variable de 10 à 40 ans (selon qualité, protection à l'humidité, présence de termites)



- structure souple, admettant un certain degré de déformation
- sous l'effet de sollicitations extérieures (p.e. séismes), les poteaux maintiennent la toiture en place, malgré le possible écroulement du remplissage. La partie la plus chère de la construction est ainsi préservée
- en cas d'écroulement du remplissage, la réparation de la maison est possible



- absence de contreventement
- pourrissement de la base des poteaux à cause de l'humidité; ce qui peut déterminer une perte de stabilité ou l'inclinaison de la maison, avec un risque d'effondrement en cas de contraintes extérieures (cyclones - séismes)



Structure avec poteaux et bardage en planches de bois clouées horizontalement à l'extérieur de la structure en bois (*palmiste*) :

- essences de bois utilisés : campèche, palmier royal, palmier



- facilité de réalisation et d'extension de la structure
- les planches en bois apportent un certain contreventement et, donc, cohérence et solidité à la structure
- technique employée pour la réparation provisoire de parties endommagées dans des constructions réalisées avec d'autres techniques (p.e. clissage)
- de par le type de matériaux de construction utilisé et le mode de rupture de ce type de structure, cette technique est l'une des moins dangereuses en ce qui concerne le risque de pertes en vie humaines.



- ce type de construction était une fois très répandu, mais la déforestation et le coût élevé du bois ont déterminé son inaccessibilité économique actuelle.
- actuellement l'association avec une image de pauvreté fait en sorte que cette technique soit majoritairement utilisée pour les cuisines ou des bâtiments secondaires



Structure avec poteaux en bois et remplissage en clissage :

- des lattes en bois de palmier sont tressées horizontalement en constituant des panneaux insérés entre les éléments verticaux de l'ossature en bois
- parfois laissés apparents, ces panneaux sont le plus souvent recouverts des deux côtés avec un mortier en terre ou en terre et chaux et badigeonnés à la chaux



- flexibilité d'utilisation des lattes (modulables, démontables et interchangeables)
- structure légère présentant un degré réduit de mise en danger de ses occupants, grâce au tressage qui évite le possible écroulement de gros blocs
- lors du séisme du 2010, la plupart de ces constructions ont bien résisté aux secousses, les dégâts se limitant souvent à la fissuration et au décollement des enduits
- technique utilisée par la population pour la réalisation d'abris d'urgence ou pour des réparations temporaires des habitations



- le mortier ne contient pas de fibres et ne traverse pas le tressage des lattes, qui sont très serrées
- le bois de palmier royal est devenu très rare
- associées à une image de pauvreté et ancienneté, les constructions en clissage sont généralement perçues comme transitoires
- récemment la pénurie de bois et l'association avec une image de pauvreté ont déterminé un abandon progressif de cette technique, avec une conséquente perte des compétences associées.



Endommagement de parois intérieures et extérieures lors du séisme du 12 janvier 2010



Clissage : lattes très serrées ne permettant pas la liaison entre le mortier des deux côtés du panneau



Structure avec poteaux en bois et remplissage en maçonnerie en pierre (*tiwoch*) :

- technique caractérisant la plupart des habitations rurales des zones analysées ; elle est encore employée pour des nouvelles constructions
- pierres maçonnées entre les poteaux et sur leur côtés extérieurs, avec un mortier de terre (tuf), terre et ciment, sable de tuf et ciment, constituant des murs d'une faible épaisseur allant de 10 à 30cm.
- technique généralement employée pour les parois extérieures et associée au clissage pour les cloisons intérieures



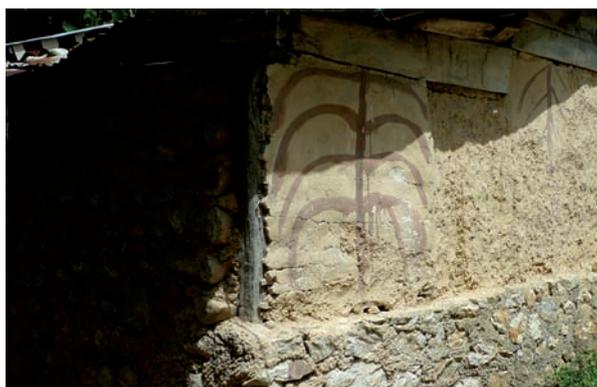
- selon la zone, grande disponibilité de pierres dans les champs, sans nécessité d'extraction
- peu d'entretien est nécessaire



- absence d'appareillage des pierres
- les pierres plates sont maçonnées verticalement
- les grandes pierres ne traversent pas l'épaisseur du mur pour lier les deux faces
- utilisation d'une quantité assez élevée de ciment, ce qui accroît considérablement le coût global de la construction
- en cas de séisme, les pierres peuvent tomber exposant les occupants à un risque de blessure grave
- en cas de séisme, l'utilisation d'un mortier fortement stabilisé détermine un comportement du mur de façon monolithique, avec un risque d'effondrement par basculement du panneau entier



Structure en poteaux avec remplissage/parement en maçonnerie de pierres. La maçonnerie recouvre la structure en bois qui reste noyée à l'intérieur du mur.



Façade arrière en clissage d'une maison avec poteaux en bois et remplissage en pierres



Endommagement partiel, lors du séisme de 2010, d'une paroi extérieure en maçonnerie de pierre et d'une cloison intérieure en clissage



Pratiques parasinistres

Bien que présentant des défauts de conception ou de mise en œuvre qui peuvent parfois déterminer un affaiblissement structurel et, sous l'action de sollicitations exceptionnelles (telles que séismes et cyclones), une perte de solidarité de la structure, l'habitat vernaculaire des zones analysées présente des dispositifs permettant d'améliorer son comportement envers l'impact des aléas naturels affectant ces régions.

Lors du séisme du 12 janvier 2010, bien qu'ayant subi des dégâts localisés dus aux sollicitations sismiques et souvent associés à une détérioration structurelle antécédente, les bâtiments traditionnels n'ont pas tué. En outre, les dommages ont souvent affecté les éléments secondaires, sans compromettre la structure primaire et les parties les plus coûteuses, en facilitant ainsi la réparation. Même dans le cas d'habitations datant d'environ quatre décennies et abandonnées depuis plusieurs années.



La faible hauteur sous toiture limite la prise du vent mais, en déplaçant le centre de gravité vers le bas, favorise également une bonne résistance aux séismes.



Des contreventements horizontaux aux quatre angles de la poutre sablière solidarisent la structure, tandis qu'au niveau de la toiture, des contreventements diagonaux entre la poutre faîtière et les pignons des fermes assurent la stabilité de la charpente.



Des assemblages par tenon et mortaise permettent au bâtiment de subir des légères déformations, tout en gardant une cohésion structurelle.



La réduction progressive de l'épaisseur des murs et l'utilisation de matériaux plus légers pour la partie supérieure permettent de protéger les occupants, en cas d'effondrement partiel, ainsi que de réduire le poids du mur en baissant le centre de gravité de la construction.

En particulier en relation à des phénomènes de type cyclonique, plusieurs dispositifs permettent de réduire la vulnérabilité du bâti envers des forts vents. La désolidarisation entre la couverture du corps principal d'habitation et celle de la galerie répond au principe de déconnexion structurelle entre structure primaire et secondaire qui préserve la toiture principale, même en cas d'arrachement de la couverture de la galerie.



La toiture à faible pente et à 4 pans ainsi que des débords de toiture réduits permettent de diminuer la prise du vent. En outre, les habitations sont généralement entourées de végétation, ce qui diminue l'impact des vents violents.

Certains éléments architecturaux ne répondent pas uniquement à des nécessités fonctionnelles ou esthétiques, mais assument également une fonction structurelle :



Outre à être un endroit permettant la mise en sécurité des biens (envers les voleurs et l'humidité), le grenier fermé apporte une majeure résistance à la toiture, en particulier dans le cas d'une couverture à deux pentes.



La clôture de la galerie avec des planches en bois positionnées en croix solidarise la structure qui, même en cas d'écroulement du soubassement en maçonnerie, maintient une certaine cohérence sans s'effondrer.



Au-dessus des ouvertures, des planches en bois entaillées permettent une ventilation des pièces mais surtout, en cas de cyclone, permette d'égaliser la pression intérieure et extérieure, réduisant le risque d'un arrachement de la toiture.

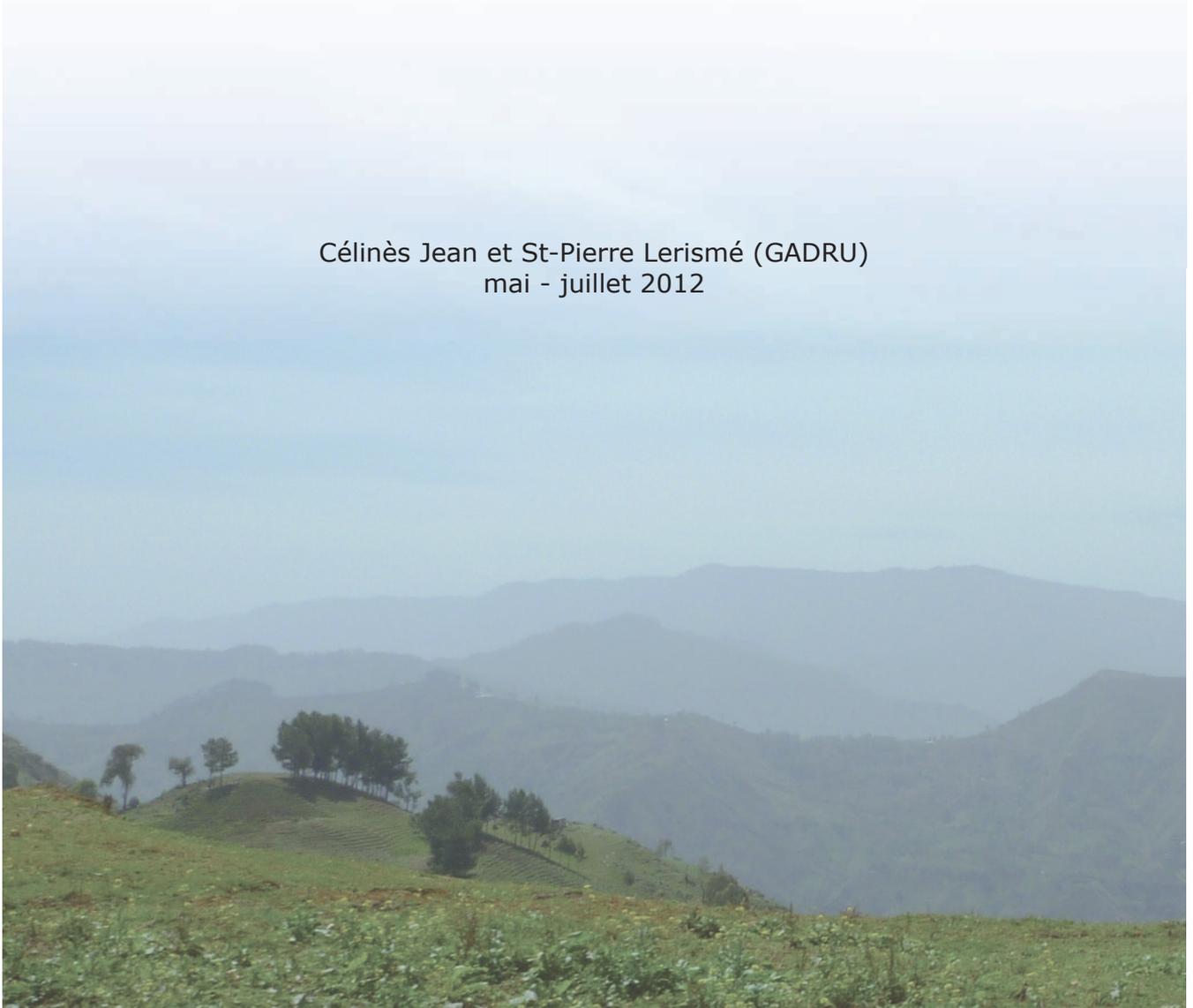


Les frises décoratives ornant les pignons permettent de générer des tourbillons, brisant le flux du vent et minimisant les dépressions susceptibles de décoller la couverture.

Analyse des pratiques constructives locales

zones rurales de Procy, Bongars et Mahotièrè (Haïti)

Célinès Jean et St-Pierre Lerismé (GADRU)
mai - juillet 2012



NOTE D'INTRODUCTON

Les informations présentées dans cet extrait dérivent d'une analyse de l'habitat effectuée par deux ingénieurs de l'organisation haïtienne GADRU, entre mai et juillet 2012.

Ce travail se situe dans une mise en perspective des expériences effectuées par le GADRU et trois autres associations haïtiennes, membres de la PADED (Plateforme d'Agroécologie et de Développement Durable), dans le cadre de la réhabilitation suivant le séisme de 2010. Ces organisations sont engagées dans un programme, supporté techniquement et financièrement par l'organisation allemande Misereor, pour la reconstruction d'habitats selon une approche de valorisation des cultures constructives et des ressources locales. En vue d'initiatives futures d'amélioration des conditions de vie et de réduction de la vulnérabilité des populations rurales, le GADRU a décidé d'acquérir des compétences spécifiques à une analyse contextuelle pour être en mesure de développer des approches et des solutions constructives cohérentes aux différentes zones de travail.

En 2012, deux techniciens de cette organisation ont entrepris un apprentissage des outils méthodologiques élaborés dans le cadre de cette recherche en thèse. Ce processus s'est effectué de manière quasi autonome, avec un accompagnement ponctuel avant et après une phase pilote d'expérimentation de la méthodologie comprenant des analyses dans trois différentes zones d'Haïti. Le travail conduit par les deux ingénieurs s'est basé sur quatre méthodes principales : des observations, des visites accompagnées, des entretiens individuels et

collectifs ainsi que des groupes focalisés, portant sur les caractéristiques de l'habitat local et les principaux facteurs (pratiques, savoir-faire, ressources, etc.) influençant le processus de construction. Les outils d'analyse (fiches d'analyse technique et détaillée, listes de questions, etc.) ont été traduits en créole pour faciliter les échanges et les données ont été collectées à partir de la consultation de sources documentaires (rapports existants, diagnostics préalables, etc.), d'observations sur le terrain et d'échanges avec les représentants des collectivités locales et la population (pour chaque zone environ une cinquantaine de personnes correspondantes à des profils très variés).

La partie qui suit a été extraite du rapport de synthèse élaboré par les deux ingénieurs. Les éléments présentés sont identiques à ceux reportés dans ce document, sauf quelques ajustements au niveau de certaines expressions créoles qui ont été rendues plus compréhensibles à des personnes ne connaissant pas cette langue. Des illustrations d'un rapport effectué par un consultant de Misereor, lors d'un précédent diagnostic, ont été également intégrées en considération du fait que ce document a largement servi de référence au travail des techniciens et que les observations qu'il contient ont été conduites en collaboration avec le GADRU en relation à des objectifs similaires.

La mise en place de ce travail au regard d'une analyse située de l'habitat local découle d'une collaboration entre le GADRU et le laboratoire CRAterre-ENSAG établie dans le cadre du projet de recherche ReparH – Reconstruire Parasinistre en Haïti.

Localisation des zones analysées

département: Nord-Ouest

zone : Mahotiere

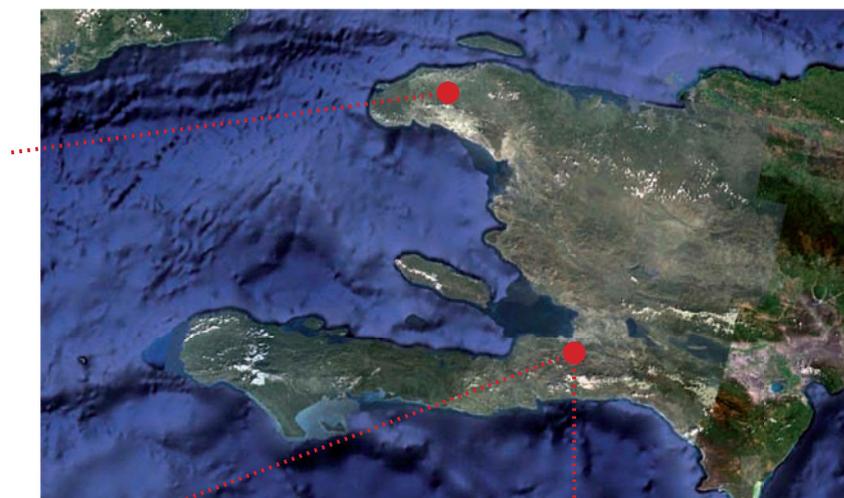
localités: Kisa, Vye joupa, Nan Baie, Palmiste, Chapino, Michel, Tante , Jaco



département: Ouest

zone : Procy

localités: Clémenceau, Chauffard, Guiotte, Barre, Platon fete, Lespere, Bandaou, Macon



département: Ouest

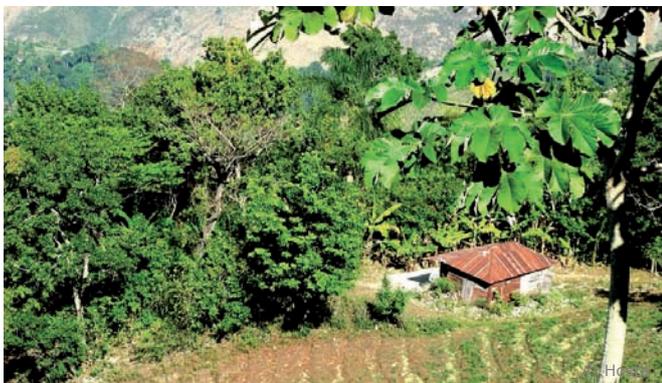
zone : Bongars

localités: Platon, La Hate, Soufrance, Bolosse, Plezi

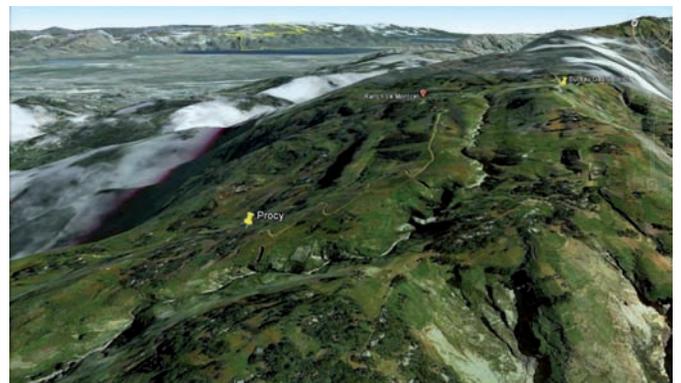


1. Présentation de Procy

La 7ème section communale de Procy est une entité rurale de la commune de Carrefour située dans le département de l'Ouest. La section de Procy est à 16 km de la commune de Kenscoff, pour arriver en voiture il faut environ une heure de temps. Elle est délimitée au Nord par la section de l'Etang du Jonc, au sud par la section Berly, à l'Est par La section Bongars et à l'Ouest par la section Laval. Sa superficie est estimée à 15,23km². Elle a une population de plus de 4.000 habitants qui se répartissent dans 15 hameaux et 22 localités. Le relief de Procy est caractérisé par une étendue échelonnée qui s'étale entre Belot (à 1800 m d'altitude), Clémenceau (1600 m), Platon Fété (1350 m) et Lespère Bandaou (1200 m).



La température oscille entre les 12 et 14°C au cours de l'année. Les différences ne résident pas seulement au niveau du climat, mais aussi dans les modes de productions agricoles et la typologie de l'habitat. La plupart des localités de la zone ne sont accessibles qu'à pied : de Belot à Clémenceau et Chauffard on peut arriver en voiture 4x4 tandis qu'aux autres hameaux on y accède uniquement à pied pour y accéder. La localité la plus reculée est Bandaou.



2. Construction à Procy

2.1. Typologies d'habitat

L'habitat est très dispersé et réparti entre les terres cultivées. Les fortes pentes obligent les habitants à créer des terrasses pour les constructions et la cour et des sillons profonds suivant les courbes de niveau pour les cultures. Presque toutes les maisons sont réalisées avec des matériaux disponibles localement.

Elles n'ont pas de galerie et ni de barrière, pour clôturer la cour on utilise deux bois croisés devant l'entrée.

De manière générale, les habitations ont les suivantes caractéristiques :

- un soubassement à mi-hauteur du mur en maçonnerie de pierre ;
- la structure se compose de poteaux en bois enfoncés dans le sol pour une profondeur de 50 cm ;
- la maçonnerie ne connaît pas d'appareillage ;
- les toitures à quatre (4) pentes sont en tôle ;
- la clôture de la structure est réalisée avec des panneaux en clissage avec enduit ou en pierres.
- la structure des maisons en bois n'est pas ancrée dans le sol.
- les proportions entre la base massive et le haut des murs en remplissage (pierre ou clissage), sont intéressantes et l'architecture résultante -littéralement- ancrée dans le paysage remarquable.

Ce compromis entre la masse (une hauteur stable sans chaînage) au sol et l'ossature (réduite au niveau supérieur) en partie haute semble une réponse aux risques sismiques et cycloniques.

Les rares maisons construites en blocs de ciment, poteaux voire chaînage en béton de ciment se situent dans les zones les plus proches de la piste. La qualité du sable (incompatible avec le ciment), les « économies » faites sur les armatures métalliques, et les erreurs de construction ont eu des conséquences graves (souvent irréparables) sur les maisons construites en bétons.

Les habitations sont orientées vers le nord pour se protéger du vent et de la pluie qui, en période cyclonique, proviennent du sud et sud-est. Elles sont généralement entourées par des arbres et aucune source d'eau n'est présente en proximité, ni aucun système de drainage n'est utilisé.

Trois typologies principales ont été identifiées dans l'habitat analysé.

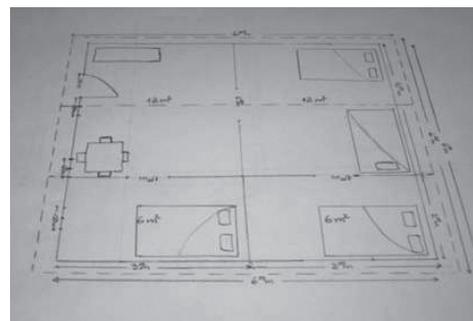
TPOLOGIE 1

Les habitations ont une surface d'environ 24m² et elles se composent de deux grandes pièces, l'une utilisée comme chambre à coucher, l'autre comme salon. Des bâtiments annexes complètent l'équipement de la parcelle : une petite cuisine en clissage sans enduit, une toilette en tôle pour faire les besoins physiologiques. Il n'y a pas de source d'eau ni de drainage.

La structure est en poteaux en bois avec un demi mur en pierre et la partie supérieure en clissage avec enduit en ciment d'une épaisseur de 10 cm. La toiture est à quatre pentes et les ouvertures sont placées aux angles du bâtiment.

Un détail à caractère paracyclonique est constitué par un morceau de planche chantournée placé au-dessus des fenêtres et des portes pour la ventilation des pièces.

Les habitations correspondantes à cette typologie ont une durée de vie moyenne d'environ 46 ans. Une maison analysée a été construite en 1967.

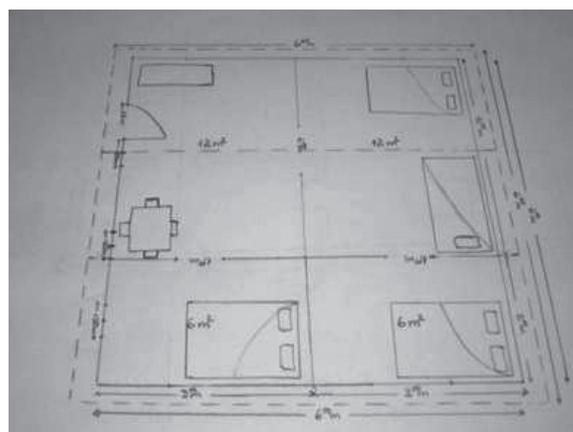


TPOLOGIE 2

Les habitations ont une surface de 38.5m² et se composent de deux grandes pièces et deux petites pièces : 2 utilisées comme chambres à coucher, une comme dépôt et l'autre comme salon. En outre, sur la parcelle on retrouve une petite cuisine en clissage sans enduit et une toilette.

La structure est en poteaux en bois avec un demi mur en pierre et la partie supérieure en clissage avec enduit en ciment d'une épaisseur de 10 cm. La toiture est à quatre pentes et les ouvertures sont placées aux angles du bâtiment. La toiture est à deux pentes avec un débordement vers la gauche.

Ces constructions ont une durée de vie moyenne de 42 ans. Le cas analysé a été construit en 1971.

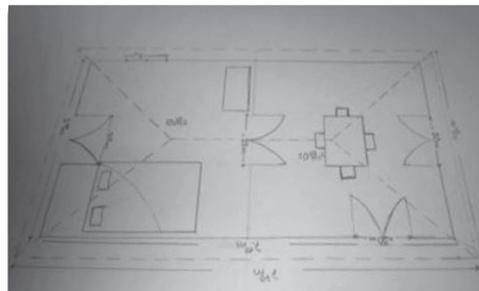


TYPLOGIE 3

Les habitations correspondantes à cette typologie ont une surface de 18m² et se composent de deux pièces : l'une située à l'avant de la maison est utilisée comme salon et l'autre à l'arrière comme a fonction de chambre à coucher. Une petite cuisine en paille et une toilette précaire complètent l'équipement de la parcelle.

La toiture est à deux pentes, la structure porteuse en poteaux en bois clôturés avec des panneaux en clissage avec un enduit en terre de l'épaisseur environ 10cm ; les fenêtres sont placées dans les angles.

La durée de vie de ce type de construction est en moyenne de 28 ans. Toutefois le cas analysé a été construit en 1985.



2.2. L'organisation des parcelles construites

Sur une parcelle habitée, on retrouve régulièrement, implantés autour d'une cour :

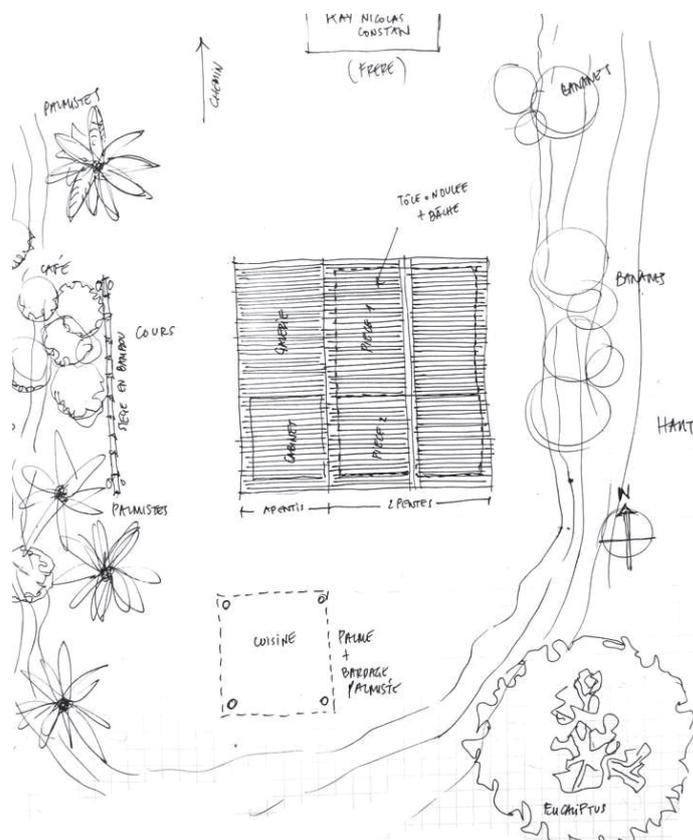
- 1 maison par noyau familial (par exemple 2 générations = 2 maisons)
- 1 cuisine : construction légère ventilée (bardage, clissage simple, tôles non jointives. Foyer 3 pierres, les femmes cuisinant près du sol sur un petite chaise, cuisson au bois (souvent vert) produisant beaucoup de fumée (non canalisée).
- 1 dépôt (parfois seulement) : construction légère en bois avec bardage ou clissage et toiture à 1 seul pan.

La cuisine et le dépôt sont toujours détachés de la maison, elles sont généralement en tôle.

Très peu de maisons sont équipées de toilettes. Quand c'est le cas c'est un trou profond avec un siège maçonné ou un trou positionnés sur un glacis de ciment, sous un abri rudimentaire placé à bonne distance de la maison.

Il n'y a pas de citernes, l'eau de pluie est récoltée de la toiture (tôle pliée, bambou, etc.) et stockée dans de grands tonneaux en plastiques (drum).

Les animaux sont autour de la maison, les poules installées dans des maisons-panier suspendues (ou dans la maison), les cochons attachés un peu plus loin.



3. Les principes de construction

3.1. Processus de construction

Il faut compter plusieurs années (3 à 5 ans) pour qu'une famille réussisse à construire une maison. Avant de réaliser une habitation en roche, on construit une petite maison en clissage sans enduit. Certaines familles commencent à habiter une maison qu'une fois celle-ci terminée.

Dans le passé les toitures étaient en paille : en raison de leur dégradation et endommagement, elles ont été remplacées par des couvertures en tôle. Autrefois tous les murs étaient en clissage, bien que sur place l'on dispose de beaucoup pierres.

La construction commence par une structure en bois, plantée dans le sol, clôturée par des panneaux en clissage. Puis la base des murs est maçonnée avec des pierres autour des poteaux, jusqu'à la moitié de la hauteur des murs (ce muret est ici appelé demi mur), sur une hauteur allant d'1m à 1.4m. Le haut des murs est en clissage, sur une épaisseur d'environ 10cm. Certaines maisons présentent des murs complètement en maçonnerie de pierre, qui n'ont pas résisté au séisme (le seul cas de blessure relevé est dû à l'effondrement d'un mur pendant la fuite des habitants lors du séisme).

3.3. Etapes principales

- 1- On fait appelle à un artisan présent dans la zone, même si pas très qualifié. Les accords entre propriétaire et artisan se font a par entente verbale.
- 2- L'implantation de la structure avec les gros madriers qu'on appelle poteaux est réalisée en premier ; ensuite on réalise une ceinture haute pour préparer la base de la toiture qui va être couverte en tôle.
- 3- Des trous d'une profondeur de 20cm sont réalisés pour les poteaux qu'on stabilise avec un soubassement en pierres maçonnées avec du sable de mauvaise qualité et du ciment. L'autre demi mur qu'on appelle panneaux se fait en clissage très serres et il est enduit avec un mortier en ciment.
- 4- Un macadam ciré est coulé et les fenêtrés et les portes en planche sont fabriquées et mises en place par un charpentier.

3.4. Durée de vie des maisons

Les maisons visites sont construites vers les années 50 à 60, c'est-à-dire elles ont entre 62 à 52 ans

3.5. Régime foncier

La majorité des terres que possèdent les paysans sont des terres d'héritage et la quantité ne dépasse pas 5 centièmes.

La construction d'une extension est un fait exceptionnel (le cas pour 1 des 50 maisons visitées). Les habitants n'ont pas l'habitude d'agrandir leur maison mais plutôt d'en faire une nouvelle, le concept d'agrandir ne rentre pas dans leurs coutumes. L'ancienne maison est utilisée comme dépôt. Les personnes interviewées ont affirmé ne pas vouloir l'agrandir ni démolir, parce que elle est pour les grands parents.

3.2. Savoir faire

- Contreventement dans certaine maison
- Panneaux en clissage, en pierre et mortier
- Toiture à quatre pentes

En général en saison sèche (avril-mai) les paysans ne travaillent presque pas, en raison du manque d'eau ; ils s'adonnent de préférence à l'agriculture en saison pluvieuse. Dès le début de la période sèche, ils commencent à rassembler les matériaux pour la construction et puis passent à la préparation des sites. La construction se fait par étape suivant les moyens de chacun.

3.6. Coût de la construction

Les habitants interrogés ne se rappellent pas de la somme investie dans pour la construction de leur maison, étant donné qu'elle s'est effectuée par étapes s'étalant sur plusieurs années. Toutefois, selon les réponses des personnes interviewées dans le passé une maison s'évaluait entre 20 et 50 mille gourdes.

Budget pour une maison 40m² :

Les parties les plus coûteuses de cette maison sont:

1. Toiture : 50 tôles @ 75gdes =3750gdes
2. Ossature en bois :
80 sacs ciment @ 100gdes =8000gdes
3. Forme de kombite (ronn) :
8ronn (25pers@25gdes) =5000gdes
4. M.O pour les artisans :
Maçons et Charpentres = 25000 gdes

Total = 41750 gourdes

3.7. Financement

Les propriétaires réalisent leurs maisons en les finançant par leurs propres fonds ou ils se font aider par des parents. Selon leur dire, la toiture, la structure en ossature et la main d'oeuvre sont les éléments les plus coûteuses. Pour pouvoir réduire les coûts de construction, les paysans s'organisent souvent en kombite qu'on appelle (ronn).

3.8. Ressources naturelles disponibles

Pierres : très abondantes sur les localités visitées, avec des carrières potentielles : les ravines.

Sable : il est très difficile de trouver du sable propre (on trouve des terres sableuses tout au mieux). La mauvaise qualité des blocs de béton de ciment, ou autres poteaux/poutres en béton est en bonne partie due à la qualité des sables utilisés.

Terres : celles testées sont appropriées pour la préparation des mortiers de pose de la maçonnerie et des enduits.

Bambou : variétés à identifier (peut être *Olyra latifolia* et/ou *Bambusa vulgaris*) mais celui existant présent un bon diamètre et une bonne épaisseur des parois et il est disponible en quantité sur la zone. Des connaissances locales sur la coupe et le séchage traditionnel du bambou existent, bien qu'il soit utilisé principalement pour les travaux agricoles (tuteurs pour la culture de l'igname) ou pour des petites constructions (tonnelles devant les maisons, clôtures, etc.).

Palmiste (bois de palmier) : disponible sur les hameaux visités, utilisé couramment pour le clissage voire pour le bardage (surtout de cuisines ou dépôts). Toutefois, pas tout le monde en possède et il doit parfois être acheté.

Aiguilles de pins ou pit (*Agave rigida Mill*) : présents sur les zones visitées ou à distance accessible, en bonne quantité

On trouve également certaines graminées couramment utilisées : vètivè (*Vetiveria zizanioides*), zèb guiné (*Panicum maximum Jacq.*), etc.

4. Aléas naturels et risque locaux

Les déformations observées sur les maisons montrent que l'eau de pluie et le vent enlèvent les enduits des panneaux clissés, les poteaux ancrés dans la terre et pris dans la maçonnerie de pierre empêchent le bon appareillage des pierres créant des faiblesses dans la maçonnerie ; et cela en particulier dans les parties les plus sollicitées en cas de séisme. Les fenêtres placées dans les angles créent une faiblesse dans la structure, de plus les poteaux sont attaqués systématiquement par les termites, et pourrissent à cause de l'humidité du sol. La dégradation des poteaux est également due à la quasi absence de fondations ou à leur mise à nu par les eaux de ruissellement qui creusent la base des maisons.

Manque d'eau potable, mais également manque d'eau pour les travaux domestiques et agricoles. Il faut compter 2 à 3 heures de marche quotidienne pour l'approvisionnement de base d'une famille dans une grande partie de la zone. Ce problème risque d'être un facteur limitant pour la construction (surtout pour la préparation des mortiers). Le stockage de l'eau n'est pas non plus facile en période de pluie, faute de gouttière et de réservoir.

Les risques majeurs sont évidemment les tremblements de terre et les cyclones. La zone est touchée chaque année par des tempêtes tropicales,

le dernier gros cyclone remontant à 6 ans. Le séisme du 12 janvier a causé de nombreux dégâts, mais assez peu de blessées. Plusieurs maisons ont été reconstruites en tôle (parois et toiture) ou en clissage (non enduit).

Le bois dans la construction

Toutes les maisons comptent des éléments en bois, alors que c'est une ressource de plus en plus rare et chère pour les habitants de la zone. Le bois utilisé est local mais est souvent attaqué par les termites (« pou de bwa ») parce que pas traité. La protection traditionnelle consiste couper à la bonne lune les arbres et à délarder le bois (des poteaux par exemple) à la machette ce qui fermerait la surface du bois (alors que la découpe à la scie ouvre les fibres en surface).

Essences les plus courantes :

Structure (bois dur) : kanpèch (*Hæmatoxylum campechianum L*), rijol, cedre, fresne, pini menuiseries, manguier

Clissage : palmiste, sucrin ou bambou (plus rarement) pour le lattis, café ou sucrin pour les buttées.

Les groupes socio-professionnels à Procy sur les 50 interviewés : 50 Cultivateurs et éleveurs d'animaux, 3 Scieurs de bois, 6 Charpentiers, 37 Boss maçon, 28 Revendeurs

5. Considérations de synthèse

Points forts

- Toiture en quatre pentes.
- Ouverture en dessus des fenêtres et des portes.
- Débordement dans les toitures
- Panneaux maçonnés
- Contreventement dans certaine maison.

Points faibles

- Poteaux implantés directement dans le sol
- Fenêtres placées dans les angles
- Pierres posées verticalement

Report on field visit

Construction of Pilot Low Cost Houses (LCH) Project for the Disaster Affected Families of Bangladesh

Annalisa Caimi

January 2012



CRAterre project reference n° BDG006



école nationale
supérieure
architecture
grenoble
d'
de

NOTE D'INTRODUCTION

Les éléments présentés ici de suite font partie d'un rapport concernant l'analyse des cultures constructives locales en trois différentes régions du Bangladesh.

Ces analyses ont été conduites dans le cadre du programme Construction of Pilot Low Cost Houses (LCH) Project for the Disaster Affected Families of Bangladesh (2011-2014) mené conjointement par Caritas Bangladesh, le département d'ingénierie de la Bangladesh University of Engineering and Technology et le CRAterre-ENSAG. Il prévoit l'élaboration de propositions techniques et méthodologiques pour la préparation et la réponse aux crises, différenciées et spécifiques aux caractéristiques de chaque région de travail (cf. annexe 1.1).

Les analyses effectuées ont visé à établir un état des lieux des caractéristiques, forces et faiblesses de l'habitat local ainsi que des divers facteurs (ressources, compétences, risques, etc.) influençant les pratiques et les solutions constructives adoptées par la population. Elles ont été réalisées en six régions différentes sur la base de la méthodologie élaborée dans le cadre de cette recherche de thèse.

La première année de projet, ce travail a concerné trois régions (Chittagong, Rajshahi, Dinajpur) et a vu l'implication des représentants de chaque organisme partenaire du programme ; cela en vue d'une appropriation de l'approche méthodologique de la part des acteurs locaux ainsi qu'une adaptation des outils d'analyse au contexte et compétences existantes. L'extrait ci-dessous présente certains des résultats de cette première phase. À partir de la deuxième année de projet, les analyses ont été conduites dans trois autres régions (Mymensingh, Sylhet, Khulna) de manière autonome par le personnel de Caritas Bangladesh. Simultanément, des propositions techniques ont été effectuées pour les régions de la première année à travers un processus fortement participatif ; pour chaque

zone, elles comprennent la réalisation de 4 prototypes montrant des améliorations pouvant être intégrées de manière préventive aux habitats existants ainsi que des principes pour la reconstruction post-catastrophe.

L'extrait est dans le format et la langue (anglais) originals du rapport.

Aux éléments découlant des analyses, certaines particularités des propositions techniques qui en sont découlée sont présentées en conclusion. Pour des informations plus approfondies au regard du projet et de son historique, du processus d'analyse et de formation du personnel de Caritas Bangladesh ainsi que des autres régions analysées se référer aux documents suivants :

CAIMI, Annalisa, 2011. Construction of Pilot Low Cost Houses (LCH) Project for the Disaster Affected Families of Bangladesh. Survey of Local Building Practices. Dhaka : CRAterre-ENSAG.

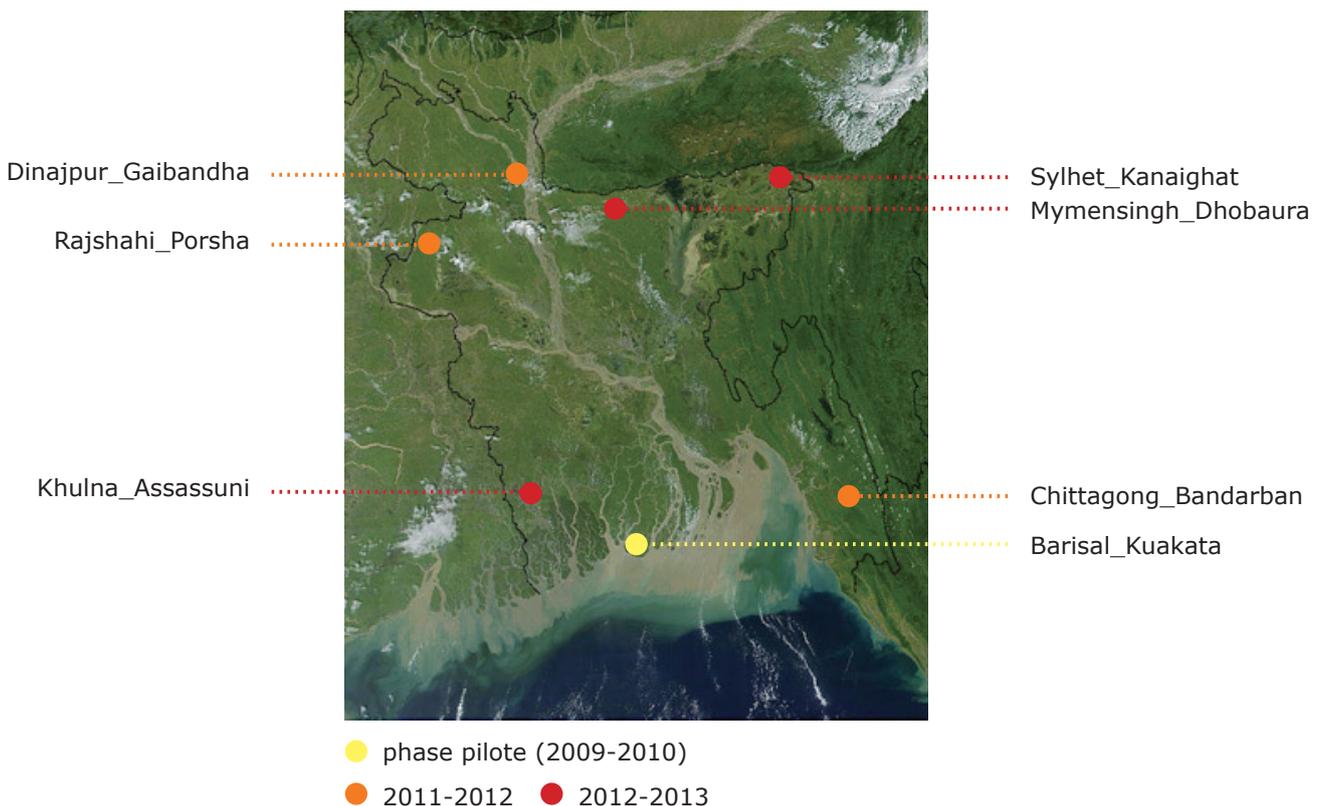
CAIMI, Annalisa, 2012. Construction of Pilot Low Cost Houses (LCH) Project for the Disaster Affected families of Bangladesh. Rapport de mission. Dhaka : CRAterre-ENSAG.

CARITAS BANGLADESH, 2011. Project Proposal on Construction of Pilot Low Cost Houses (LCH) Project for the Disaster Affected Families of Bangladesh. Dhaka : Disaster Management and Development Department, Caritas Bangladesh.

MOLES, Olivier, 2013. Construction of pilot Low Cost Houses (LCH) Project for the Disaster Families of Bangladesh. Rapport de mission. Grenoble : CRAterre-ENSAG.

Sauf mention particulière, toute photo a été prise par A. Caimi.

Zones analysées et phasage



**diversité de l'habitat
analysé dans les
différentes régions**



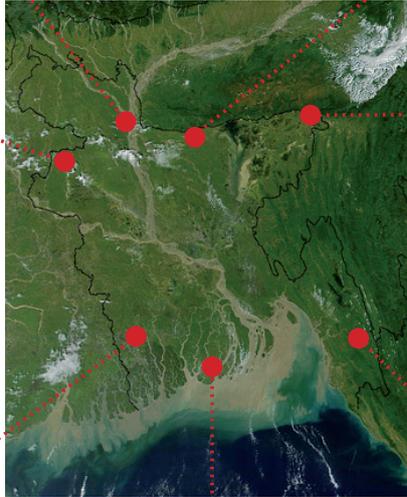
Dinajpur



Mymensingh



Rajshahi



Sylhet



Chittagong



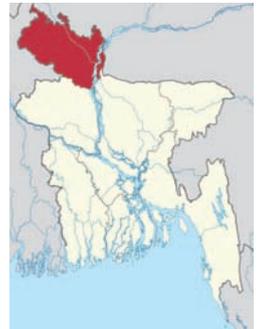
Khulna

Barisal



region 3

Dinajpur Division_Gaibandha District



context



SOCIO-ECONOMIC PROFILE

Population

The local community is divided between people living in the countryside (settled people) and those installed on the old embankment (displaced every 5-7 years)

Main activities

agriculture labours, farmers or daily labours



LOCAL RISKS

Floods

- annual floods: during rainy season, water level: house plinth
- regular floods: water level: 70-90cm, every 2-3 years
- extraordinary floods: water level 40-50cm, but sometimes upto 1.70m (1998, 2007)
- sometimes with strong current (overflow or breaking of the embankment)
- local knowledge for flood prediction:
 - observation of the river after some days of rain
 - behaviour of animals
 - ants come out from the ground and go up
 - when kukur birds sing louder, flood will come shortly

River banks erosion

- every 5 years the embankment is destroyed
- continuous change of river path: the existing embankment is perpendicular to the current river path

Strong winds

- seasonal: months of April-May
- cyclones: every 3 years
- tornados: rare, once every 30 years (last time in 2007)

Earthquakes

- medium risk
- not reported by the population

Cold waves

site

Upazila	Sadar
Union	Gidari
Ward	6
zone	rural
morphology	flat land on the banks of Jamuna river
access	45min by car from Gaibandha, unpaved road
settlement implantation site	- area protected by the embankment (South Gidari) - on top and on the sides of the old embankment (Thakur Vita)
facilities	2 primary schools 1 maternity clinic
protection from local risks	- floods: none or homesteads on a raised mound - river banks erosion: none - strong winds: trees around the house
households	178
enlarged families	
family sizes:	
- small:	3-4 p
- medium:	5-6 p
- large:	7-8 p



housing typologies



In the area protected by the embankment, the land is property of the people who live on it. Habitats comprise houses of various members of the same family and are sometimes separated by agricultural land. People living on the embankment don't own any land (government ownership). The houses are very close, leaving little free space.

The house is generally southwest facing for more light and air, but sometimes the orientation changes depending on the particular situation of the house. For example, a house that is directly exposed to the wind coming from the river, will be oriented with the short side oriented perpendicular to wind direction.

Housing typology is the same for both groups: rectangular plan with the entrance placed on the longest side. Usually the house consists of only one piece (80% of the houses), very few have 2 rooms (20%).

The kitchen is placed outside, in front of the house and sometimes it is sheltered by a bamboo and palm leaves structure. Inside the house, a platform occupies one of the short sides; it is used to store the crops and as shelter during floods.

Animals are kept inside the house, in the same room as the people or in a separate room accessible from the inside and outside the home.

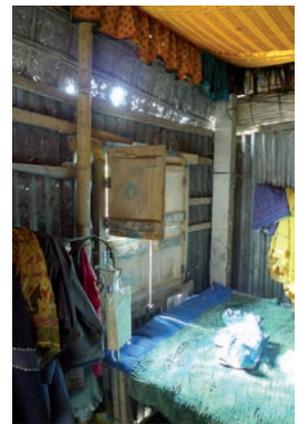
No house has a veranda.



housing typologies

House in protected area (countryside)

Dimensions: 8.5x6m
Room height: 2.4m



Houses on the embankment

Dimensions: 5x3m
Room height: 1.8m



construction features

FOUNDATIONS/PLINTH

- no foundation
- the compressed earth plinth is built after the setting of the posts
- plinth height: 0-20cm for houses on the embankment, 20-50cm for the houses on the countryside
- any drainage is done around the house



The plinth has a convex shape to facilitate the setting of the mud mixture creating a sacrificial mass

Water level for regular floods (every 2-3 years)



Degradation caused by water erosion, insects, and lack of maintenance

Sometimes empty bags are used as protection against erosion

construction features

LOAD BEARING STRUCTURE

- bamboo or wooden posts directly driven into the ground
- structural grid:
 - bamboo posts: 50cm
 - wooden posts: 80-120cm
- no bracing is used
- damage at the base of the posts due to insects
- in case of flood with strong current, posts damaged by insects at the bottom part may break, causing partial or total collapse of the house

Joints

- often any type of bonding is done to connect structural members
- when a connection system is used: bamboo or jute ropes, iron wire or nails
- to extend beams length sometimes metal plates are used
- on the top of RCC posts metal rods are provided as hooks to fix the wall plate
- bonding with jute ropes allows for quick disassembly and reassembly of the house



Mixed structure: concrete posts for the main structure and bamboo and/or wooden posts for the secondary structure



On the top of bamboo posts a special carving is used for better fixing of the beam. Special carvings are also done for bamboo beams and wooden posts connection.



construction features

ROOF

- 4 slopes roof (improved wind and rain protection)
- sometimes 1 or 2 slopes roof is done, but there is water penetration problems from the gable
- bamboo and/or wooden structure
- CGI sheets (fixed with screws) and rarely thatch (rice) covering
- eaves: 45cm



4 slopes roof: in the corner wooden rafters are used to improve wind resistance, others rafters are in bamboo (reduction of the overall cost)



4 slopes roof: ridge piece with pointed shape to break the wind flow



construction features

FENCES

Two types of fences:

- CGI sheets:
 - fences nailed to the posts and to a secondary inner wooden structure
 - very bad thermal insulation capacity
- jute sticks fences:
 - fences tied to the bamboo primary structure and to bamboo horizontal stiffeners
 - double fences at bottom part of the outer side of the fences (improved rain protection and repairing cost reduction)
 - good thermal insulation
 - sometimes plastic sheets are used on the inner side of the fence (water penetration protection)

Other types of fences:

- instead of jute sticks fences, *Kasia/Bati* (kind of grass) is sometimes used
- bamboo fences are rarely used; when it happens they are used mainly for the upper part of the wall

During floods all types of fences are damaged, except CGI sheets.

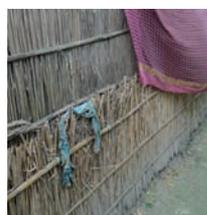


Due to the limited length of the CGI sheets, jute sticks or bamboo woven fences are placed on the top of the wall (40cm) to get a greater height and to improve ventilation of rooms

A CGI sheet or plastic piece placed between the nail and the CGI sheet fence prevents rusting



A gap (2.5-5cm) is left between the mud plinth and the fences to protect them from humidity and insects



construction features

OPENINGS

For houses on the embankment, any window is generally provided. People have to shift periodically so that they don't invest in openings.

On the countryside, houses have generally 1 or 2 windows per room. Usually they are cut in the CGI sheet or jute stick fences and sometimes they have a wooden frame.

Under the door frame there is a gap, sometimes some bricks support the frame.



CEILING

Generally no ceiling is provided. When provided, ceiling is made with woven bamboo fences horizontally placed on the top of the posts.

The interior and exterior space under the roof is used for storage of materials.



coping strategies

- People living on the embankment are cyclically forced to move due to river banks erosion and floods. When their house is threatened, people dismantle the house by parts and displace it, by foot or by boat, in a safer place (inland).

- In every house there is a bamboo platform (*machan*) elevated at 70-90cm from the ground, with walls (and sometimes ceiling) made with woven bamboo fences and a small window.

- All the furniture is raised with some bricks at a level slightly higher than the annual flood level.

- During floods:

If the family has no animals, people stay in the house and when the water begins to enter inside the house, they move on the embankment. They borrow CGI sheets from other people or they used materials from the dismantled house to build a temporary shelter where they live for 2-3 months.

If the family has animals, people stay in the machan keeping the lights on and without sleeping for fear of snakes. When the water reaches the platform, they make rafts with banana trunks and they install the animals on that.

- After tornadoes, the materials of the destroyed houses are reused.



building process



Construction season: November - March (dry season)

Time required to build a house:
7-8 days if all materials have been collected

Main problems in the construction:
- small size of the plot
- poor quality of materials
- materials and labour costs

Artisans are chosen on acquaintance, proximity, low rate and quality of work criteria.

They work mainly on contract basis and the overall labour cost is fixed in relation to the size of the house.

They don't do a follow up of the constructions, but if there is any problem within a years from construction, they will repair it out of cost.

Sometimes to reduce costs, the owner and his family are involved in the construction as unskilled labor.

The most expensive parts of the house are fences, windows and doors.

maintenance

Mud plinth: every 5-7 days, task done by women

Bamboo structure:

- posts have to be changed every 2 years for damages due to insects in the lower part in contact with the ground
- beams are not affected by insects and may have a lifespan superior to 10 years
- the damaged part of the posts is cut down and the rest of the post is reused for other smaller constructions (kitchen)
- the new posts are cut by an artisan and installed by the owner repacking the mud of the plinth
- *Katla* (RCC base) under wooden post increase timber lifespan of about 10 times, but it is generally not used due to its cost
- alternative solution to RCC base: PVC pipe filled with cement (solution seen by a villager in the Dhaka district, but not reproduced in the village)

Fences:

- jute stick fences: to be changed every year
- bamboo woven fences:
 - lifespan: from 2 years (if in contact with water) to 7 years (if not in contact with water)
 - more costly than CGI sheet due to the amount of work required for the manufacture.

The damaged parts (posts and fences) are changed before the rainy season to prevent them from breaking during floods.



building materials



Bamboo

2 species:

Makhla: dia 4cm
wall thickness 0.6-1cm
used for fences

Borak: dia 8cm
wall thickness 1.5cm
used for main structure

Treatment:

- cutting when bamboo is mature (3 years old)
- soaking in the water (10 days)
- drying in the sun (15 days)



Wood

Species and treatment:

- Eucalyptus and *shishu*: soaking in the water (10-30 days) and drying in the sun (5-8 days)
- Neem and mango tree: no treatment

RCC pillars

- produced by an artisan of the village
- posts and metal rods dimensions:
 - 10x10cm – 8mm
 - 13x13cm – 10mm
- set 60 cm into the ground



Preservation

- Sometimes crude oil is applied on wooden elements (protection from insects)
- Bitumen is used on the bottom part of CGI sheet fences to improve resistance to rust and humidity degradation

Provenance of construction materials

- Bamboo: countryside houses have private plantation. People living on the embankment purchase it on the local market or from other villagers
- Wood: local market (Kamarjani)
- Jute: village
- CGI sheet: sub-district market (Dariapur)
- RCC pillars: village

Materials are generally purchased in the dry season and transported by cycle-rickshaw, cart, van or boat.

skills for construction

Mud plinth: generally made by the house owner with the help of some labours (family members, relatives or other persons).

Jute sticks or bamboo woven fences: usually made by a group of specialized artisans, but sometimes by the house owner himself.

Roof and main structure: built by a carpenter.

All carpenters, masons and fences artisans acquire their skills by working with a more experienced artisan. No training center is available nearby the village.

Cost of materials

Bamboo:

Borak : 200-250 BDT

Makhla: 100-150 BDT

Eucalyptus: 400-450 BDT

Jute sticks: 12-15 BDT per bundles

Kasia/Bati: 2.00-2.50 per bundles

RCC pillars (3m): 80 BDT per hand

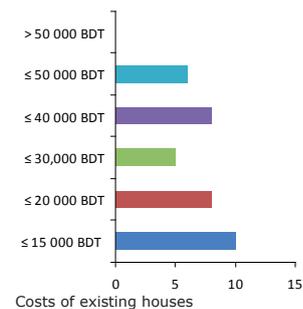
Artisans and labour cost

- carpenters : 22 persons 300 BDT/day

- masons: 6 person 300-350 BDT/day

- fence artisans: 12 persons in the Ward 200BDT/day

- RCC artisan: 1 person 300 BDT/day



first elements for pilot houses design

ELEMENTS TO CONSIDER

Architectural typology

2 pilot house types according to local situation:

Type 1: for settled people (countryside)

Type 2: 1 for people who live on the embankment and have periodically to move

Size: 2 rooms with enough space for a

machan (to be built by the house owner)

Dimensions: 7.2x3m (according to average existing size)

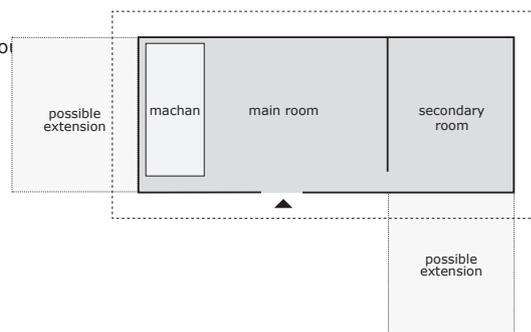
Main room: 4.8x3m

Secondary room: 2.4x3m

Room height: 2.4m

Cost: 40000-60000 BDT per house

Budget: 40000-60000 BDT per house



Construction features

Foundations/plinth

- mud plinth: height 45-60cm (according to plot situation)
- RCC base for bamboo posts with metal plate for connexion inside the bamboo post to prevent rust
- drainage around the house

Load bearing structure

Type 1 :

- RCC pillars at the corners and secondary bamboo posts with bracing

Type 2 :

- bamboo posts
- connections allowing for quick dismantling/reassembly and reuse of the construction elements
- bracing

Roof

- 4 slopes roof
- wooden rafters at the corners and intermediary bamboo rafters
- wooden purlings
- covering: CGI sheets and ridge piece with pointed shape to break the wind

Fences

- jute sticks, *Kasia/Bati* or *Makhla* bamboo fences
- fences divided into 2 parts to reduce maintenance cost
- gap between plinth and fence to reduce fence damages

Openings

- one entrance door and one inside door to connect rooms
- 1 window per room, in front of the door to allow crossed ventilation

Ceiling

- bamboo woven fences horizontally placed (storage space and thermal insulation)

Other

- Treatment:

Bamboo: borax and boric acid (to be verified in relation to local availability of materials)

Jute sticks and *kasia/bati* (solution to be found)

first results after one year

Implemented LCH models

4 houses have been built (2 for settled people/countryside + 2 for displaced people/riverside), including one room with *machan* (platform), latrine and improved woven. Expected lifespan is about 20-30 years and cost between 77'000 BDT (riverside) and 90'000 BDT (countryside) including materials, labour and facilities.

Before to start the construction some activities have been implemented to come to a consensus with the community on programme implementation, technical aspects and beneficiaries selection as well as to enhance the support from the community and to improve local artisans' know-how, including the creation of project committee and training of local artisans.

Firstly, one house for each model has been built and after feedbacks from community and artisans and modification of the technical features, the second house of each model has been constructed.

Improvements of existing building practices

- plinth:
 - 2 to 4 steps to protect from erosion and allow for easier repair
 - smooth slope of the plinth steps to improve water evacuation
- foundations: different types have been tested
 - polyethylene sheet up to 1' from plinth level
 - RCC round base for bamboo posts: connexion is done using metal straps or metal pipe inside the bamboo
- structure: Y bracing in the corners
- roof: extended eaves to protect from rain
- fences divided in 3 parts to reduce maintenance costs and treatment on the rain exposed side:
 - thin CGI fences on timber secondary structure for the lower part
 - thick bamboo mat on bamboo secondary structure for the middle part
 - thin bamboo mat on bamboo secondary structure for upper part



countryside/house model



riverside/house model



- 1 - inside: RCC posts and secondary bamboo posts
- 2 - inside: machan built by the house owner
- 3 - 3 parts fence with open bamboo for corner protection
- 4 - three-dimensional corner bracing (upper element covered by ceiling)



- 1 - mud plinth with steps against water erosion
- 2 - gap between plinth and fence
- 3 & 4 - different types of posts and base protection: RCC posts, bamboo posts: coal tar, RCC base, polyethylene sheet

PARTIE 3 / FICHES D'APPROFONDISSEMENT : SYSTÈMES PORTEURS VERNACULAIRES EN ZONE SISMIQUE

A.3.1. Systèmes porteurs ponctuels

- Indonésie : île de Nias
- Haïti : *klissage, palmiste, tiwoch*
- Turquie : *hımış, bağdadi*
- Italie : *casa baraccata – casa intelaiata*
- Portugal : *Gaiola Pombalino*
- Grèce : île de Lefkafa
- Afghanistan : Nuristan
- Iran : Gilân

A.3.2. Systèmes porteurs continus

- Turquie : *hatıl*
- Algérie : casbah
- Grèce : habitations tours
- Inde : *kothi banal – kath khuni*
- Pakistan : *cator and cribbage*

A.3.3. Entre ponctuel et continu : synthèse des systèmes constructifs traités

A.3.4. Liste générale par typologie

A.3.5. Tableau récapitulatif par zone géographique

Lors de du travail relatif à une classification typologique des systèmes constructifs présents dans les architectures vernaculaires existantes en plusieurs zones sismique, des approfondissements de certains cas ont été effectués. Ceux-ci se réfèrent à des exemples qui, par leurs caractéristiques constructives, sont particulièrement représentatifs des typologies identifiées et ils sont présentés à travers des fiches synthétisant les informations recueillies à leur égard.

Les éléments inclus dans cette partie comprennent une récapitulation par zone géographique et par typologie de l'ensemble des cas ayant supporté la définition des différentes catégories typologiques ainsi que le 13 fiches d'approfondissements relatives aux systèmes porteurs ponctuels et continus.

A.3.1. SYSTÈMES PORTEURS PONCTUELS



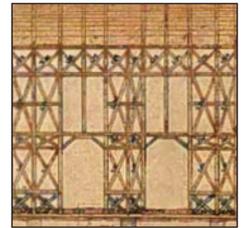
Indonésie
île de Nias



Haïti
klissage, palmiste, tiwch



Turquie
hımiş, bağdadi



Italie
*casa baraccata –
casa intelaiata*



Portugal
Gaiola Pombalino



Grèce
île de Lefkafa



Afghanistan
Nuristan



Iran
Gilân

NIAS

Typologie **Structure tripartite et surélevée avec contreventements diagonaux**

Pays **Indonésie**



Localisation géographique

île de Nias

Sismicité

récurrence : élevée
intensité : élevée



1. Contexte

L'île de Nias se situe dans une région hautement sismique, en correspondance d'une zone de subduction formée par la collision de deux plaques tectoniques. Ces mouvements géologiques causent des séismes particulièrement puissants (M majeure à 8), avec une période de retour allant de 100 à 200 ans, auxquels s'accompagnent des fréquents phénomènes intermédiaires de magnitude plus réduite (BEETHAM, SINCLAIR, 2008). Une caractéristique des séismes de subduction est la génération de tsunami, balayant les côtes et inondant le littoral avec des vagues violentes ; facteur qui a probablement déterminé l'implantation des habitats à l'intérieur des terres, loin de la mer (AMIRROL, 2010). Habitée depuis presque 1500 ans (GRUBER, HERBIG, 2005b), l'île se caractérise par une subdivision en trois régions (nord, centre et sud), déterminée par les caractéristiques topographiques du territoire. L'isolement politique et géographique a conduit à la constitution de trois zones culturelles distinctes et indépendantes, s'étant développées à partir d'une racine commune (VIARO, 1980).

Cette distinction se reflète également dans l'habitat, au niveau tant du mode d'implantation et d'organisation des habitations que de leurs spécificités architecturales et constructives. Datant parfois de plusieurs siècles (BOEN, 2006), ces architectures vernaculaires partagent des caractéristiques structurelles particulières dérivant de la capacité de leurs bâtisseurs à concevoir et réaliser des structures capables de faire face à l'impact des puissants séismes. Pareillement, certains aspects typologiques et techniques sont similaires aux constructions des trois régions, comme par la surélévation d'un volume d'habitation reposant sur une plateforme supportée par une complexe substructure en pilotis. Dans la description de leurs particularités, la référence à une région particulière sera spécifiée lors qu'une différenciation existe entre l'habitat des différentes zones.

Dans la région septentrionale, les habitats s'organisent en hameaux de 6 à 12 habitations, indépendantes et orientées longitudinalement

par rapport à la route principale. Ces constructions se caractérisent par un plan à forme ovale, soutenu par une structure orthogonale composée de plusieurs rangées de poteaux verticaux et des contreventements diagonaux disposés en croix. La façade est continue, sans une hiérarchisation effective, et elle est réalisée avec des cloisons en bois à mi-hauteur avec une ouverture dans la partie supérieure longeant tout le périmètre de l'habitation. La toiture a une forme « à chapeau » avec des ouvertures en rabat ; la structure interne est entièrement dégagée et l'espace est utilisé comme zone habitable ou de stockage (GRUBER, HERBIG, 2005a).

Dans la région centrale, les hameaux se caractérisent par plusieurs habitations individuelles, orientées vers la place du village. Elles se basent sur un plan rectangulaire, avec une substructure composée de poteaux verticaux et de contreventements disposés en V. La toiture a une forme à double pente fortement inclinée au sommet se terminant avec une forme circulaire. La partie d'habitation est clôturée à mi-hauteur par des panneaux obliques ; l'accès se fait par un côté avec un escalier externe. Parfois deux ou plusieurs habitations sont adossées, selon un principe de certaine continuité spatiale et structurelle (GRUBER, HERBIG, 2005a, 2005b).

Dans la région méridionale, les hameaux se situent au sommet des collines et ils se composent de plusieurs rangées d'habitations disposées en rangées le long de la route principale. Elles se basent sur un plan rectangulaire orienté avec le côté le plus court parallèle à l'espace public d'une part, et privé de l'autre. Les façades sont obliques avec des ouvertures, tandis que les façades latérales sont droites, souvent aveugles et portant la structure de la toiture. La substructure se caractérise par des poteaux verticaux et deux contreventements diagonaux en V, disposés en façade avec fonction structurelle et décorative. La toiture est à double pente, fortement inclinée et parallèle à la façade principale. L'accès se fait en dessous, par une trappe dans le plancher (AMIRROL, 2010).

Illustrations



Région septentrionale : habitation



Région centrale : habitation



Région méridionale : habitation



Région méridionale : village



Région septentrionale : village

2. Principes constructifs

Fondations / soubassement

Aucune excavation n'est effectuée.

La structure repose sur des pierres plates positionnées à même le sol.

Structure primaire

Substructure : surélévation avec pilotis (hauteur environ 3m)

Nord : - poteaux verticaux en bois disposés en rangées orthogonales et sur le pourtour
- contreventements diagonaux en croix, disposés orthogonalement sous la partie centrale de la plateforme

Centre : - poteaux verticaux

- contreventements diagonaux en V au centre de la plateforme

Sud : - poteaux verticaux disposés en 4 rangées dans la largeur du bâtiment et 5 dans sa longueur

- contreventements diagonaux en V sur les façades principales avec, dans le sens de la profondeur, deux rangées de poteaux diagonaux constituant un W

Espace habité :

Ossature en bois massif

dimensions des poteaux : diamètre : 20-25cm

longueur : 1.6-2.1 m

espacement : 1.0-1.5 m

Plancher: plateforme constituée d'une grille de poutres et solives en bois recouverte avec des planches en bois (épaisseur 3cm)

Structure secondaire

Poteaux intermédiaires en bois

Remplissage

Planches en bois, insérées dans des fentes réalisées dans l'ossature primaire et secondaire

- hauteur des parois externes : 1.6m

Enveloppe

Toiture

Charpente composée d'éléments horizontaux et verticaux en bois

Chevrons en bois et/ou en bambou

Couverture : superposition horizontale et verticale de panneaux de feuilles de palmier pliées, cousues et renforcées avec des lattes en bambou

Finitions

Connexions

Couverture : ligatures avec des cordes en rotin et en fibres de noix de coco

Entre planches de cloisons, structure primaire/secondaire et plancher: assemblages à rainure et languette

Structure primaire : encoches



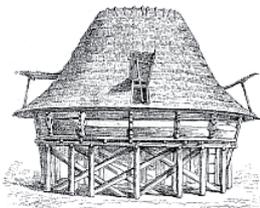
Région septentrionale



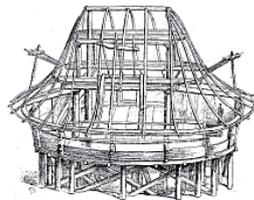
Région centrale



Région méridionale



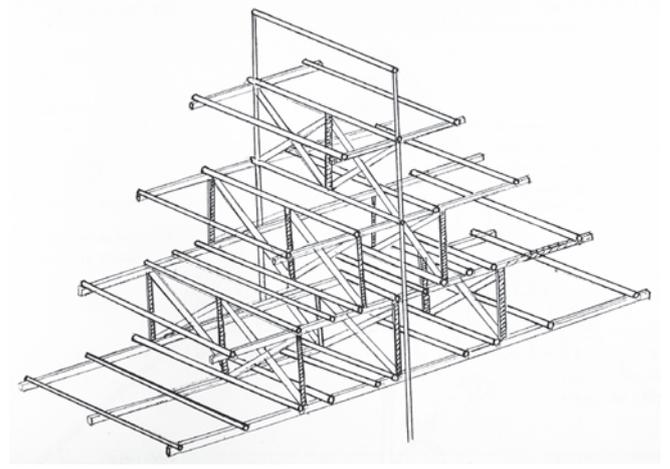
Nias, région septentrionale



Nias, région méridionale



dessins: Modigliani, *Un viaggio a Nias*, 1980



Nias, région méridionale: structure de la charpente ©Bouleau et al., 1992

3. Particularités constructives

L'ensemble de la structure se caractérise par une division verticale en trois niveaux, chacun avec son propre système structural et répondant à une fonction différente : substructure, espace habité, toiture. Toutes ces parties se définissent par une structure tridimensionnelle très stable. Aucun élément ne relie toutes les trois zones : quatre piliers connectent la substructure avec le niveau de vie et deux piliers connectent le plancher à la poutre faîtière toit. Le nombre d'éléments de liaison semble être réduit au strict minimum (GRUBER, 2007). Cette répartition correspond, en outre, aux différentes phases de construction (VIARO, 1980).

Le détachement du terrain des poteaux en bois permet une protection de l'humidité et une autonomie de la structure par rapport au mouvement du sol (GRUBER, HERBIG, 2005a). En outre, la surélévation de l'espace habité permet une circulation d'air en dessous, favorisant une ventilation intérieure et l'assèchement du bois (VIARO, 1980).

L'intégration des contreventements dans le système constructif primaire est de mineure qualité que le reste de la structure, ce qui pourrait indiquer leur développement postérieur, peut-être en adaptation aux conditions de sol instable et aux fréquents séismes (GRUBER, 2007).

Les toits à forte pente sont construits avec un ensemble de chevrons inclinés, supportés par éléments horizontaux et verticaux ; le même principe se décline à différents niveaux jusqu'à atteindre la poutre faîtière. Tout en restant légère, la structure peut atteindre le 6m d'hauteur (20m depuis le niveau du sol) (GRUBER, HERBIG, 2005b). Sa géométrie et dimensions assurent un écoulement rapide de l'eau de pluie (essentiels dans une région caractérisée par environ 250 jours de pluie/an), évitant ainsi des infiltrations et une stagnation pouvant provoquer une détérioration de la couverture (GRUBER, 2007).

En outre, l'absence de cheminée conduit à une circulation de la fumée dans le volume du toit, en prévenant l'apparition de parasites dans le bois et la couverture (VIARO, 1980). Surtout dans les maisons du Sud, la structure du toit comprend des poutres horizontales qui ne sont pas nécessaires pour maintenir la couverture ou en définir la géométrie ; leur utilisation est probablement liée à leur poids : une « surcharge » supplémentaire permet de régler le positionnement du centre de gravité de la construction (GRUBER, 2007).

À l'intérieur, la subdivision spatiale et fonctionnelle de la zone habitée est déterminée par une différenciation de niveaux du plancher et des cloisons de séparation. La forme d'ensemble de l'habitation résulte d'un compromis entre des contraintes structurelles (longueur maximale des poutres, stabilité et transmission des charges) et la profondeur maximale de l'habitation.

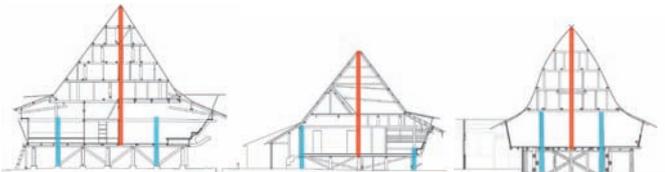
Différents types de bois sont utilisés selon le type d'élément et sa position dans la construction.



©Gruber, 2005
Région septentrionale : habitat isolé



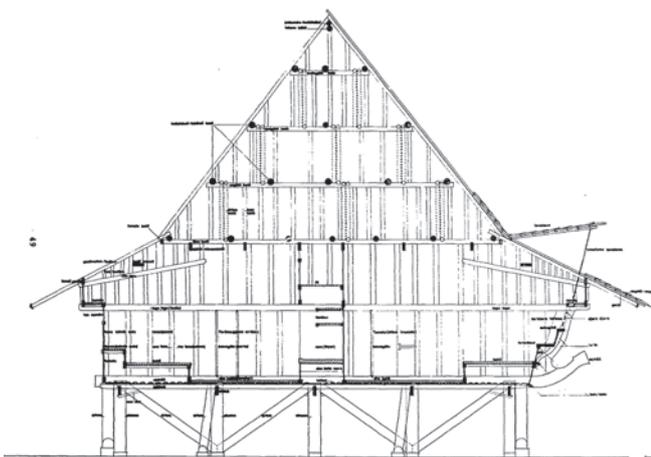
©Koji Sato
Région méridionale : intérieur



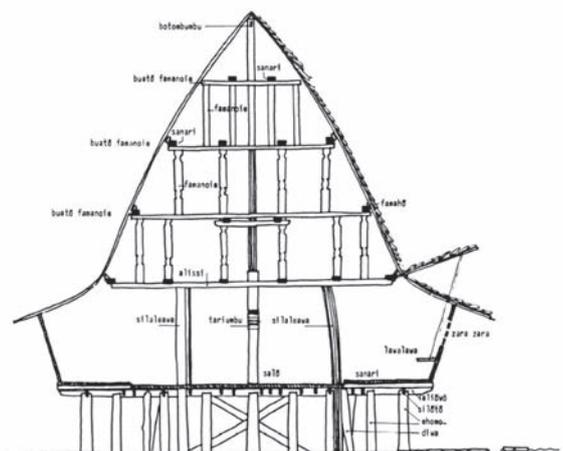
dissociation de la structure porteuse : région méridionale, centrale et septentrionale ©Gruber, 2007



©Koji Sato
Région centrale : implantation



Région méridionale ©Viaro, 1980



Région septentrionale ©Viaro, 1980

4. Spécificités parasinistres

Malgré les différences existantes au niveau architectural et constructif, les architectures des trois régions présentent les suivantes caractéristiques se rapportant à leur résistance aux séismes :

- l'isolation de la structure du sol, grâce à une surélévation par des pilotis reposants sur des dalles en pierre. Ce principe réduit les sollicitations transmises à la structure, qui peut se déplacer librement sans provoquer une défaillance de la substructure. Ce dispositif agit comme une isolation sismique, où le glissement des poteaux réduit considérablement les sollicitations internes à la structure (GRUBER, HERBIG, 2005a ; PUDJISURYADI, LUMANTARNA, LASE, 2007). Des mouvements et glissements minimaux des contreventements diagonaux sur les pierres de fondation se produisent fréquemment, ils semblent de fait reprendre la majorité des sollicitations sismiques (GRUBER, 2007).

- la tripartition structurelle en niveaux horizontaux distincts. Chaque niveau est séparé des autres et dispose de sa propre structure et système de contreventement (GRUBER, 2007 ; PUDJISURYADI, LUMANTARNA, LASE, 2007 ; AMIRROL, 2010) :

- la substructure constitue une structure très rigide fournissant une résistance envers des sollicitations verticales et horizontales ;
- l'étage d'habitation agit comme une « boîte » solide, rigidifiée par les parois et le plancher, demeurant intacte même en cas d'effondrement de la substructure ;
- le toit est une structure légère et ouverte, une sorte de « chapeau » qui peut subir des déplacements importants (environ 50cm au niveau du faitage) sous l'action du vent et des sollicitations sismiques, sans néanmoins constituer un danger pour les habitants en cas d'effondrement ;

Lors d'un séisme, cette séparation structurelle constitue un facteur déterminant dans le comportement structurel du bâtiment car elle permet des mouvements considérables et indépendants des différentes parties. De fait, l'ensemble de la structure combine deux concepts propres à la conception parasismique: la flexibilité pour absorber l'énergie des sollicitations sismiques et la rigidité pour protéger les occupants (GRUBER, 2007).

- des contreventements diagonaux orientés en deux directions, à l'intérieur ou à l'extérieur d'une grille de poteaux verticaux. Ces éléments peuvent absorber la pression des forces extérieures, mais seulement une quantité limitée de la tension qu'elles engendrent, car ils ne sont pas ancrés dans le sol. Les pièces de raccordement ne sont pas conçues pour reprendre les forces transmises, ce qui peut conduire à un basculement des niveaux supérieurs. D'un point de vue structurel, les connexions du contreventement sont rigides en comparaison à la construction dans son ensemble. En outre, l'espace triangulaire entre les éléments diagonaux est parfois expressément remplis avec des grosses pierres : le poids améliore le fonctionnement des contreventements car la compression dérivant du poids supplémentaire contrebalance le mouvement latéral dû aux sollicitation sismiques (IBID.).

- l'utilisation du bois et de matériaux légers (bambous, feuilles de palmier) disposant d'une bonne capacité d'amortissement des sollicitations sismiques qui empêche un effondrement complet et la chute d'éléments lourds. En cas d'endommagement, les éléments structurels peuvent être réutilisés et les occupants sont exposés à des risques réduits (GRUBER, HERBIG, 2005a) ;

- des assemblages souples et sans clous (par tenon et mortaise, encastrement et chevilles), sécurisés avec des cales, garantissant un mouvement considérable des éléments, avant leur rupture. Si tous les éléments restent intacts, les joints peuvent être facilement fixés à nouveau et la structure peut être ramenée dans sa position initiale. Un démontage et une reconstruction des maisons est donc possible (VIARO, 1980 ; GRUBER, HERBIG, 2005a ; GRUBER, 2007).



©Nata'alul Duha
Contreventements diagonaux sur fondation en pierre



©Nata'alul Duha
Remplissage du contreventement avec des pierres



©Wolf
Région méridionale: avant et après le séisme de mars 2005; la boîte d'habitation reste intacte



©Nata'alul Duha
Effondrement de la substructure lors du séisme de mars 2005: les poteaux empilés sur le côté sont réutilisables pour élever à nouveau la boîte d'habitation



©Nata'alul Duha
Étayage après le séisme de mars 2005

5. Critères de vérification

Sources historiques

Séismes

2004, 26 décembre	M 9.1	avec tsunami
2005, 28 mars	M 8.7	avec tsunami
2010, 7 avril	M 7.2	

Normes constructives

Validations scientifiques

Des analyses de terrain, conduites suites aux séismes de décembre 2004 et mars 2005, ont permis de constater la capacité de ces structures à supporter l'impact de sollicitations considérablement

fortes ou, en cas de défaillance, de protéger la vie de leurs occupants. Si, même lors de mouvements importants de la substructure, presque aucun dommage n'a été constaté, l'effondrement partiel de certaines habitations n'a en aucun cas provoqué des victimes (AYDAN, MIWA, KODAMA, ET AL., 2005 ; BOEN, 2006 ; GRUBER, 2007 ; BEETHAM, SINCLAIR, 2008). En outre, des tests et modélisations ont permis de confirmer la réduction des sollicitations internes à la structure dérivant d'une absence d'ancrage des poteaux au sol, et donc le rôle d'isolation sismique joué par le type de fondation utilisé. Sur la base des résultats obtenus, la structure s'est démontrée être très stable : même les modélisation relatives à un séisme avec une période de retour de 500 ans ont montré comme les contraintes dans tous les éléments de l'ossature restent encore en dessous des celles structurellement admissibles (PUDJISURYADI, LUMANTARNA, LASE, 2007).

6. Observations

Un complexe système de drainage des eaux de pluie protège les pierres de fondation et évite l'érosion du sol pouvant compromettre la stabilité structurelle (GRUBER, 2007).

L'architecture vernaculaire de l'île de Nias présente des éléments communs aux constructions d'autres régions fortement sismiques d'Indonésie, telles que les habitations Rumo Aceh (province d'Aceh), Karo batak et Toba Batak (Sumatera Barat) :

- détachement de la structure du sol par des appuis en pierre ;
- volume réparti verticalement en trois sections indépendantes ;
- toiture avec un volume imposant mais une structure légère ;
- connexions sans clous et facilement fixables grâce à l'utilisation des cales

Lors des évaluations post-séisme, on constata comme les effondrements partiel et/ou totaux avaient essentiellement été causés par une détérioration des éléments en bois et par des changements apportés à la structure originaire (étages supplémentaires, extension de la toiture) conduisant à une fragilisation et mise en danger de l'intégrité structurelle. L'entretien de ces constructions résulte très difficile en raison d'un manque de bois de qualité et des investissements importants qu'elles demandent. À ces facteurs s'ajoute une perte de connaissances et compétences spécifiques à leur construction. Ces structures ne sont à présent plus réalisées (BOEN, 2006).

L'espace commun entre les habitations est utilisé pour installer des abris temporaires en cas de catastrophe.

Évolution: 1990 -2011



Modification de la structure de toiture



7. Référence

AMIRROL, Hafiz, 2010. *Structural Genius of Indigenous Nias House Architecture* [en ligne]. Institut Teknologi Bandung.

AYDAN, Ömer, MIWA, Shigeru, KODAMA, Hiroyuki, et al., 2005. « The Characteristics of M8.7 Nias Earthquake of March 28, 2005 and Induced Tsunami and Structural Damages ». In : *Journal of The School of Marine Science and Technology*. Vol. 3, n° 2, p. 67-83.

BEETHAM, Dick, SINCLAIR, Bill, 2008. « Uplift and Damage from the MW8.7 Nias Earthquake of 28 March 2005 ». In : *4th International i-REC Conference Building resilience achieving effective post-disaster reconstruction*. Christchurch.

BOEN, Teddy, 2006. « Structural Damage in the March 2005 Nias-Simeulue Earthquake ». In : *Earthquake Spectra*. Vol. 22, n° S3, p. 419-434.

BOULEAU, Christophe, CHILLARI, Salvatore, RUZICKA, David, 1992. *Omo Sebua. Maison du chef à Bawomatalou, île de Nias, Indonésie*. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Département d'Architecture.

DELLENBACH, Sophie, GRANDJEAN, Blaise, PITTET, Thierry, 1982. *Maison à Lololakha, Nias, indonésie*. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Département d'Architecture.

GRUBER, Petra, 2007. *Adaptation and Earthquake Resistance of Traditional Nias Architecture*. Vienna: Institute for Comparative Research in Architecture.

GRUBER, Petra, HERBIG, Ulrike, 2005a. « Research of environmental adaptation of traditional building constructions and techniques in Nias ». In : *CIPA 2005 XX International Symposium* [en ligne]. Torino.

GRUBER, Petra, HERBIG, Ulrike, 2005b. *Settlements and Housing on Nias Island: Adaptation and Development*. Vienna : Institute for Comparative Research in Architecture.

LEHNER, Erich, 2007. *The position of Nias within Southeast Asian building traditions* [en ligne]. Nias Island Research Network.

LUMANTARNA, B., PUDJISURYADI, P., 2012. « Learning from Local Wisdom: Friction Damper in Traditional Building ». In : *Civil Engineering Dimension*. Vol. 14, n° 3, p. 190-195.

PUDJISURYADI, P., LUMANTARNA, B., LASE, Y., 2007. « Base isolation in traditional building. Lessons learned from Nias March 28, 2005 earthquake ». In : *1st International Conference of European Asian Civil Engineering Forum*. Jakarta.

VIARO, Alain M., 1980. *Urbanisme et architecture traditionnels du Sud de l'île de Nias*. UNESCO. Coll. Etablissements humains et environnement socio-culturel, 21.

VIARO, Alain M., 1984. « Nias: habitat et mégalithisme ». In : *Archipel*. Vol. 27, n° 1, p. 109-148.

KLISSAGE / PALMISTE / TIWOCH

Typologie **Structure ponctuelle avec remplissage ou bardage**

Pays **Haïti**



Localisation géographique
départements de l'Ouest et du Sud-Est

Sismicité
réurrence : faible
intensité : modérée



1. Contexte

Dans les zones rurales et périurbaines du Sud d'Haïti, l'habitat se regroupe par localité. Il est souvent difficilement accessible, parfois uniquement après plusieurs heures de marche à pieds. L'implantation des habitations se fait de manière dispersée, sur les flancs des collines qui caractérisent la plupart du pays. Protégé par la végétation et d'une forme très compacte, l'habitat s'organise autour d'une cour accueillant une maison principale ainsi que plusieurs bâtiments annexes (cuisines, dépôts, abris pour les animaux).

Appelées localement *kay*, les habitations se composent généralement d'une ou deux pièces en enfilade avec une galerie le long de la façade principale, parfois s'étendant également sur le côté le plus dégagé. Les fenêtres sont positionnées en hauteur et aux angles mais uniquement pour la pièce située à l'avant ; plusieurs portes d'accès sont présentes, dont au moins une donnant sur l'arrière ou le côté de la maison. Pour chaque communauté, certains modèles et styles prédominent, même si réalisés avec des matériaux différents et, dans la même zone, les bâtiments peuvent être identiques dans la forme, jusqu'aux détails des portes et fenêtres. Les typologies architecturales sont très similaires, toutefois selon les caractéristiques du site d'implantation deux principaux types sont identifiables : l'un, typique des terrain en pente, est basé sur une morphologie allongée se développant en profondeur ; l'autre, généralement réalisé sur des terrain plat ou en faible pente, correspond à une morphologie étalée se développant sur la largeur.

Du point de vue constructif les habitations employant une structure à ossature sont les plus répandues. Elles se basent sur une trame régulière de poteaux en bois enfoncés directement dans le sol et constituant le squelette du bâtiment. Les murs sont réalisés selon

différentes techniques, en relation aux matériaux disponibles localement : le bois de palmier caractérisant les technique du *klissage* et *palmiste*, l'une correspondant à la technique du torchis, l'autre du bardage d'une structure porteuse ; les pierres, utilisées dans la technique des *tiwoch* (en créole « petites roches »). Toutefois, dans les zones proches d'agglomérations urbaines le ciment est plus largement utilisé pour la construction en maçonnerie de blocs de ciment, comme mortier ainsi que pour les enduits.

Différents types d'aléas affectent le pays, parmi lesquels les plus importants sont les cyclones et les séismes : le premier en lieu avec une fréquence annuelle, tandis que les deuxième sont considérablement plus rares et avec une période de retour d'environ 200 ans pour des phénomènes d'intensité élevée (dans la partie septentrionale du pays les séismes ont une fréquence considérablement plus élevée) (MORA, ROUMAGNAC, ASTE, ET AL., 2010).

L'habitat vernaculaire présente différents dispositifs améliorant son comportement envers l'impact de ces aléas. Ceux-ci permettent aux structures de survivre à des phénomènes assez puissants, même dans le cas de constructions très anciennes et abandonnées depuis plusieurs années. Les constats effectués après le tremblement de terre de 2010 ont mis en évidence une meilleure sécurité sismique pour le bâti vernaculaire que pour les constructions en blocs de ciment ou en béton : bien que ayant subi des endommagements localisés dus aux sollicitations sismiques et souvent associés à une détérioration structurelle antécédente, les bâtiments traditionnels n'ont pas tué. En outre, les dégâts ont souvent affecté uniquement les éléments secondaires, sans compromettre la structure primaire et les parties les plus coûteuses, en facilitant ainsi la réparation.

Illustrations



2. Principes constructifs

Fondations / soubassement

Aucun type de fondation est employé : les poteaux sont enfoncés directement dans le sol à une profondeur d'environ 1m.

Parfois les bâtiments reposent sur un soubassement (hauteur 30-40cm) constituant un socle continu sous l'ensemble de la construction.

Structure primaire

Charpente en bois : poteaux reliés par une poutre sablière

- trame structurelle : 80-120cm

- durée de vie des poteaux : variable de 10 à 40 ans
(selon qualité, protection à l'humidité, présence de termites)

Structure secondaire

Remplissage

Klissage : lattes de bois de palmier tressées horizontalement en panneaux insérés entre les éléments verticaux de la structure en bois

- variante : garnissage des deux côtés du panneau avec un mortier composé exclusivement de terre ou de terre chaux

Tiwoch : pierres maçonnées entre les poteaux et sur leur côtés extérieurs, avec un mortier de terre (tuf), terre et ciment ou sable de tuf et ciment, constituant des murs d'une faible épaisseur allant de 10 à 30cm

- variante : remplissage confiné par des lattes clouées à des intervalles réguliers sur les deux côtés ou à l'intérieur de la structure en poteaux

Enveloppe

Palmiste : planches en bois clouées horizontalement sur les côtés extérieurs de la structure

Toiture

Toitures généralement à 2 pentes mais, dans les constructions les plus anciennes, souvent à 4 pentes.

Charpente (fermes, chevrons et liteaux) en bois avec une couverture le plus souvent en tôle ondulée, rarement en chaume ou écorces de palmier.

Finitions

Klissage : enduit avec un mortier de terre ou terre et chaux avec badigeon à la chaux

Palmiste : aucune

Tiwoch : aucune ou enduit à la chaux ou en ciment

Dans tous les cas, une peinture de plusieurs couleurs est souvent employée.

Connexions

Assemblages par tenon et mortaise et/ou clous



technique du *klissage*



technique du *palmiste*



technique du *tiwoch*



technique du *tiwoch* : dommages causés par le séisme de 2010



technique du *klissage* avec enduit : abri réalisé après le séisme de 2010



technique du *klissage* avec enduit sur les deux faces du mur



technique du *klissage* avec enduit uniquement à l'intérieur

3. Particularités constructives

Les murs se subdivisent en panneaux (espacement entre les poteaux), constituant l'unité de mesure pour le dimensionnement de la construction (p.e. 4 x 3 panneaux).

Structure porteuse :

- les éléments en bois sont rarement équerrés ; ils sont le plus souvent laissés avec une forme ronde pour ne pas réduire ultérieurement l'épaisseur déjà très faible du bois disponible ;
- le pourrissement de la base des poteaux à cause de l'humidité peut déterminer une perte de stabilité ou l'inclinaison de l'ensemble de la construction, avec un risque d'effondrement en cas de sollicitations extérieures (cyclones ou séismes). Pour pallier à ce problème, lorsque la base des poteaux est pourrie, on renforce l'épaisseur des murs aux angles de la construction afin d'empêcher le basculement et la déformation de la structure.
- si des bois droits ne sont pas utilisés, les éléments de remplissage se gonflent et penchent vers l'extérieur. Des murs non verticaux se détériorent rapidement ; après seulement quelques années ils commencent à se déformer et, par la suite, ils se détachent de l'ossature et ils s'effondrent (CUNY, 1982).

Kay klissage :

- flexibilité d'utilisation des lattes, qui sont modulables, démontables et interchangeables ;
- le mortier ne contient pas de fibres et ne traverse pas le tressage des lattes, qui sont très serrées ; ce qui compromet la durabilité du garnissage ;
- les lattes se font à partir des troncs de palmier royal, bois devenu très rare ;
- associées à une image de pauvreté et ancienneté, les constructions en clissage sont généralement perçues comme transitoires. En outre la pénurie de bois et l'association avec une image de pauvreté ont déterminé un abandon progressif de cette technique, avec une conséquente perte des compétences associées ;
- une variante plus ancienne de cette technique se base sur l'utilisation de roseaux, branches ou bambou qui sont tissés directement entre les poteaux et laissés apparents ou garnis d'un mortier en terre (*kay ajoupa*) (CUNY, 1982).

Kay palmiste :

- facilité de réalisation et d'extension de la structure ainsi que recyclabilité des planches de bardage ;
- ce type de construction était une fois très répandu in Haïti, mais la déforestation et les coûts élevés du bois ont déterminé son inaccessibilité économique.

Kay tiwoch :

- technique caractérisant la plupart des habitations rurales, elle est encore aujourd'hui employée pour la réalisation de nouvelles constructions ;
- cette technique est souvent utilisée pour les murs extérieurs en association au clissage pour les cloisons intérieures ;
- parfois le remplissage s'étend sur le côté extérieur de la structure, qui reste noyée à l'intérieur du mur ;
- dans certaines zones, les constructions se caractérisent par l'application de plusieurs techniques pour la réalisation des murs, ainsi que par l'utilisation de matériaux plus légers dans leurs parties supérieures. Jusqu'à une hauteur d'environ 1m, l'ossature en bois est enveloppée par une maçonnerie de pierres, tandis que dans la partie supérieure des panneaux en clissage ou un remplissage fin en maçonnerie sont mis en oeuvre entre les poteaux. Ce principe présente un double avantage. D'une part, en cas d'effondrement partiel des murs, les occupants ne sont pas exposés à des chutes dangereuses de pierres. D'autre part, l'utilisation de matériaux durables, mais demandant des efforts économiques et techniques importants, se limite aux parties les plus exposées, tandis que les matériaux plus économiques mais plus rapidement dégradables, sont employés pour les parties hors contact avec l'eau.
- à selon de la zone, il y a une grande disponibilité de pierres dans les champs, sans nécessité d'extraction.



Renforcement aux angles du bâtiment



Écroulement de la face externe du mur lors du séisme de 2010



Assemblage par tenon et mortaise



Contreventement de la poutre sablière



Contreventement de la structure de toiture



Planches perforées en dessous de la toiture



Mur à technique mixte: allègement structurel

4. Principes parasinistres

Structure porteuse:

- charpente souple et flexible, admettant un certain degré de déformation grâce notamment aux assemblages utilisés ;
- sous l'effet de sollicitations extérieures, les poteaux maintiennent la toiture en place, malgré un éventuel écroulement du remplissage. La partie la plus coûteuse de la construction est préservée et la réparation est faisable avec des investissements limités ;
- dans les habitations les plus anciennes différents types de contreventements sont utilisés : des contreventements horizontaux aux quatre angles de la poutre sablière solidarisent la structure, tandis qu'au niveau de la toiture, des contreventements diagonaux entre la poutre faîtière et les pignons des fermes assurent la stabilité de la charpente. Les constructions plus récentes ne présentent souvent pas de contreventement.
- des assemblages par tenon et mortaise permettent au bâtiment de subir des légères déformations, tout en gardant une cohésion structurelle.

Kay klissage :

- structure légère présentant un degré réduit de mise en danger de ses occupants, grâce au tressage qui évite l'écroulement de gros blocs ;
- lors du séisme de 2010, la plupart de ces constructions ont bien résisté aux secousses, les dégâts se limitant généralement à la fissuration et au décollement des enduits, ce qui pourrait avoir permis une partielle dissipation des sollicitations dues au séisme ;

Kay palmiste :

- les planches en bois apportent un certain contreventement, et donc cohérence et solidité, à la structure ;
- du fait du type de matériaux de construction utilisés et du mode de rupture sous lors de l'impact des aléas (cyclones / séismes), cette technique est l'une des moins dangereuses. Même en cas de rupture de certaines parties ou d'effondrement total, les occupants sont exposés à un danger relativement réduit en raison du faible poids de la structure ;
- lors des cyclones, ces constructions ont tendance à être gravement endommagées à cause de la pression différentielle poussant les murs jusqu'à que des planches se détachent, en particulier en correspondance des angles (CUNY, 1982).

Kay tiwoch :

- en cas de séisme, ce type de construction présente un potentiel d'endommagement important :
 - les pierres du remplissage ne sont pas appareillées, des grandes pierres plates sont souvent maçonnées verticalement et il n'y a pas de liaison entre les deux faces du mur ;
 - l'utilisation d'un mortier fortement stabilisé détermine un comportement monolithique du mur, avec un risque d'effondrement par basculement du panneau entier ; effet qui est amplifié par l'absence de liaisons entre le remplissage et la structure porteuse ;
- lors du séisme de 2010, le confinement du remplissage a considérablement réduit la mise en danger des occupants : au lieu de s'effondrer en un seul bloc, le remplissage s'est effrité sur lui-même ou il s'est s'écroulé vers l'extérieur ;
- la réduction progressive de l'épaisseur des murs et l'utilisation de matériaux plus légers pour la partie supérieure permettent de protéger les occupants en cas d'effondrement partiel des parois et de réduire le poids du mur en baissant le centre de gravité de la construction.

Envers l'impact des cyclones, plusieurs dispositifs réduisant la vulnérabilité du bâti correspondent à des principes préconisés par le génie paracyclonique actuel (BARRÉ, DE LA FOYE, MOREAU, 2011):

- la faible hauteur sous toiture limite la prise du vent mais, en déplaçant le centre de gravité vers le bas, favorise également une bonne résistance aux séismes ;
- la désolidarisation entre la toiture du corps principal d'habitation et celle de la galerie répond au principe de déconnexion structurelle entre structure primaire et secondaire, ce qui permet de préserver la toiture principale, même en cas d'arrachement de la couverture de la galerie ;
- la toiture à faible pente (environ 30°) et à 4 pans ainsi que des débords réduits diminuent la prise du vent.
- entre la partie supérieure des murs et la toiture ainsi qu'au-dessus des ouvertures, des planches en bois décorées avec des perforations permettent à l'air de traverser la maison contribuant à rééquilibrer la différence de pression entre intérieur et extérieur, réduisant ainsi les risques d'envol de la toiture.



Séisme de 2010 : endommagement d'une kay tiwoch



Séisme de 2010 : écroulement du remplissage en tiwoch et décollement de l'enduit du klissage



Déconnexion de la galerie



Instabilité de la structure



Clôture et contreventement de la galerie

Séisme de 2010 : endommagement d'une kay tiwoch



4. Principes parasinistres (suite)

Certains éléments architecturaux ne répondent pas uniquement à des nécessités fonctionnelles ou esthétiques, mais assument également une fonction structurelle :

- outre à fournir un endroit permettant la mise en sécurité des biens, le grenier fermé situé sous la toiture apporte une majeure résistance à l'ensemble du toit, en particulier dans le cas d'une couverture à deux pentes qui autrement risquerait d'être affectée par l'impact de forts vents ;
- parfois, la galerie est clôturée avec des planches en bois positionnées en croix entre les poteaux. Ces derniers reposent sur un soubassement en maçonnerie, sans atteindre le niveau du sol. Les contreventements

sont employés à partir du niveau supérieur du soubassement, en solidarissant la structure qui, même en cas d'écroulement du mur en dessous, maintient une certaine cohérence et évite l'effondrement. Toutefois, ces éléments sont utilisés essentiellement pour la galerie. Rarement ils sont intégrés à la structure du corps d'habitation, mais uniquement dans la partie supérieure des constructions utilisant pour les murs des techniques mixtes.

- les frises décoratives ornant les pignons permettent de générer des tourbillons, brisant le flux du vent et minimisant les dépressions susceptibles de décoller la couverture (BARRE, DE LA FOYE, MOREAU, 2011).

5. Critères de vérification

Sources historiques

Séismes

2010, 12 janvier M 7.0

Normes constructives

Validations scientifiques



Architectures gingerbread après le séisme de 2010, Port-au-Prince

6. Observations

À cause du manque de bois dérivant d'une déforestation massive, les constructeurs ont été obligés d'utiliser des arbres de diamètre et longueur réduits avec le résultat que les éléments structuraux importants ont subis une réduction de leurs dimensions pouvant entraîner un affaiblissement structurel (CUNY, 1982).

Les esclaves ne possédaient pas de terres, mais disposent de droits sur leurs maisons. Celles-ci étaient construites de manière à être facilement démontées et déplacées (STOUTER, 2010a). Quand les colonisateurs ont été renversés en 1804, de nombreux esclaves ont quitté les plantations et se sont installés sur des parcelles dans les collines; ce qui est probablement à l'origine du mode d'implantation des habitats actuels.

Les habitations traditionnelles se basent sur un principe spatial modulaire facilitant l'extension et l'ajout de nouvelles pièces, selon un développement progressif. L'agrandissement des habitations a lieu en accord à la typologie architecturale : à l'arrière pour la typologie allongée, sur les côtés pour la typologie étalée. Dans les deux cas, la création de nouvelles pièces s'effectue tout d'abord en clôturant certaines parties de la galerie, en particulier quand celle-ci occupe les façades latérales. En zone urbaine, les extensions s'effectuent en ajoutant un étage supplémentaire.

Suite au séisme de 2010 :

- grâce à la rapidité de son exécution et à la constatation de son

bon comportement, la technique du *klissage* a été utilisée par la population pour la réalisation d'abris d'urgence ou pour des réparations temporaires des maisons ;

- la technique du *palmiste* a été employée pour la réparation provisoire de parties endommagées de constructions réalisées avec d'autres techniques.

Dans les principales villes du pays, des architectures connues sous le nom de *gingerbread* constituent un mélange entre les architectures locales et celles européennes, avec la reprise des technologies utilisées par les premières et une adaptation des typologies des dernières aux conditions locales (climat, aléas naturels, matériaux, etc.). Leur réalisation se réfère à une période historique bien précise (du 1881 au 1925) et se rapporte à deux types de structure porteuse: murs de maçonnerie de briques ou pierres ; ossature (charpente entretoisée ou à colombage) avec un remplissage en maçonnerie et/ou avec un bardage en planches de bois. Généralement plusieurs systèmes sont employés dans le même bâtiment, déterminant des typologies hybrides. Lors du séisme de 2010, les dispositifs utilisés (contreventement, type d'assemblages, etc.), notamment dans les constructions en ossature, ont permis d'éviter leur effondrement complet (LANGENBACH, KELLEY, SPARKS, ET AL., 2010). Bien que le style *gingerbread* soit normalement associé à une architecture des classes aisées, en milieu urbain des technologies similaires, mais moins élaborées, ont été également employées pour des constructions plus ordinaires.

7. Référence

AUDEFRY, Joel F., 2011. « Haiti: post-earthquake lessons learned from traditional construction ». In : *Environment & Urbanization*. Vol. 23, n° 2, p. 447-462.

BARRÉ, Christian, DE LA FOYE, Alexandre, MOREAU, Sophie, 2011. *Conception paracyclonique. À l'usage des architectes et ingénieurs*. Villefontaine : Les Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau.

BERTHELOT, Jack, GAUMÉ, Martine, 2002. *Kaz antiyé jan moun ka rété. L'habitat populaire aux Antilles*. Goyave : Editions perspectives créoles.

CAIMI, Annalisa, GUILLAUD, Hubert, MOLES, Olivier, et al., 2013. « Traditional and scientific knowledge for a sustainable vulnerability reduction of rural housing in Haiti ». In : *Structures and Architecture: Concepts, Applications and Challenges*. Guimarães : CRC Press / Taylor & Francis. p. 1807-1815.

CUNY, Frederick C., 1982. *Improvement of rural housing in Haiti to withstand hurricanes*. Dallas : Intertect, OXFAM Regional Office for the Caribbean, Haitian PVO Disaster Preparedness Committee.

DOULINE, Alexandre, BELLIN, Jean-Paul, 2010. *Programme de reconstruction de l'habitat rural par les organisations de PADED*. Haïti : Ageh-Misereor.

FISHER, Anthony Hart, VLACH, John, 1987. « The Popular Architecture of Haiti ». In : *MIMAR: Architecture in Development*. n° 23, p. 12-19.

LANGENBACH, Randolph, KELLEY, Stephen, SPARKS, Patrick, et al., 2010. *Preserving Haiti's Gingerbread Houses. 2010 Earthquake Mission Report*. New York : World Monuments Fund, ICOMOS.

MOLES, Olivier, VIEUX-CHAMPAGNE, Florent, 2010. *Reconstruction post séisme 2010. Mise en place de la phase pilote du projet de reconstruction de 100 maisons à Cap Rouge avec VEDEK et PAPDA*. Haïti : SCCF et CRATERRE-ENSAG.

MORA, Sergio, ROUMAGNAC, Alix, ASTÉ, Jean-Pierre, et al., 2010. *Analysis of Multiple Natural Hazards in Haiti (NATHAT)*. Port-au-Prince : Government of Haiti, World Bank, Inter-American Development Bank, United Nations System.

OLIVER, Paul (dir.), 1997. « Carribean ». In : *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Cambridge : Cambridge University Press. p. 1699-1715.

STOUTER, Patti, 2010a. *Haitian Wisdom for Aid Buildings* [en ligne].

Analyses de terrain effectuées au cours de la recherche en thèse en février 2011 ainsi que mars et juillet 2012 dans les localités de :

- Cap Rouge (Jacmel)
- Angibeau, Cajou, Grande Rivière et Rivière Froide (Carrefour)
- Belo, Procy, Bongars (Kenscoff)

Sauf mention particulière, toute photo a été prise par A. Caimi.

HIMIŞ / BAĞDADI

Typologie **Trame structurelle avec remplissage en éléments, en maçonnerie ou en vrac**

Pays **Turquie**



Localisation géographique

régions de Marmara, mer Noire, Anatolie centrale, égéenne et méditerranéenne

Sismicité

récurrence : élevée
intensité : élevée



1. Contexte

Dans les régions centrale, occidentale et septentrionale de l'Anatolie, la construction à ossature bois est apparue entre la période médiévale et en début de celle Ottomane, mais elle s'est répandue en particulier après la deuxième moitié du XVI^e siècle, pour des bâtiments de deux et trois étages (GÜÇHAN, 2007).

Une augmentation de son utilisation pourrait être liée à l'observation des conséquences du séisme de 1509 (GÜÇHAN, 2007) suite auquel, à Istanbul, la construction à ossature en bois fut rendue obligatoire par un édit impérial (GÜLKAN, LANGENBACH, 2004). La capacité des structures en bois à faire face à des sollicitations sismiques était en effet largement reconnue entre le XVII^e et le XIX^e siècle (DOGANGÜN, TULUK, LIVAOĞLU, ET AL., 2006) et elle est probablement à l'origine de sa grande diffusion (TOBRINER, 2000). Cependant, la vulnérabilité au feu de ce type de constructions conduit à l'obligation, établie avec la réglementation publiée au début du XIX^e siècle par le gouvernement Ottoman, de bâtir en employant un principe de maçonnerie. Successivement, à cause de graves pertes en vies humaines et des dommages très importants subis par les bâtiments en maçonnerie, lors des séismes, la réglementation consentit à nouveau l'utilisation du bois dans la construction (DISKAYA, 2007).

Selon la disponibilité et la présence de ce matériau, les méthodes de construction employées changent de région en région (ER AKAN, 2004). L'architecture traditionnelle d'Istanbul comprenait historiquement des nombreuses habitations réalisées complètement en bois, avec une ossature recouverte à l'extérieur par un bardage en planches (DIKMEN, 2010). Avant la diffusion des scieries, les charpentes en bois étaient souvent remplies avec une maçonnerie en pierres ou en briques de terre cuite ou crue, tant pour la réalisation des murs intérieurs qu'extérieurs. En outre, en dehors d'Istanbul, l'utilisation du bois était moins répandue et une combinaison avec

de la maçonnerie ou d'autres matériaux se révèle être plus courante (GÜLKAN, LANGENBACH, 2004).

Les techniques constructives qui en découlent varient à selon du type de remplissage et de la présence de contreventement (DOGAN, 2010). Deux techniques principales peuvent être identifiées : le *himış*, ossature en bois avec un remplissage en maçonnerie et le *bağdadi*, caractérisé par l'application de lattes en bois ou de roseaux sur les faces extérieures de la structure primaire confinant un remplissage léger (CERASI, 1998). D'autres techniques ont également été développées, mais elles sont généralement moins utilisées : celle du *dizeme*, employant des rondins encastrés entre les montants de la structure, et celle du torchis, consistant dans le garnissage de lattes ou branches tressées entre les éléments structurels avec un mortier de terre fibrée.

Les constructions à ossature bois furent bâties de manière courante jusqu'aux années 1960 ; ensuite on privilégia le béton et d'autres matériaux, spécialement en milieu urbain. Cependant, deux séismes qui frappèrent la Turquie en 1999 reportèrent l'attention des experts, de la population et des décideurs, sur la capacité non seulement du système constructif à ossature bois, mais surtout des constructions traditionnelles, à faire face au risque sismique existant dans le pays. En effet, on constata qu'un grand nombre de bâtiments anciens survécurent intacts tandis qu'énormément de structures en béton armé avaient subi un degré d'endommagement très élevé et causé des pertes humaines et matérielles considérables (GÜLHAN, GÜNEY, 2000).

Après les séismes de 1999, la technique de construction employant l'ossature bois a été réintroduite en Turquie comme alternative pour la construction.

Illustrations



Safranbolu Çarşı



Safranbolu Bağlar



Söğüt



Tokat



Kastamonu



Bartın



Cumalıkızık Köyü

2. Principes constructifs

Fondations / soubassement

Semelle continue en maçonnerie de grosses pierres liées par un mortier de terre ou de chaux. Des poutres en bois sont parfois intégrées à la partie supérieure de la maçonnerie, servant d'appui pour la construction et l'ancrage de l'ossature en bois.

- profondeur d'excavation : 50-150 cm
- épaisseur : 50-90 cm
- hauteur du soubassement : 50-100cm

Structure primaire

Ossature en bois composées de :

- poteaux principaux : section carrée (10x10cm) ou rectangulaire (15x20cm) avec espacement variable
- montants secondaires : section : 5x10cm; espacement : 20-90cm
- lisses : section carrée (10x10/15x15cm) ou rectangulaire (10x15cm)
- contreventement :
 - primaire : reliant la lisse basse et la lisse haute
 - inclinaison : 45° ou 60°
 - secondaire : non continu
- planchers :
 - au rez-de-chaussée : les solives reposent sur des poutres en bois intégrées aux murs à 20cm du sol
 - aux étages : plancher à double épaisseur, rempli avec de la terre ou du sable
 - espacement des solives : 30-100cm
 - épaisseur du plancher : 30cm
- essence de bois : chêne, châtaigner, frêne, cèdre, pin jaune
- hauteur des étages : 3.50-4.50m

Structure secondaire

- Cloisons : montants verticaux disposés avec un espacement de 30-40cm sans remplissage
- épaisseur du mur : 17cm

Remplissage

Himis : remplissage dans le plan de l'ossature

- briques en terre crue :
 - épaisseur du mur : 15-20cm
 - espacement : poteaux principaux : 100-150cm
 - montants secondaires : 60-70cm
- dimensions des briques variables selon de la région (p.e. 30x30x10cm)
- pierres:
 - de type calcaire ou schiste
 - dimensions des pierres : 10-15cm
- mortier : terre et/ou chaux
- ossature : espacement des montants : 20-25cm
- épaisseur du mur : 20cm
- briques cuites : disposées horizontalement, verticalement et en diagonale; des éléments horizontaux relient les poteaux, les montants et les contreventements diagonaux
- employées à partir du XVI siècle
- épaisseur du mur : 15-20cm
- espacement : poteaux principaux : 200cm
- montants secondaires : 80-90cm

Bağdadi :

ossature recouverte par un lattis en bois ou des roseaux cloués horizontalement à la structure ; l'espace à l'intérieur de l'ossature est laissé vide ou rempli avec un mélange léger d'écorces d'arbre, petites pierres et mortier de terre ou terre-chaux (DIKMEN, 2010)

- lattis en bois : largeur 2-4cm; épaisseur 1-2cm; espacement 2-3cm

Dizeme :

remplissage en rondins en bois, grossièrement équerrés, coupés sur mesure et fixés par encastrement entre les éléments structurels

Torchis :

remplissage avec un tressage de branches ou des lattes irrégulières en bois garni avec un mortier de terre fibrée

Enveloppe

Bardage en planches de bois, dans ce cas l'ossature est laissée vide.

Toiture

À 2 ou 4 pente avec structure en bois
Couverture en tuiles de terre cuite.



Cumalikizik Köyü : structure mixte avec rez-de-chaussée en maçonnerie étages en torchis et himis



Saraylı Köyü : remplissage en dizeme (rondins)



Narlıca : structure en himis (briques en terre crue)



Değirmendere : remplissage en torchis

2. Principes constructifs (suite)

Finitions

Himış : - briques : remplissage laissé apparent ; si un enduit est utilisé il est souvent appliqué uniquement sur le remplissage

- pierres : remplissage laissé apparent ou enduit des deux côtés du mur

Bağdadi : murs intérieurs et extérieurs enduits avec un mortier de chaux sur lattes en bois ou recouverts avec un bardage en bois

Dizeme : rondins enduits ou apparents vers l'extérieur

Torchis : enduits avec un mortier en terre

Connexions

Chevilles, entailles, clous métallique (droit ou en U) : éléments verticaux, horizontaux, diagonaux

Tenon et mortaise aux angles

3. Particularités constructives

La subdivision de l'ossature (ERUZUN, 2006):

- en cellules : pierres avec un mortier de chaux ou terre
 - aucun éléments métalliques est employé pour les assemblages
 - les structures peuvent être assemblées et démantelées ;
- en losange : pierres avec un mortier de chaux ou de terre
 - la forme est déterminée par la mise en place des éléments diagonaux avec l'utilisation de connexions métalliques
- *çakatura* : contreventements diagonaux en correspondance des poteaux principaux et montants verticaux peu espacés.

Les montants et les poteaux ont parfois un large chapiteau permettant de mieux répartir les charges (ÖZTANK, 2008). Une couche de sable de 40-80mm est étalée sous les fondations en maçonnerie (DOGAN, 2010).

La technique de l'*himış* et celle du *bağdadi* sont souvent associées à une construction avec *hatillar* (cf. fiche Turquie - maçonnerie) pour des structures de plusieurs étages (ÇELEBIOĞLU, LIMONCU, 2007). Généralement, la base en maçonnerie suit la forme de la parcelle tandis qu'aux étages une forme plus régulière est obtenue par l'utilisation de baies et volumes en saillie en ossature (DIKMEN, 2010; GÜÇHAN, 2007) portés par des éléments superposés, des appuis ponctuels diagonaux ou en porte-à-faux (MATSUSHITA, 2004).

4. Principes parasismiques

L'ossature des constructions vernaculaires présente une différence substantielle par rapport aux systèmes à poutres horizontales ou actuellement employés. En effet, "la continuité n'était pas obtenue par les éléments, de façon linéaire, mais c'était comme une boîte où tous les éléments contribuent à la stabilité du système. Les montants primaires et secondaires entre les étages, les éléments horizontaux, les poutres du plancher et les contreventements diagonaux composent des panneaux et des boîtes" (Kuban 1995 dans TOBRINER, 2000, trad. A. Caimi).

La structure est organisée de façon que chaque étage constitue une unité autonome très rigide qui peut glisser de façon indépendante des autres niveaux ; ce qui permet une dissipation de l'énergie exercée par le séisme de la part de la structure de son ensemble. En outre, elle compose une structure redondante dans laquelle les multiples chemins de descente des charges fournissent un niveau de sécurité supplémentaire ; en cas de défaillance d'un élément, la stabilité est compensée par les éléments adjacents (DOGANGÜN, TULUK, LIVAOĞLU, ET AL., 2006).

Dans la construction *bağdadi*, les lattes fournissent un support additionnel continu contribuant à augmenter la capacité du bâtiment envers les sollicitations latérales dues aux séismes ; ils peuvent en effet travailler pendant plusieurs cycles sans perdre leur intégrité (DOGAN, 2010). Elles constituent une liaison supplémentaire entre les composants de l'ossature, tout en garantissant une certaine élasticité (GÜÇHAN, 2007).



Kadıbüyük Köyü : structure en *himış* (pierres)



Gölcük : structure en maçonnerie et *himış* (briques en terre cuite); elle n'a pas subi des dégâts lors du séisme de Kocaeli de 1999



Bartın : immeuble d'habitation en *dizeme* (rondins)



Narlıca : structure mixte avec rez-de-chaussée en maçonnerie en pierre avec *hatillar* en bois et étage en *himış* (briques en terre crue)

5. Critères de vérification

Sources historiques

- o Séisme du 10 juillet 1688, Izmir (Symrna) : le frère Tarillon indique un emploi de la maçonnerie limité uniquement aux fondations et aux parties inférieures des murs, tandis que les étages supérieurs étaient réalisés employant une ossature en bois et un remplissage en briques. *"Une technique ayant démontré sa résistance dans le séisme qui suivit"* (TOBRINER, 2000).
- o Séisme du 1766 à Istanbul : une source inconnue rapporte que, suite à la constatation de légers dégâts au palace Topkapi, des bâtiments en ossature bois furent construits pour la sécurité du Sultan et de sa famille (IBID.).
- o Séisme d'Istanbul, 1894 : D. Eginitis, directeur de l'Observatoire d'Athènes, responsable d'étudier le séisme observa : *"Les constructions à ossature bois ont résisté de manière étonnante au tremblement de terre. Alors que des anciens bâtiments de qualité médiocre étaient encore debout, d'autres construits et récents, en maçonnerie et même certains avec renforcement en acier bien, ont été détruits. Il apparaît clairement que les structures en bois ont mieux résisté au séisme ; en revanche, ceux en maçonnerie ont rarement survécu"* (dans GÜÇHAN, 2007 ; trad. A. Caimi).
- o M. H. Boduroğlu dans *"Rural buildings in Turkey that have suffered damages in recent earthquakes and their main causes,"* Bulletin of the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, 23, 1989 : concernant une évaluation des dommages causés par 60 séismes entre 1925 et 1984 à des bâtiments ruraux en Turquie, observa que : *"Les techniques traditionnelles de construction utilisées pour les bâtiments à ossature en bois ont été très efficaces. Contrairement aux bâtiments en maçonnerie de pierre, ils sont*

en mesure de résister de manière adéquate [...] aux sollicitations sismiques" (TOBRINER, 2000, p. 9 ; trad. A. Caimi).

- o Séisme du 1970 à Gediz: Uzsoy et Celebi « 28 Mart 1970 Gediz (Kütahya) depremi ve yapilarda meydana getirdigi hasarlar » (ODTÜ, 1970) : lors que le remplissage est réalisé en pierre ou briques de terre crue ou cuite, un desserrement du remplissage a été observé. Dans ce cas, les éléments porteurs en bois se sont parfois déformés, mais l'ossature est restée intacte. En cas de remplissage en lattis (*bağdadi*) aucun dégât ou des dégâts très légers ont été observés (GÜÇHAN, 2007).
- o Séisme du 17 août 1999, Izmit :
 - une étude conduite sur les constructions à ossature à Izmit, Adapazarı, Gölcük et Değirmendere par des experts de la Middle East Technical University révèle qu'elles ont été affectées de façon minime: même les bâtiments présentant des mauvaises conditions structurelles sont restés intacts et seul rarement elles présentaient une fissuration ou un détachement de l'enduit (GÜÇHAN, 2007) ;
 - rapport d'évaluation du Ministère des Travaux Publics et des Etablissements, Direction Générale des Affaires de Catastrophe, Banque des Provinces et Direction Générale des Autoroutes, effectué 10 jours après le séisme à Kocaeli, Sakarya, Bursa, Istanbul, Bolu, Eskisehir, Yalova (GÜLHAN, GÜNEY, 2000).
 - Reportage du journaliste R. Fisk, « Nelle fosse comuni di cemento e acciaio » (19.08.1999, The Independent) : *"Les Ottomans obligeaient à construire uniquement en bois pour éviter la dévastation qui se produit avec les bâtiments modernes lors d'un séisme ; à Izmit j'ai découvert que les rares bâtiments en bois survécus pendant les siècles étaient encore debout, intacts"* (FISK, 2007, p. 174, trad. A. Caimi).

Séismes

1688, 17 août, Anatolie, M 8.0	1999, 17 août, Izmit
1766, Istanbul, M 6.5	(Marmara-Kocaeli) M 7.6
1894, 10 juillet, Istanbul, VIII-IX	1999, 12 novembre, Düzce M 7.2
1944, 01 février, Gerede, M 7.4	2000, 06 juin, Orta M. 6.1
1949, 17 août, Erzurum, M 6.8	(Source : USGS)
1951, 13 août, Kursunlu, M 6.7	
1953, 18 mars, Yenice-Gonen	
M 7.3	
1967, 22 juillet, Mudurnu, M 7.3	Normes constructives
1970, 28 mars, Gediz, M 6.9	---

Validations scientifiques

- Des essais expérimentaux et des modélisations ont montré que :
- les structures en *himiş* et *bağdadi* présentent un comportement ductile meilleur que celles en béton armé ; grâce à une faible résistance dérivante des caractéristiques du matériau terre, la structure démontre une majeure capacité de déplacement et des valeurs de sollicitations potentiels plus élevées (DOGAN, 2010) ;
 - en cas de remplissage en briques positionnées de façon inclinée, les déplacements et les sollicitations augmentent dans les composants solides en comparaison à un remplissage disposé de façon horizontale ou verticale ; et cela en raison d'une surface de contact réduite avec les éléments en bois (DOGAN, 2010) ;
 - les structures en *bağdadi* présentent un comportement plus ductile que celles en *himiş*, car elles possèdent une majeure capacité envers des forces de cisaillement et axiales (DOGAN, 2010).

Nombreuses évaluations effectuées suite à des séismes ont permis de constater les suivants éléments :

- ces structures montrent un comportement de type plastique car elles répondent aux sollicitations à travers une fissuration incrémentale qui se distribue dans le mur par l'interaction des éléments structuraux en bois avec le remplissage en maçonnerie (DIKMEN, 2010) ;
- étant donné le manque de liaisons mécaniques entre les éléments en bois et la maçonnerie de remplissage, la structure répond aux sollicitations par des glissements se produisant à l'interface entre le remplissage et les éléments en bois. Ce « travail » le long des joints permet de dissiper une quantité considérable d'énergie et se manifeste par une fissuration de l'enduit (DOGANGÜN, TULUK, LIVAOĞLU, ET AL., 2006) ;
- le glissement du remplissage et la conséquente dissipation d'énergie affectent la fréquence de vibration de la structure, en réduisant sa capacité à entrer en résonance avec le séisme (DOGANGÜN, TULUK, LIVAOĞLU, ET AL., 2006) ;



- l'utilisation d'un mortier fragile favorise le glissement le long des joints au lieu d'une fissuration dans les blocs de maçonnerie. Ce principe permet une dissipation d'énergie et une réduction de l'incompatibilité entre la rigidité des panneaux en maçonnerie et la flexibilité de l'ossature en bois (GÜLKAN, LANGENBACH, 2004) ;
- bien que la maçonnerie et le mortier soient fragiles, le système se comporte de manière ductile (IBID.) ;
- l'insuffisance ou le manque de liaisons mécaniques entre les éléments en bois et la maçonnerie peut déterminer la chute de petites sections de remplissage. Cependant, la défaillance de certains panneaux ne détermine pas une perte de stabilité de la structure dans son ensemble, ni sa destruction progressive. La subdivision de chaque travée avec des éléments diagonaux, verticaux et horizontaux contribue à maintenir la structure en place (TOBRINER, 2000); les montants très rapprochés préviennent la propagation de fissures diagonales à l'intérieur des panneaux de remplissage et, en cas de défaillance ou d'effet d'étage souple, les dégâts aux étages supérieurs restent limités (LANGENBACH, 2000);
- si la déformation de la structure et les glissements du remplissage commencent en début des secousses, ces constructions sont capables de maintenir la stabilité pendant plusieurs cycles avant d'atteindre un niveau élevé de destruction (GÜLKAN, LANGENBACH, 2004). Un endommagement similaire lors de séismes très violents et plus modérés, montre la caractéristique de protection la plus importante de ces constructions : leur capacité à dissiper l'énergie sur une longue période sans subir une dégradation structurelle rapide et à supporter une intensité et une durée des sollicitations croissantes, sans que l'endommagement ne progresse très au-delà des dégâts subis lors de séismes plus modérés (LANGENBACH, 2002). Ces bâtiments sont en effet capables de supporter des grandes sollicitations en raison de l'absorption d'énergie fournie par la ductilité du système (LANGENBACH, 2000).

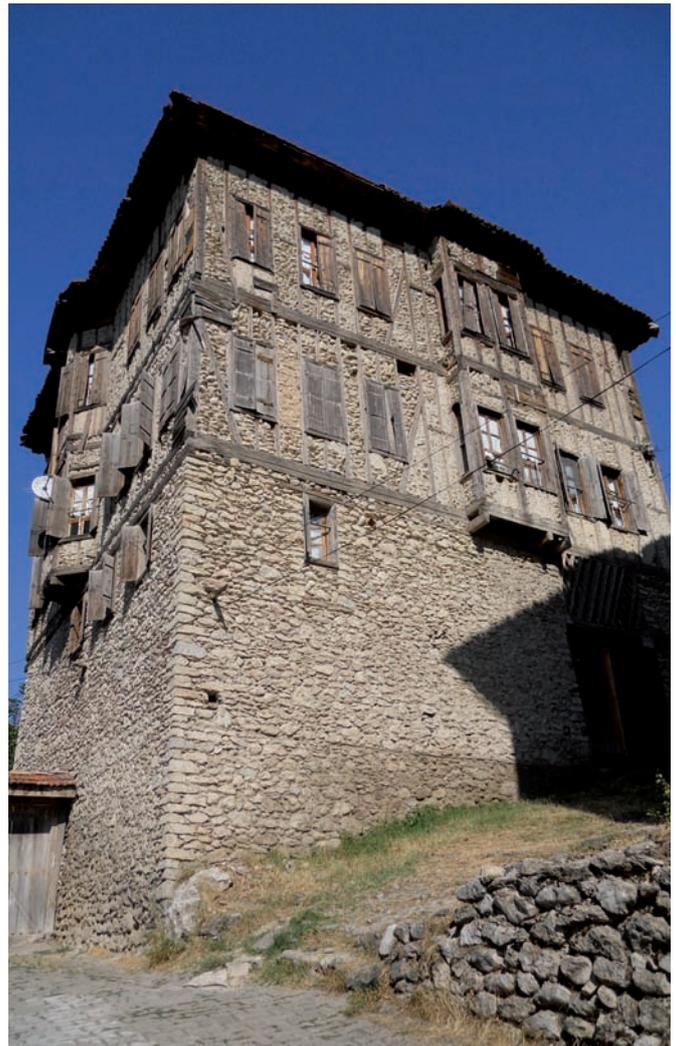
6. Observations

Si les bâtiments en ossature bois s'effondrent, des grands vides se créent permettant la survie des occupants. En outre, ils se caractérisent par un poids écrasant moins concentré que des structures en maçonnerie ; de fait, la chute de briques peut provoquer de nombreux blessés mais moins d'écrasés que les structures en béton armé (DOGANGÜN, TULUK, LIVAĞLU, ET AL., 2006).

Bien que utilisés pour d'autres éléments architecturaux (p.e. ouvertures), le refus d'utiliser des assemblages élaborés pour les connexions des éléments structurels est probablement l'expression d'un choix conscient pour contraster les effets des séismes (GÜÇHAN, 2007).

En milieu urbain les bâtiments vernaculaires sont de plus en plus sujets à un abandon et à une démolition massive, en particulier dans les régions orientales à cause d'une spéculation immobilière accrue. En revanche, dans les zones rurales, nombreux bâtiments sont encore habités. Des constructions neuves sont toutefois extrêmement rares.

Les municipalités de nombreuses régions (p.e. Kocaeli, Bursa, Safranbolu) mènent des projets de réhabilitation du bâti existants selon des approches parfois divergents. Dans certains cas, des bâtiments témoins sont restaurés, recourant parfois à des technologies récentes. La reconstitution se fait essentiellement à un niveau formel et esthétique, ces quelques bâtiments constituent des attraits touristiques à fonction de musée ; les autres sont livrés aux exigences et capacités financières de leurs propriétaires. D'autre part, il y a parfois une vraie volonté de revaloriser les techniques vernaculaires, et cela aussi en raison de leurs caractéristiques parasismiques. Dans ces cas, des restaurations sont effectuées avec les technologies traditionnelles et s'inscrivent dans la quotidienneté de la population locale (habitations, mosquée, etc.).



Safranbolu Çarşı : immeuble à tour avec étages inférieurs en maçonnerie en pierre et étages supérieurs en *himis* (pierres)

7. Référence

CELEBIOĞLU, Banu, LIMONCU, Sevğül, 2007. « Strengthening of Historic Buildings in Post-Disaster Cases ». In : *Third International Conference « Post Disaster Reconstruction: Meeting Stakeholder Interests »*. Firenze : Firenze University Press. p. 383-392.

CERASI, Maurice, 1998. « The Formation of Ottoman House Types: A Comparative Study in Interaction with Neighboring Cultures ». In : *Muqarnas : An Annual on the Visual Culture of the Islamic World*. Koninklijke Brill NV. Leiden: Gülru Necipoglu. p. 116-156.

DIKMEN, Neşe, 2010. « An Investigation on Traditional Timber-framed Buildings in Çankiri Province of Turkey ». In : *Trakya Univeritesi Journal of Science*. Vol. 11, n° 1, p. 15-27.

DISKAYA, Hülya, 2007. « Damage Assessment of 19th Century Traditional Timber Framed Structures in Istanbul ». In : *From Material to Structure: Mechanical Behaviour and Failure of the Timber Structures*. Firenze, Venezia, Vicenza : ICOMOS International Wood Committee.

DOGAN, Mizam, 2010. « Seismic Analysis of Traditional Buildings: Bagdadi and Himis ». In : *Anadolu University Journal of Science and Technology. Applied Science and Engineering*. Vol. 11, n° 1, p. 35-45.

DOGANGÜN, Adem, TULUK, Ö. İskender, LIVAĞLU, Ramazan, et al., 2006. « Traditional wooden buildings and their damages during earthquakes in Turkey ». In : *Engineering Failure Analysis*. Vol. 13, n° 6, p. 981-996.

ER AKAN, Asli, 2004. *Some observations on the seismic behaviour of traditional timber structures in Turkey*. Master Thesis. Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.

ERUZUN, Cengiz, 2006. « Significance of Wood in Formation of Traditional Turkish Architecture and Eastern Balck Sea Example. Wood in Traditional Settlements ». In : *Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture, Urban Planning Department, Istanbul*.

FISK, Robert, 2007. « Anatolia. 5 agosto 1999. "The Independent" ». In : *Catastrofi. I disastri naturali raccontati dai grandi reporter*. Roma : Minimum Fax. Coll. Pulitzer. p. 163-187.

GÜÇHAN, N. Şahin, 2007. « Observations on earthquake resistance of traditional timber-framed houses in Turkey ». In : *Building and Environment*. Vol. 42, n° 2, p. 840-851.

GÜLHAN, Demet, GÜNEY, İnci Özyrük, 2000. « The Behaviour of Traditional Building Systems Against Earthquake and its Comparison to Reinforced Concrete Systems : Experiences of Marmara Earthquake, Damage Assessment Studies in Kocaeli and Sakarya ». In : *Earthquake-safe: Lessons to be learned from Traditional Construction*. Istanbul : ICOMOS International Wood Committee.

GÜLKAN, Polat, LANGENBACH, Randolph, 2004. « The Earthquake Resistance of Traditional Timber and Masonry Dwellings in Turkey ». In : *13th World Conference on Earthquake Engineering*. Vancouver.

ISIK, Bilge, 2006. « Seismic Rehabilitation Study in Turkey for Existing Earthen Construction ». In : *Getty Seismic Adobe Project 2006*. Los Angeles : Getty Conservation Institute. p. 93-100.

LANGENBACH, Randolph, 2000. « Intuition from the Past: What Can We Learn From Traditional Construction ». In : *Earthquake-Safe: Lessons to Be Learned From Traditional Construction*. Istanbul : ICOMOS International Wood Committee.

LANGENBACH, Randolph, 2002. « Survivors in the Midst of Devastation. A Comparative Assessment of Traditional Timber and Masonry Construction in Seismic Areas ». In : *7th U.S. National Conference on Earthquake Engineering*. Boston : Earthquake Engineering Research Institute.

MATSUSHITA, Satsuki, 2004. *Comparative Study of the Structure of Traditional Timber Housing in Turkey and Japan*. Master Thesis. Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.

MEDA CORPUS, 2011. *Architecture Traditionnelle Méditerranéenne: Ossature porteuse avec remplissage (Turquie)* [en ligne]. Projet CORPUS, programme Euromed Heritage.

ÖZTANK, Nimet, 2008. « Traditional Timber Turkish Houses and Structural Details ». In : *10th World Conference on Timber Engineering* [en ligne]. Miyazaki.

TOBRINER, Stephen, 2000. « Wooden architecture and earthquakes in Istanbul: A Reconnaissance Report and Commentary on the performance of wooden structures in the Turkish earthquakes of 17 August and 12 November 1999 ». In : *"Traditional" knowledge: learning from experience*. Berkeley: Marchand Trevor et al. Coll. Traditional Dwellings and Settlements Working Paper Series. p. 16-63.

Etude de terrain, du 13.08 au 07.09.2012, villes et régions visitées : Niksar, Sivas, Tokat, Safranbolu, Bartın, Bursa, Izmit, Istanbul. Photos de A. Caimi.

CASA BARACCATA - CASA INTELAIATA

Typologie **Structure à ossature évidée et enveloppée ou avec remplissage léger**

Pays **Italie**

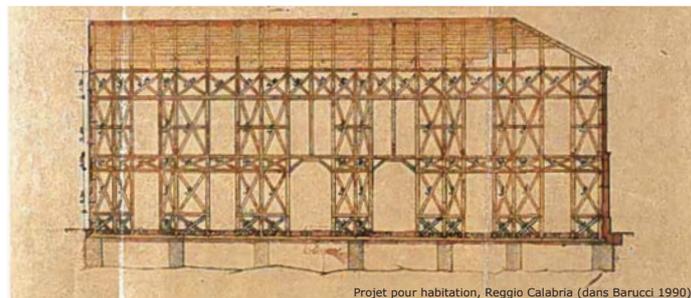
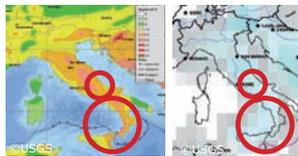


Localisation géographique

Abruzzes, Calabre, Lazio, Sicile

Sismicité

récurrence : faible
intensité : modérée



Projet pour habitation, Reggio Calabria (dans Barucci 1990)

1. Contexte

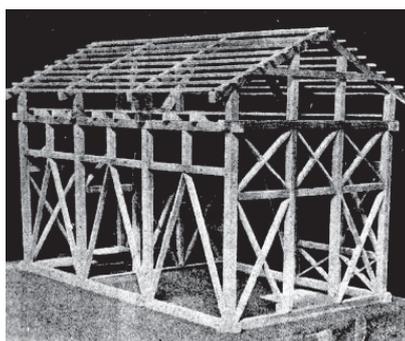
Le système constructif *baraccato* apparut au XIV siècle en Italie centrale et méridionale et prend son nom d'un type de structure employé pour des abris d'urgence, les « baracche », souvent réalisés en bois. Les premiers exemples dont on a connaissance remontent au 1300, à Rieti, lors que de nombreuses secousses sismiques affectèrent la région pendant une longue période et la population se réfugia dans des cabanes en bois. Au 1600, la construction des « baracche » avec ossature en bois était assez répandue en Calabre et, spécialement après le séisme du 1638, plusieurs chroniques se réfèrent à cette technique comme à un principe pour une construction résistante aux séismes, constatant la capacité de ces structures à supporter l'impact de ces phénomènes. Tel est le cas du palais du Comte de Nocera, qui résista aux secousses pendant plus que deux siècles et dont Giovanni Vivenzio en déclara la résistance lors du séisme du 1638, au contraire du reste du village qui fut complètement détruit (MASCIARI-GENOESE, 1915). À partir du XVI siècle, le système *baraccato* se diffusa à d'autres régions de la péninsule, comme à L'Aquila pour la réalisation de « baracche » après le séisme de 1703 (RUGGIERI, 2005).

Ce type de construction représentait une nette amélioration par rapport aux constructions en pierre, étant faciles à construire, beaucoup plus légers et, donc, moins dangereux en cas d'effondrement (TOBRINER, 1997). Toutefois, ce n'est qu'avec la reconstruction après le séisme du 1783, en Calabre, qu'on retrouve une définition claire de la typologie structurelle de la *casa baraccata*. Suite à cet événement, les Bourbons, qui gouvernaient la Sicile et l'Italie méridionale, établirent une commission spéciale pour l'étude des dommages et du comportement du bâti dans les zones affectées, en vue de la définition d'une stratégie de reconstruction. En 1784, des normes de construction parasismique furent émises en donnant des indications pour la conception et la réalisation d'habitations et de villes, selon le système constructif *baraccato* (TOBRINER, 1997). Les instructions royales éditées en 1786 prescrivaient, en effet, l'utilisation de "structures en maçonnerie avec une ossature en bois, conçues non en tant que des constructions provisoires destinées aux pauvres, mais pour survivre à des nouveaux événements sismiques" (dans NIGLIO, 2011; trad. A. Caimi). Les instructions royales établies par les Bourbons furent un des premiers règlements de construction parasismique de l'histoire (BARUCCI, 1990).

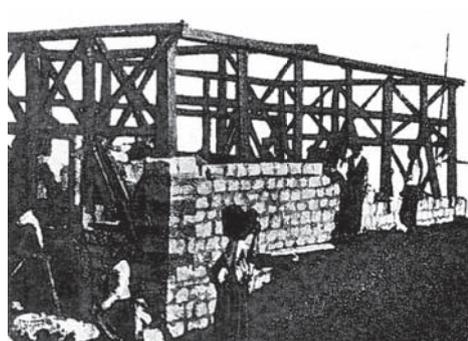
Le système constructif de la *casa intelaiata* s'apparente à celui de la *baraccata*, tant pour ses régions d'origine que son principe structurel. Dans la littérature, il ressort une certaine confusion quant à leur différenciation ; ce qui dérive en partie des nombreux projets élaborés par des constructeurs et architectes de l'époque ainsi que des variations et évolutions locales (MASCIARI-GENOESE, 1915 ; BARUCCI, 1990 ; BIANCO, ESPOSITO, TUZZA, 2009 ; VIVENZIO, 1783). "Le système *baraccato* [...] consistait originellement en une ossature en bois composée d'une charpente dite à la beneventana, constituée de nombreux poteaux en bois, croisés et boulonnés avec autant de traverses ou sablières, dont les vides résultants étaient remplis avec un matériau léger ; ou encore mieux, avec un tissage en osier ou canisses, fixé à l'ossature par des fines lattes de chêne, et recouvert par un crépi bien lissé. Cependant, l'ossature du vrai type *baraccato* était constituée par des robustes montants en bois espacés d'environ 1,20m, croisés avec des poutres horizontales et celles en croix de Saint André et ensuite entièrement enveloppée par la maçonnerie" (MASCIARI-GENOESE, 1915, p. 275 ; trad. A. Caimi).

La différence principale entre *baraccata* et *intelaiata* paraît être la modalité de réalisation de l'ossature en bois et le type de remplissage. Les deux termes qui les indiquent sont à leur origine assez vagues se référant l'un à une quelconque structure, l'autre à l'utilisation d'un squelette structurel (en italien, cadre : *telaio* d'où «intelaiata»: à ossature). Cependant, sur la base de la littérature existante (MASCIARI-GENOESE, 1915 ; BARUCCI, 1990 ; BIANCO, ESPOSITO, TUZZA, 2009), on utilisera le terme *baraccata* pour une structure à ossature en bois évidée et enveloppée par des murs en maçonnerie, et *intelaiata* pour une structure à ossature bois apparente avec remplissage léger. Le système *intelaiato* a été historiquement moins considéré à cause de la structure en bois visible qui résultait plus vulnérable aux agents atmosphériques et aux insectes et qui ne correspondait pas à l'image recherchée d'un certain statut social (TOBRINER, 1997). Ces deux systèmes furent employés jusqu'au 1915, année à partir de laquelle l'utilisation du bois fut progressivement remplacée par celle d'éléments métalliques ou en béton. Si de nombreux bâtiments *baraccati* du XVIII et XIX siècle ont été détruits, ceux qui encore existent sont très difficilement identifiables en raison de l'enveloppe en maçonnerie qui, à un premier abord, fausse la lecture du système structurel.

Illustrations



Maquette de structure *baraccata*
(M. Baratta 1908 dans Barucci 1990)



Bâtiment *baraccato* en construction, Monteleone (dans Barucci 1990)



Bâtiment avec le système *baraccato*, Filadelfia, province de Vibo Valentia

2. Principes constructifs

Fondations / soubassement

Aucune fondation n'était employée en cas de sol rocheux ou des fondations en pieux réalisées enfonçant les montants structurels verticaux directement dans le sol.

Radier ou soubassement en maçonnerie de pierre

- épaisseur : 1,20m ; hauteur : 0,6m

Structure primaire

Ossature en bois avec une trame d'environ 1,20m :

- montants en bois en correspondance des angles, des murs transversaux et des ouvertures
- sablières au niveau du sol, du plancher et/ou de la toiture ainsi que des appuis des fenêtres
- poutres et montants carrés (10x10cm)
- contreventement en croix de Saint André
- bois : châtaigner ou chêne, fumés

Structure secondaire

Montants verticaux non porteurs faiblement espacés, de façon à empêcher le passage d'une personne en cas d'endommagement du remplissage (MASCIARI-GENOESE, 1915).

Cloisons et planchers en bois recouverts par des canisses (revêtement léger).

Remplissage

Casa baraccata : aucun

Casa intelaiata : osier, canisses, maçonnerie en briques ou pierres de la même épaisseur que l'ossature avec mortier composé d'un mélange à base de terre, paille, sable

Enveloppe

Casa baraccata :

à l'extérieur : maçonnerie en briques, petites pierres et mortier à la chaux

à l'intérieur : parement en canisses fixé à l'ossature

Casa intelaiata : aucune

Toiture

Charpente en bois reliant les montants de l'ossature

Couverture en tuiles romaines

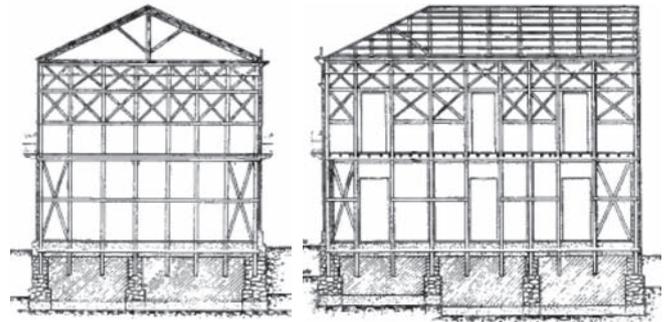
Finitions

- Enduit avec mortier de terre, plâtre ou chaux hydraulique

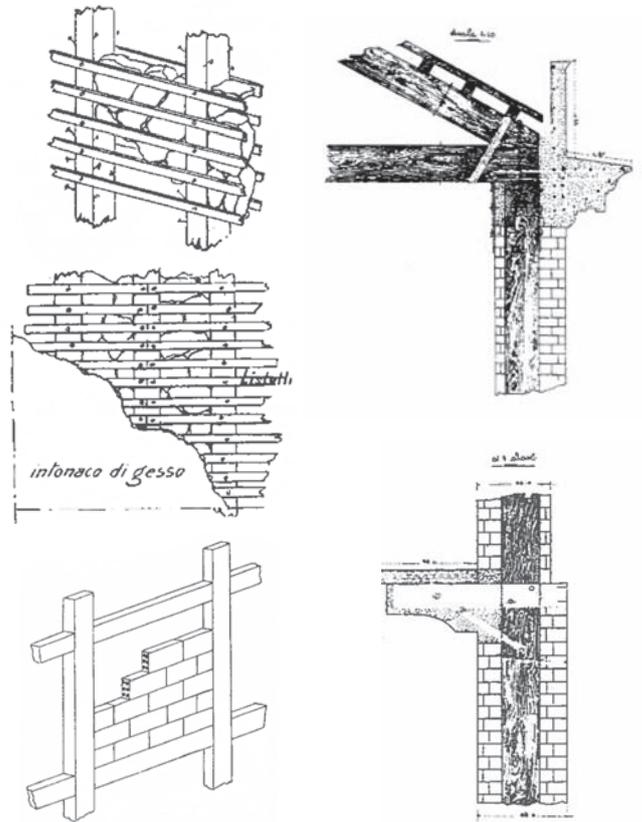
- *Casa intelaiata* : revêtement intérieur en planche de bois

Connexions

Clous, vis et boulons



Projet pour une casa baraccata, Reggio Calabria, 1913: coupes (ACRC, Urb, 10-7-2 dans Barucci 1990)



Types de remplissages : moellons avec enduit en plâtre, briques (dans Masciari-Genoese 1915)

Casa Baraccata, détails (ACRC, Urb, 4, 10-7-2 dans Barucci 1990)

Casa Intelaiata



Casa Baraccata



3. Particularites constructives

Les montants verticaux sont enfoncés directement dans le sol ou liés à un cadre horizontal rigide, posé au niveau du soubassement.

Les bâtiments réalisés avec ces deux systèmes constructifs correspondent à différentes typologies architecturales et présentent une grande variété des détails mis en oeuvre. Outre aux solutions élaborées par les bâtisseurs, divers ingénieurs ont développé des projets et des principes techniques, ayant souvent fait l'objet d'un brevet. Entre les versions les plus connues on retrouve celles projetées par Vivenzio, dont les différences avec le système couramment employé sont présentées ci-dessous.

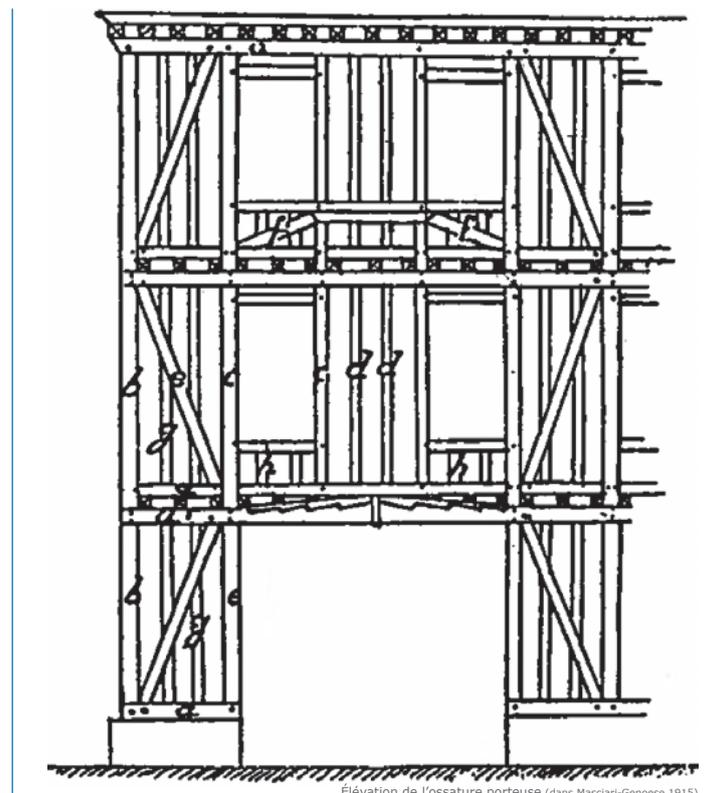
Structure primaire

4 montants dans les angles et de 2 en correspondance de chaque mur transversal et des ouvertures. Ils composent deux cadres, l'un à l'intérieur de l'autre, solidarisés par des éléments transversaux en bois avec des assemblages à queue d'arondes et des chevilles (en bois) et contreventés par des croix de Saint André.

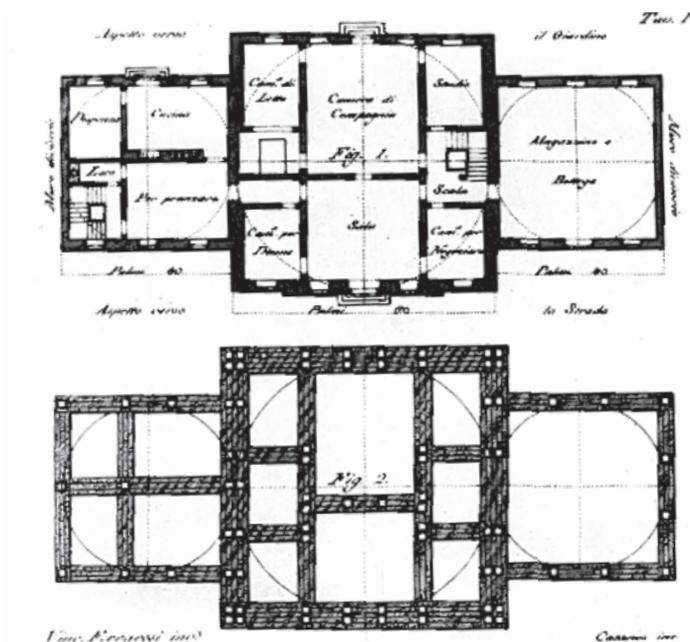
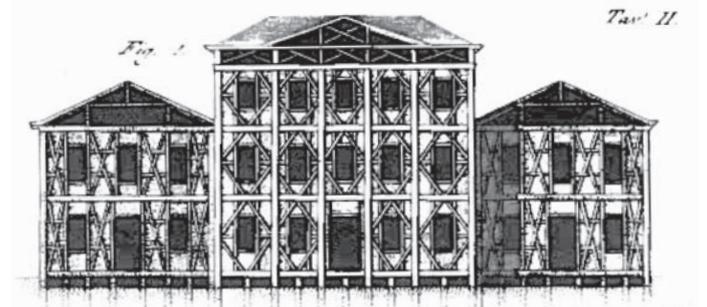
Remplissage:

Briques et/ou pierres de taille maçonnées avec un mortier à la chaux et liées entre elles avec des pinces métalliques ou avec de l'*opus incertum*.

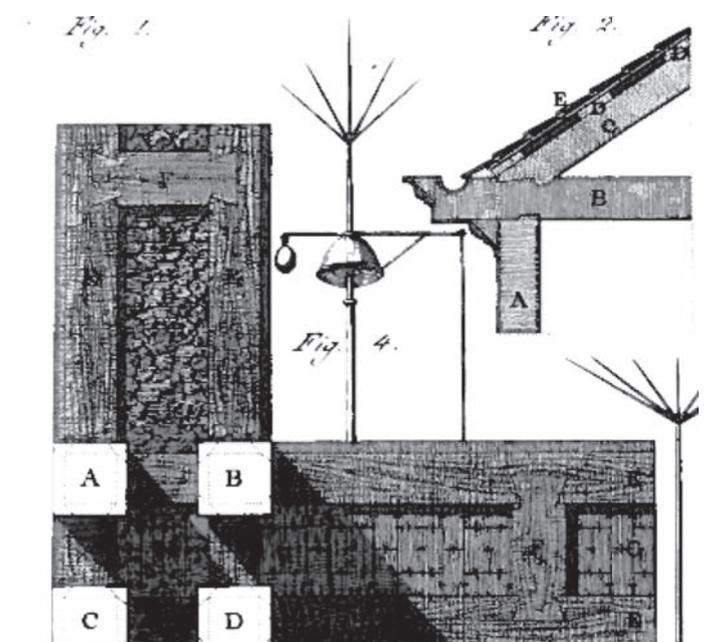
- utilisation de branches et de morceaux de bois pour la répartition interne de l'ossature ;
- entre l'ossature principale et la maçonnerie : des clous seulement partiellement enfoncés permettent l'accrochage du mortier.



Élévation de l'ossature porteuse (dans Masciari-Genoese 1915)



La casa antisismica, version Vivenzio (dans Barucci 1990)



Masciari-Genoese.

4. Principes parasinistres

Dans un ouvrage de 1784, M. Sarcone décrit le comportement d'une construction de type *baraccato* lors du séisme de 1783, en Calabre. Son récit souligne le caractère ductile de l'ossature en bois, qui s'effondra seulement après nombreuses secousses à cause d'une perte d'efficacité des joints. Bien que les assemblages aient cédé sous les multiples sollicitations, en causant l'effondrement de la structure, le bâtiment répondit parfaitement à la fonction d'abri parasismique pour laquelle il était employé, vu qu'avant son effondrement, il donna des nombreux signes de déformation et de rupture imminente. En effet, l'utilisation du bois profite du caractère élastique du matériau, pouvant se fléchir considérablement avant de se briser, et de par sa légèreté intrinsèque, il oppose aux sollicitations sismiques une masse réduite, bénéficiant à la résistance du bâti envers des forces dynamiques (TOBRINER, 1997 ; RUGGIERI, 2005).

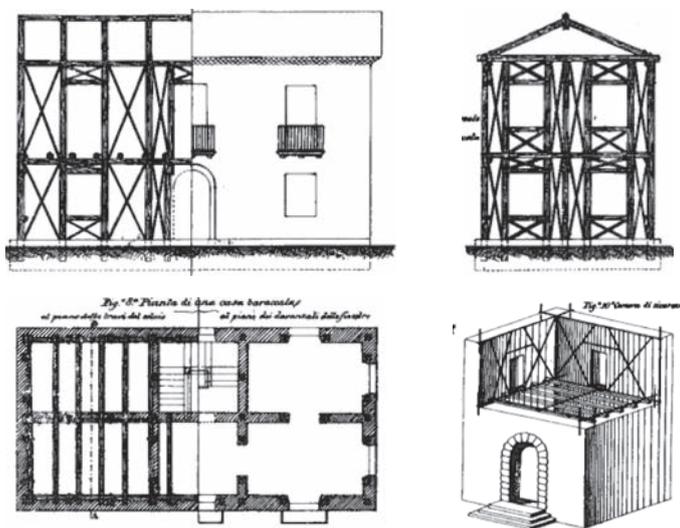
L'ossature connecte intimement toutes les parties de la structure et les différents éléments reliés les uns aux autres composent un système structurel homogène et continu qui, en cas de séisme, assume un comportement unitaire (TOBRINER, 1997) et dont les éléments peuvent osciller à l'unisson comme s'ils étaient une masse unique (Milizia dans RUGGIERI, 2005). La construction *baraccata* et celle *intelaiata* se basent sur un système structurel conçu pour répondre aux sollicitations sismiques et statiques dans les trois directions, dont les assemblages, réalisés avec des encoches, des éléments en bois ou des clous métalliques, assurent une ductilité élevée (RUGGIERI, 2005). En outre, la disposition des murs intérieurs, reliant les murs extérieurs entre eux, contribue à solidariser et relier l'ensemble structurel (TOBRINER, 1997).

L'ossature est stabilisée par différents systèmes de raidissement (BARUCCI, 1990 ; TOBRINER, 1997) :

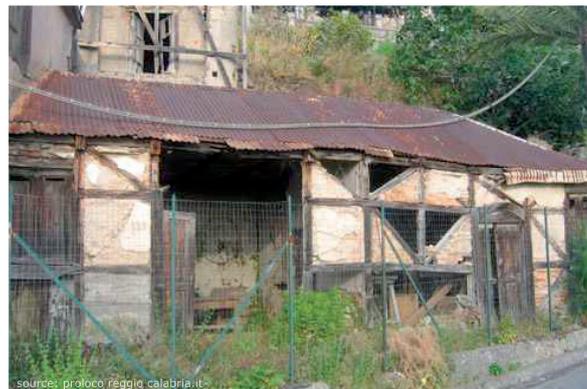
- des connections rigides entre les composants structurels ;
- des éléments diagonaux et de contreventement ;
- un remplissage ou revêtement de la structure de telle nature à admettre une certaine déformation sans comporter un niveau d'endommagement structurel élevé.

Dans la proposition de Vivencio comme dans la réglementation établie par les Bourbons, on constate l'adoption d'une forme symétrique bi-axiale, tant en plan qu'en élévation, permettant une distribution régulière des éléments et des masses ainsi qu'offrant une rigidité au séisme égale dans les deux directions (RUGGIERI, 2005). En outre, les bâtiments sont généralement d'hauteur réduite et proportionnelle à la largeur et/ou longueur, de façon que le centre de gravité reste toujours intérieur à la construction (Milizia, *Principi di architettura civile*, 1781 dans LANER, BARBISAN, 1986).

Dans le système *intelaiato*, on retrouve l'utilisation de matériaux légers pour le remplissage en maçonnerie ainsi que des liaisons entre l'ossature et le remplissage pour en empêcher l'effondrement sous l'effet des secousse sismiques (*Regolamento edilizio per i Comuni dell'isola d'Ischia danneggiati dal terremoto del 28 luglio 1883*).



Consolidation de bâtiments en Calabre contre les dégâts dus aux tremblements de terre (dans Barucci 1990)



source: profico Reggio Calabria.it

San Salvatore, casa intelaiata réalisée avant le séisme de 1908



©Bianco-Esposito-Tuzza 2009

Casa intelaiata



©Bianco-Esposito-Tuzza 2009

Cloison intérieure



©Bianco-Esposito-Tuzza 2009

Détail d'assemblage: structure du plancher - contreventement

5. Critères de vérification

Sources historiques

Vivenzio dans *Istoria e teoria de' tremuoti in generale ed in particolare di quelli della Calabria, e di Messina del MDCCCLXXXIII, 1783* : "In Filogaso l'antico Palazzo del Conte di Nocera [...] che era stato costruito nel passato secolo di legno, e rivestito solamente di fabbrica, si rimase in tutto l'interiore illeso, nel mentre che il resto del Paese fu uguagliato al suolo".

M. Sarconi dans *Istoria de' fenomeni del tremoto avvenuto nelle Calabrie nell'anno 1783* (BARUCCI, 1990, p. 14) : (verso la fine del XVIII secolo) "in Mileto di costa al tempio della Chiesa abbadiale vi era un'ampia e bella casa, formata per servire di ricovero nei terremoti. Questa si mantenne salda e, senza danno, sostenne l'impeto delle orrende scosse del di 5 febbraio [di questa casa]. I muri erano formati con industria tale che l'interno viscere era tutto di legni".

Rapport de la Commission gouvernementale chargée d'étudier et proposer des normes constructives obligatoires pour les Communes touchés par le tremblement de terre du 1908 (BARUCCI, 1990, p. 38) : "Le case baraccate antiche, con ossature in legnami disposte in senso verticale, orizzontale e diagonale, tra di loro collegate e racchiuse entro le murature perimetrali e trasversali, benché presentino lesioni e scompaginamenti delle masse murali, pure sono rimaste in piedi".

Ing. Luigi Pesso, Sul consolidamento delle fabbriche nelle Calabrie contro i danni dei terremoti, dans *L'ingegneria civile e le arti industriali, III, fasc.9, 1876* (BARUCCI, 1990, p. 34) : "L'esperienza ha dimostrato che una solida armatura di legno ben collegata in tutti i sensi, e rivestita poi di muratura accuratamente fatta con bene adatto materiale, risponde alla condizione desiderata di una sufficiente sicurezza in tutti i casi".

À une première version des Normes de construction pour les régions sismiques, datant d'avril 1909, suivi une mise à jour en 1912. À propos du débat concernant la révision de ces normes, dans un numéro de la revue « Il cemento » on critiquait la volonté d'atténuer certaines

règles fondamentales (BARUCCI, 1990, p. 174) : "si tende ad eliminare d'un colpo il concetto fondamentale della casa antisismica, quello cioè dell'intelaiatura di per sé stante, che modestamente ma utilmente realizzavano già certe case baraccate".

Séismes

1638, 27-28 mars, Calabre, trois épisodes : M 6.8 – 6.6 – 6.6

1703, février, Abruzzes, L'Aquila, M 6.7

1783, février-mars, Calabre et Sicile, M 6.6

1908, décembre, Reggio Calabria et Messine, M 7.2

(Source : *Catalogo parametrico dei terremoti italiani 1691-1899*, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)

Normes constructives

1784 Instructions Royales, Royaume des Deux-Siciles

1859 *Regolamento edilizio da osservarsi per le fabbriche nel Comune di Norcia* (Ombrie)

1884 *Regolamento edilizio per i Comuni dell'isola d'Ischia danneggiati dal terremoto del 28 luglio 1883* (Campanie)

1887 Normes (Ligurie)

1906 *Norme per le costruzioni, ricostruzioni e riparazioni degli edifici privati, pubblici e di uso pubblico nella regione calabrese e nei comuni della provincia di Messina danneggiati dal terremoto* (Sicile)

1909 *Norme tecniche ed igieniche obbligatorie per le riparazioni, ricostruzioni e nuove costruzioni degli edifici pubblici e privati nei Comuni colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 o da altri anteriori*.

Validations scientifiques

Tests expérimentaux conduits par le CNR-IVALSA et l'Università di Calabria sur une reproduction d'une paroi du Palazzo Vescovale de Mileto en maçonnerie renforcée par un cadre en bois (type *intelaiato*) ont montré l'élevé degré de ductilité de ce type de structure assurée par le remplissage (Source: CNR: *A costruire case antisismiche ce lo insegnano... i Borboni*, 09.2013).

6. Observations

Bien qu'excellentes dans les documents des ingénieurs, nombreuses constructions avec le système *intelaiato* furent, en réalité, si mal réalisées que pendant le séisme calabrosicilien de 1894 furent en grande partie détruites. Dans le rapport de l'enquête menée suite à ce tremblement de terre, on peut lire: "Les maisons baraccate [de par sa description l'auteur se réfère en réalité au système *intelaiato*, sic!] ne montrèrent pour la plupart pas une bonne capacité ; mais cela dérive essentiellement de défauts de construction et de matériaux trop lourds. Le système requiert que le matériau de remplissage soit de nature à accompagner les mouvements de l'ossature pendant une secousse. Par ce fait, il doit être léger et renfermé à l'intérieur de la structure" (LANER, BARBISAN, 1986, p. 56 ; trad. A. Caimi).

Pareillement, il fut constaté qu'en Ombrie : "même si après le séisme de Norcia en 1859 une première ébauche de réglementation pour la construction parasismique fut éditée [...], chaque nouveau

événement sismique [...] réduit à néant les connaissances et ramène les populations sinistrées en un état de profond sous développement [voire d'ignorance]" (LANER, BARBISAN, 1986, p. 56 ; trad. A. Caimi).

En outre, dans le sud d'Italie, région à haute sismicité "le séisme qui eut lieu à Reggio Calabria et Messine en décembre 1908 [...] causa un énorme nombre de victimes, déterminant ainsi l'insuccès des techniques constructives, bien que localement la mémoire sismique était toujours présente et bien qu'il ne manquait pas une connaissance de règles et préceptes pour atténuer les conséquences désastreuses des séismes. Des lois bien efficaces, comme celles des Bourbons du 1700 ou celles du 1905 [...] introduisaient le concept de construction à ossature en béton armé et affirmaient la validité du système en maçonnerie avec ossature en bois" (BARBISAN, 1997, p. 116 ; trad. A. Caimi).

7. Référence

BARBISAN, Umberto, 1997. « Il terremoto e le tecniche costruttive a Reggio Calabria e Messina nel 1908 ». In : *Costruire in Laterizio*. n° 56, p. 116-121.

BARUCCI, Clementina, 1990. *La casa antisismica: prototipi e brevetti. Materiali per una storia delle tecniche e del cantiere*. Roma : Gangemi Editore.

BIANCO, Alessia, ESPOSITO, Annamaria, TUZZA, Serena, 2009. « Indagini non distruttive come strumento investigativo per la conoscenza delle tecniche costruttive dell'edilizia storica del '900 : il caso-studio di Reggio Calabria ». In : *Journal of non destructive testing* [en ligne].

LANER, Franco, BARBISAN, Umberto, 1986. *I secoli bui del terremoto*. Milano : Franco Angeli Libri. Coll. Ricerche di Tecnologia dell'Architettura.

MASCIARI-GENOESE, F., 1915. *Trattato Di Costruzioni Antisismiche Preceduto Da*

Un Corso Di Sismologia. Milano : Hoepli.

NIGLIO, Olimpia, 2011. « La casa baraccata. Prototipi di architettura antisismica in epoca borbonica ». In : *Bioarchitettura*. n° 69, p. 46-49.

RUGGIERI, Nicola, 2005. « La casa antisismica ». In : *International Conference on the Conservation of Historic Wooden Structures*. Firenze : Collegio degli Ingegneri della Toscana. p. 141-146.

TOBRINER, Stephen, 1997. « La casa baraccata : un sistema antisismico nella Calabria del XVIII secolo ». In : *Costruire in Laterizio*. n° 56, p. 110-115.

VIVENZIO, Giovanni, 1783. *Istoria e teoria de' tremuoti in generale: ed in particolare di quelli della Calabria e di Messina del MDCCCLXXXIII*. Napoli : Stamperia Reale.

GAIOLA POMBALINO

Typologie **Structure contreventée tridimensionnellement avec enveloppe en maçonnerie**

Pays **Portugal**

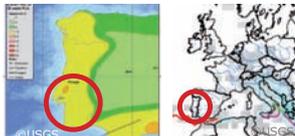


Localisation géographique

ville de Lisbonne
régions de : Ribatejo, Alentejo, Algarve

Sismicité

réurrence : faible
intensité : modérée



1. Contexte

Le système constructif *gaiola pombalino* doit son nom à un événement qui toucha le Portugal vers la moitié du XVIII^e siècle. Le 1er novembre 1755 un tremblement de terre de magnitude 8.7 frappa la partie méridionale du pays. Il fut ressenti dans une vaste région, comprenant la Suisse, la Finlande et la Suède ; le tsunami provoqué arriva jusqu'aux côtes de l'Angleterre, des Pays-Bas et même du Brésil (FERAH, 2009). La ville de Lisbonne fut gravement touchée par le séisme ainsi que par le tsunami et le vaste incendie qui suivirent et qui détruisirent en particulier les districts de Baixa et Chiado.

La réponse d'urgence et le processus de reconstruction furent gérés par le Marquis de Pombal, Premier Ministre du roi, qui délégua à un groupe d'ingénieurs le développement d'une solution structurelle garantissant une résistance sismique ainsi que de dispositifs visant à empêcher la propagation des incendies (CARDOSO, LOPES, BENTO, 2004a). Sur la base du savoir-faire de l'époque et de la connaissance empirique dérivée de l'observation des bâtiments survécus au séisme, un système constructif particulier fut mis au point et rendu obligatoire pour la reconstruction urbaine : celui-ci connu de nos jours avec l'appellation de *gaiola pombalino* (MEIRELES, BENTO, 2010).

La nécessité d'une reconstruction rapide et la peur d'un nouveau séisme, conduirent au renforcement de la réglementation pour les nouvelles constructions, introduisant des dispositions parasismiques ainsi que des prescriptions concernant l'aménagement urbain et l'architecture des façades et des plans des nouveaux bâtiments.

Les districts de Baixa et Chiado furent rasés et reconstruits, en organisant orthogonalement les constructions groupées en blocs réguliers. Les unités constructives (*quarteirão*) se basent sur deux typologies d'îlots, avec disposition du plan et dimensions différentes ainsi qu'une largeur des rues définie par la hauteur des immeubles de manière à éviter un effet « domino ».

La géométrie des immeubles en *gaiola pombalino* est également très régulière, avec une forme rectangulaire et une configuration symétrique. Ils sont réalisés avec, au rez-de-chaussée, un système porteur continu en maçonnerie en pierre et, aux étages supérieurs,

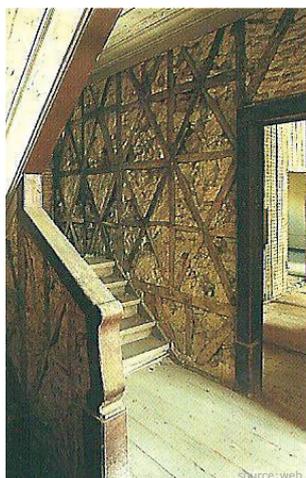
une ossature en bois constituant une sorte de cage tridimensionnelle (d'où le terme *gaiola* signifiant cage), enveloppée vers l'extérieur par une maçonnerie en pierre non porteuse. Ce principe en cage tridimensionnellement contreventée n'était pourtant pas une invention nouvelle. Il était, en réalité, déjà employé avant le séisme et la structure tridimensionnelle en bois est probablement une amélioration des constructions qui lui survécurent (MEIRELES, BENTO, 2010).

Le choix et les spécificités de ce système furent déterminés aussi par d'autres aspects, se référant à une solution astucieuse permettant un certain degré de préfabrication et, par conséquent, adaptée à une reconstruction à grande échelle. En effet, l'expérience civile et militaire portugaise avait appris que la régularité géométrique facilitait la construction en série, accélérant le processus de construction. Une autre disposition de ce genre a été l'organisation des étapes de construction: la *gaiola* et toute la structure en bois étaient les premières parties à être réalisées ; le remplissage en maçonnerie étant mis en œuvre par la suite, au même moment que la construction des murs extérieurs. Cette séquentialité permettait aux différents artisans d'effectuer le travail rapidement, sans se gêner réciproquement (CARDOSO, LOPES, BENTO, 2004a).

L'utilisation du système à *gaiola* fut imposée pour toute nouvelle construction. Bien qu'à l'époque des règles de construction n'étaient pas éditées dans des documents officiels, ces dispositions devaient être strictement appliquées, peine la démolition du bâtiment par ordre du roi.

L'importance du système *gaiola pombalino* réside dans le fait qu'il a été délibérément sélectionné et amélioré pour une construction parasismique à appliquer à une importante zone urbaine (KUSUMASTUTI, PRIBADI, RILDOVA, 2008) ainsi que dans la traduction de ce principe en une procédure systématique employée en réponse à la nécessité d'une reconstruction rapide et à grande échelle (FERAH, 2009).

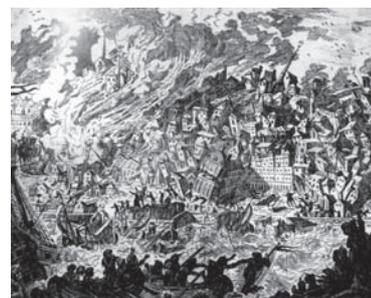
Illustrations



Vue intérieure



Immeuble en rénovation : vues de l'intérieur



Gravure du séisme de 1755, par J.T.Kozak



Détail

2. Principes constructifs

Fondations / soubassement

Semelle filante en maçonnerie s'appuyant sur une grille double et croisée de rondins assez fins en bois, reposant à leur tour sur deux rangées parallèles de pieux en bois

Dimensions des pieux : dia 15-25 cm
longueur < 1.5m

Structure primaire

Trame structurelle : entre 2.88 et 3.70 m

Rez-de-chaussée :

murs et piliers en maçonnerie de pierre reliés par un système d'arcs et de voûtes en berceau ou à croisière en maçonnerie de briques

- mortier en chaux hydraulique
- remplissage des voûtes avec des débris recyclés pour niveler la surface de l'étage
- épaisseurs :
murs porteurs : 90-120 cm se réduisant progressivement vers le haut
murs secondaires : 50-70 cm

Étages : Système *gaiola* : murs porteurs (*frontals*) composés d'une ossature en bois avec des éléments verticaux (*prumos*) et horizontaux (*travessanhos*), contreventée par des éléments diagonaux en croix.

- épaisseur des murs : 18-25 cm
- espèce de bois : chêne, châtaigner et pin

Plancher : planches en bois disposées transversalement et fixées sur des solives en bois

Structure secondaire

Cloisons (*tabiques*) : panneaux non porteurs composés de lattes en bois clouées à des montants verticaux et diagonaux en bois

- épaisseur des murs intérieurs : 10-15 cm

Remplissage

Maçonnerie : briques en terre crue ou cuite, tuiles, moellons et débris
Mortier : chaux hydraulique, sable (dia 0.5-2mm)

Enveloppe

Parement extérieur : murs en maçonnerie de pierres calcaires liées avec un mortier de chaux à faible résistance, reliés transversalement par des murs secondaires au rez-de-chaussée

- épaisseur des murs : diminuant progressivement vers le haut
Rez-de-chaussée : 100-120 cm
Premier étage : 80-100 cm
Dernière étage : 50-80 cm

Toiture

Fermes en bois et couverture de tuiles en céramiques

Finitions

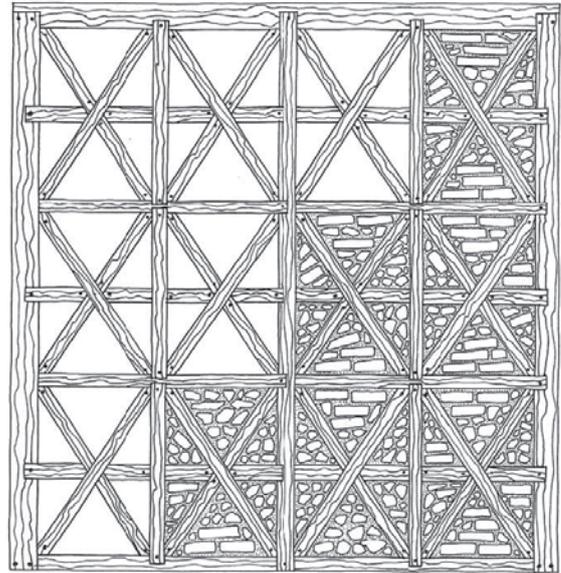
Plafonds : parement en planches superposées (*saia e camisa*) ou avec un enduit sur lattis
Enduit sur lattis : plâtre, chaux

Connexions

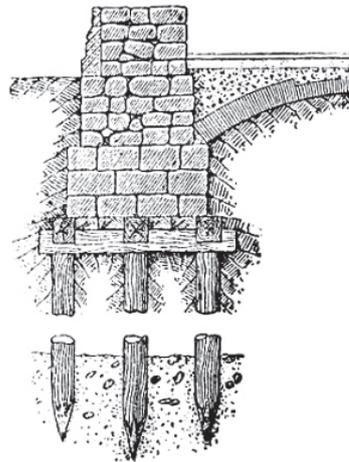
Encoches, clous, bandes métalliques

Connexions :

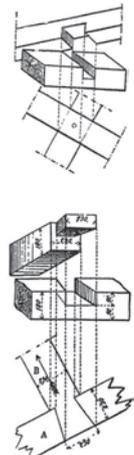
- poutres – solives : renforcée par des bandes métalliques
- *gaiola* - murs extérieurs : parfois par des ancrages métalliques



Structure en *gaiola* ©Paula-Coias 2006



Système de fondations : coupe ©Santos



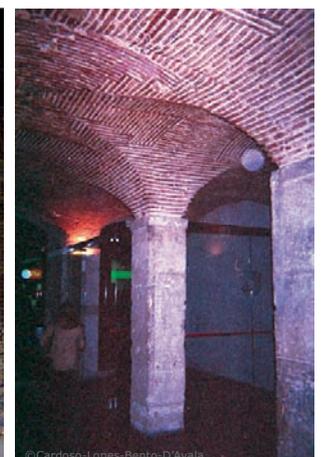
Assemblages : axonométries ©Cardoso



Assemblages : détails ©Ferah



Lattis recouvrant la structure



Rez-de-chaussée, structure en piliers et voûtes

3. Particularités constructives

Fondations :

- système adapté au sol alluvial présent sous le centre ville de Lisbonne ;
- plutôt que transférer les charges vers une couche de sol plus résistant se trouvant assez en profondeur (environ 15m), l'utilisation de pieux vise à résister aux tassements pendant la construction (Cardoso, et. al., 2005 dans FERAH, 2009) ;
- le bois était protégé de la détérioration par l'absence de lumière et d'air ; les pieux se situant au niveau de la nappe phréatique.

Cloisons :

Ce type de parois présente une grande élasticité et une bonne résistance aux sollicitations verticales (CORREIA, 2002).

Dimensions : bâtiments : longueur 8-16m
 largeur 10-12 m
 hauteurs des étages : rez-de-chaussée : 4.5m
 étages : 3.5-4m

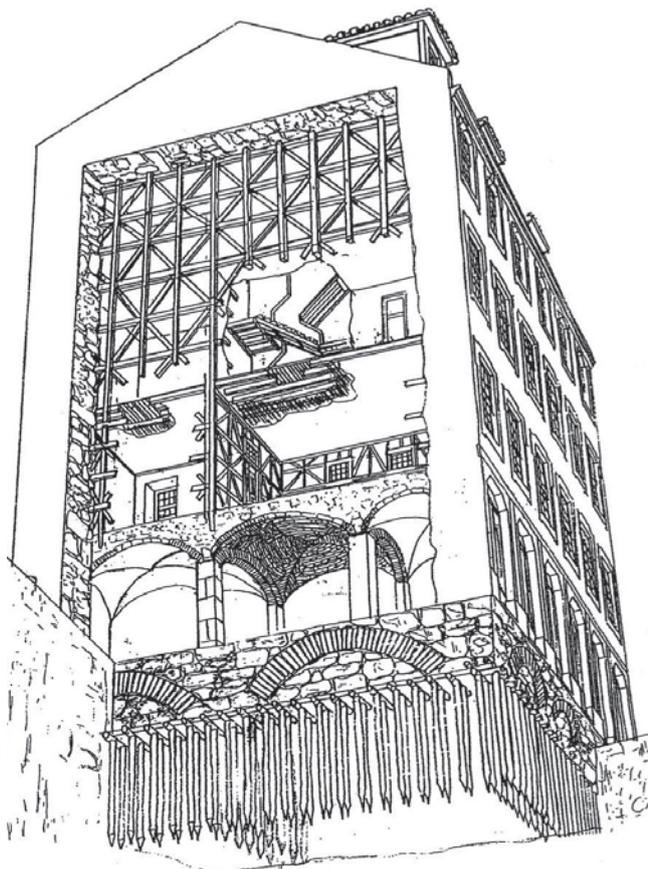
Principes garantissant la sécurité à l'échelle urbaine et du bâti :

Séismes :

- orientation des îlots perpendiculairement au fleuve, correspondant à celle qui parait être la principale direction des mouvements sismiques ;
- symétrie et régularité des îlots et des bâtiments ;
- îlots constituant des blocs à comportement unitaire ;
- imposition de la même hauteur pour des bâtiments contigus ;
- deux accès par pièces fournissant des multiples voies de fuite ;
- cages d'escalier entourées par des murs porteurs du type *gaiola*, assurant une voie de fuite sécurisées.

Incendies :

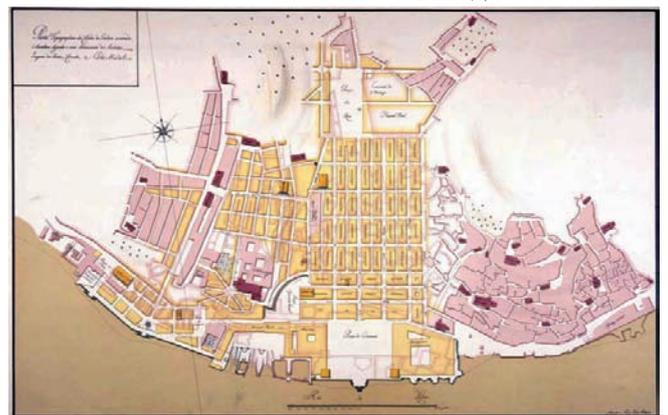
- murs mitoyens en maçonnerie plus hauts que les niveaux des toitures empêchant la propagation des incendies entre bâtiments contigus ;
- réalisation des rez-de-chaussée en maçonnerie, pour empêcher une diffusion aux étages supérieurs d'éventuels incendies dérivant des activités commerciales.



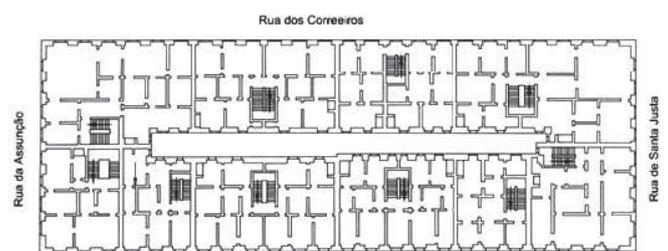
Axonométrie d'un immeuble *gaiola pomalino* ©Mascarenhas



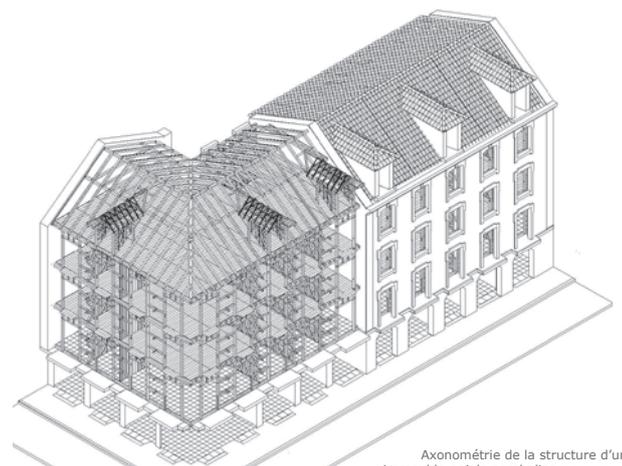
Lisbonne, quartier Baixa: vue aérienne ©Salgado-Lourenço



Plan pour la reconstruction de Lisbonne, par E.dos Santos



Rua da Prata Ilot dans la Baixa (dans Ferah 2009)



Axonométrie de la structure d'un immeuble *gaiola pomalino* ©Paula-Coias

4. Principes parasinistres

La structure à *gaiola* a été conçue de telle sorte que, lors d'un séisme, elle peut rester intacte, même si la maçonnerie est en ruine. Elle constitue un élément structurel de grande force, avec une bonne capacité à supporter des charges verticales et une excellente performance envers les sollicitations horizontales. Cette capacité de résister à l'action sismique est le résultat de la façon d'organiser le système des connexions entre les différents éléments, c'est-à-dire la précision et les détails constructifs (NESDE 2005).

L'inclusion d'une structure du type *gaiola* assure une résistance aux forces horizontales et une capacité de dissipation d'énergie suffisante pour prévenir des dégâts structurels importants. En cas de renversement des murs extérieurs en maçonnerie, le système *gaiola* permet en effet d'éviter l'effondrement entier du bâtiment, en sauvegardant la structure principale et protégeant ses occupants (CARDOSO, LOPES, BENTO, 2004a).

La fissuration entre les joints de la maçonnerie et le décollement de l'enduit recouvrant les éléments en bois de la *gaiola* permettent une certaine dissipation et amortissement de l'énergie sismique (CARDOSO, LOPES, BENTO, 2004a).

Les murs porteurs entourant la cage d'escalier augmentent la stabilité de la structure envers les sollicitations à la torsion (IBID.).

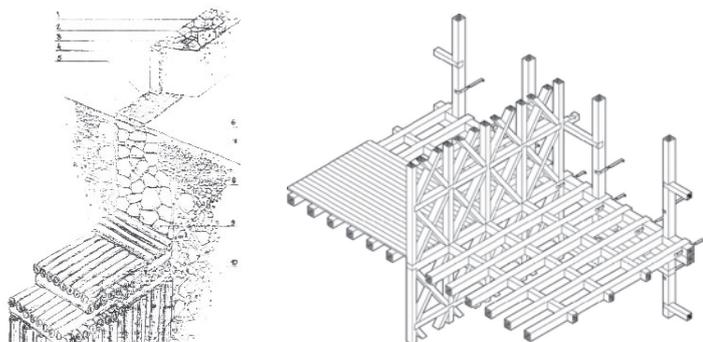
En cas de séisme, les arcs et les voûtes s'adaptent aux déplacements horizontaux (CORREIA, 2002).

Les types de connexion employés fournissent un comportement ductile à l'ensemble structurel ainsi qu'une certaine dissipation d'énergie. Les connexions entre l'ossature en bois et les murs en maçonnerie sont réalisées avec des ancrages métalliques. En cas d'absence de ces éléments, les forces sont transmises uniquement par friction (CARDOSO, LOPES, BENTO, ET AL., 2003). Les connexions entre les murs extérieurs en maçonnerie et la structure en bois préviennent des déplacements horizontaux hors plan excessifs (FERAH, 2009).

Les planchers travaillent comme des diaphragmes flexibles.

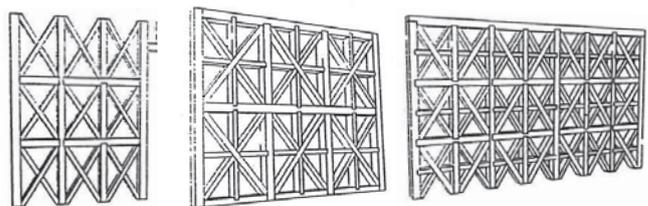


Essais expérimentaux de la capacité sismique (dans Langenbach 2008)



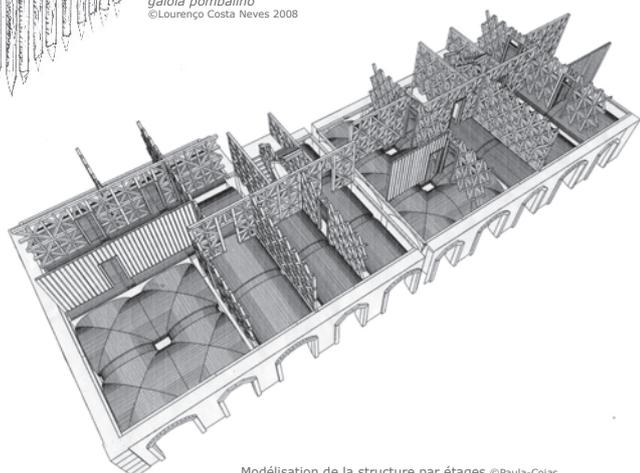
Fondations de bâtiment *gaiola pombalino*
©Lourenço Costa Neves 2008

Structure en bois ©Paula-Coias

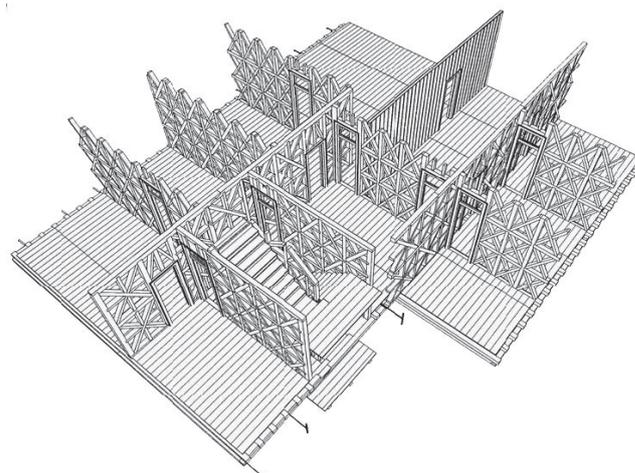


Typologies d'ossature ©Cardoso

©Paula-Coias



Modélisation de la structure par étages ©Paula-Coias



5. Critères de vérification

Sources historiques

Benavente (Ribatejo) : "Palácio do Infantado" (XVII siècle)

Les façades sont composées par deux murs : un extérieur en pierre de taille et un autre, intérieur, avec une structure similaire à celle du système *gaiola pombalino*. Cependant, jusqu'à présent, il n'y a pas de preuves attestant la composition de la structure originale ni des interventions de restructuration suivantes le séisme du 1755. Les données confirment seulement que le palais a survécu au séisme du 1909 (CORREIA, 2002).

Écuries avec une structure du type *gaiola pombalino*, remplissage en briques de terre crue et cuite (datant du XX siècle) avec un mortier à la chaux (IBID.).

Alcácer do Sal et Ermidas (Alentejo)

Dans certaines habitations, des murs en *gaiola pombalino* sont présents se caractérisant par un remplissage en briques de terre cuite avec un mortier de terre et chaux (IBID.).

Séismes

1909, 23 avril, Benavente (Ribatejo), M 6.3

1969, 3 avril, Océan Atlantique, M 7.8

Normes constructives

1755, Reconstruction post-séisme

6. Observations

La *gaiola* se compose par plusieurs éléments reliés de façon à établir une solidarité presque parfaite entre les différents éléments structuraux, similaire aux meilleures solutions actuelles obtenues avec le béton armé (NESDE 2005).

La conception d'un système constructif parasismique à ossature est étroitement liée à l'expérience acquise dans la construction navale, qui inspira les ingénieurs militaires impliqués dans le processus de reconstruction. Une analogie fut établie entre le comportement des bâtiments lors d'un séisme et celui des navires, capables de faire face aux sollicitations dynamiques exercées par la mer. L'excellente performance de ces derniers était essentiellement due à l'utilisation d'une structure tridimensionnelle en bois ainsi qu'à des connexions permettant un comportement de la structure comme un ensemble articulé (Pinho 2000 dans CORREIA, 2002).

Le système constructif employé pour la reconstruction était basé sur des règles établies par une commission d'architectes et d'ingénieurs; il peut être considéré comme une construction d'ingénierie au sens d'*engineered-structure*. Sa mise en œuvre était effectuée par des artisans sous la supervision d'un contremaître. Bien qu'aucun document officiel n'ait été retrouvé, les prescriptions imposées par le Marquis de Pombal étaient pratiquées et transmises entre les charpentiers et les maçons, assumées donc comme un code de bonne pratique (CARDOSO, LOPES, BENTO, ET AL., 2003).

L'utilisation de matériaux très coûteux et de main d'œuvre experte, dans un région caractérisée par la rareté de ressources comme l'Alentejo, pourrait se justifier dans l'intérêt de la population envers le caractère parasismique de cette technique (CORREIA, 2002).

7. Référence

CARDOSO, Rafaela, 2003. *Vulnerabilidade Sísmica de Estruturas Antigas de Avenaria – Aplicação a um Edifício Pombalino*. Thèse de maîtrise en Génie des Structures. Lisbonne : Instituto Superior Técnico.

CARDOSO, Rafaela, LOPES, Mario, BENTO, Rita, et al., 2003. *Historic, braced frame timber buildings with masonry infill ('Pombalino' buildings)* [en ligne]. Housing Report. World Housing Encyclopedia.

CARDOSO, Rafaela, LOPES, Mario, BENTO, Rita, 2004a. « Earthquake resistant structures of Portuguese old "Pombalino" buildings ». In : *13th World Conference on Earthquake Engineering*. Vancouver.

CARDOSO, Rafaela, LOPES, Mario, BENTO, Rita, 2004b. « Seismic assessment of "Pombalino" buildings ». In : *13th World Conference on Earthquake Engineering*. Vancouver.

CORREIA, Mariana, 2002. « Preliminary Report of the local seismic culture in Portugal ». In : *Taversism Project - Atlas of Local Seismic Cultures*. Ravello: Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali. Coll. European Research Project.

FERAH, Füsün Ece, 2009. *1755 Lisbon Earthquake and Protection of Cultural Heritage from Future Earthquakes / With a Comparative Study about Earthquakes and Risk Preparedness in Istanbul*. Thèse de Advanced Masters in Structural Analysis of Monuments and Historical Constructions. University of Minho.

KUSUMASTUTI, Diana, PRIBADI, Krishna Suryanto, RILDOVA, 2008. « Reducing earthquake vulnerability of non-engineered buildings: case study of retrofitting

Validations scientifiques

Tests de laboratoire ont démontré que :

- l'inclusion d'une structure contreventée en bois constitue une disposition efficace envers les sollicitations sismiques, étant donné que (CARDOSO, LOPES, BENTO, 2004a) :
- la présence de la *gaiola* augmente la rigidité globale du bâtiment envers les sollicitations sismiques : la fréquence propre d'un bâtiment avec *gaiola* est en effet majeure que celle obtenue dans un model sans cette structure ;
- la présence de *gaiola* prévient les modes de vibration locale des murs en maçonnerie : les déplacements hors plan des façades et des murs entre des immeubles contigus n'ont pas lieu de façon indépendante du reste de la structure ;
- les déplacements locaux sont réduits du 70% par rapport à un cas sans *gaiola* ;
- la structure en bois améliore la résistance du bâtiment envers des sollicitations horizontales mais également le comportement dynamique du bâtiment ;
- la *gaiola* a une fonction de contreventement global étant donné que les déplacements en hors plan des murs en maçonnerie connectés perpendiculairement à des murs *gaiola* sont réduits.
- l'organisation en blocs unitaires des immeubles du centre ville de Lisbonne améliore le comportement sismique des bâtiments (RAMOS, LOURENÇO, 2003).

À cause d'une période de retour très longue des séismes affectant la région, la conscience envers le risque sismique se dilua dans le temps et la pratique constructive de la *gaiola* fut complètement abandonnée dans les années 1880, laissant place d'abord au *gaiolero* et ensuite au béton armé (FERAH, 2009). Les bâtiments en *gaiolero*, réalisés entre 1870 et 1930, présentent cependant des problèmes structurels très importants en relation aux séismes, déterminés par les suivants aspects (CORREIA, 2002) :

- un manque de connexion entre les éléments structuraux du système
- l'utilisation de bois de mauvaise qualité
- le remplacement du système de connexion entre les éléments en bois par des clous et des joints de basse qualité
- une mauvaise qualité de mise en œuvre de la maçonnerie.

Pareillement, les bâtiments en *gaiola* encore existants sont affectés par de nombreux problèmes :

- des étiérations causant des déformations et une diminution significative de la section des éléments structuraux ;
- des modifications des espaces en liaison avec leur affectation et à une amélioration du confort déterminant un affaiblissement et une perte de cohérence de l'ensemble structurel, tant au niveau d'un seul bâtiment que des îlots.
- l'introduction de nouveaux matériaux avec un comportement mécanique considérablement différent engendrant des changements incontrôlés du système structurel original avec une possible perte de résistance et de capacité à dissiper l'énergie associée aux sollicitations sismiques (PAULA, COIAS, 2006).
- des méthodes intrusives de réhabilitation employant des technologies basées sur une utilisation intensive du ciment, du béton armé et de l'acier.

of school building in Indonesia ». In : *14th World Conference on Earthquake Engineering* [en ligne]. Beijing.

LANGENBACH, Randolph, 2008. « Parades Pombalinas and the "invention" of earthquake-resistant construction ». In : *International Seminar on Seismic Risk and Rehabilitation* [en ligne]. Azores.

LOURENÇO COSTA NEVES, Sílvia Margarida, 2008. *Análise Sísmica de um Edifício da Baixa Pombalina*. Thèse de Master en Ingénierie Civile. Lisbonne : Instituto Superior Técnico, Universidade Tecnica de Lisboa.

MEIRELES, Helena A., BENTO, Rita, 2010. « Cyclic behaviour of Pombalino "frontal" walls ». In : *14th European Conference on Earthquake Engineering*. Ohrid.

NESDE. « Departamento de Estruturas, Nucleo de Engenharia Sísmica e Dinamica de Estruturas (NESDE) Lisbonne ».

PAULA, Raquel, COIAS, Victor, 2006. « Rehabilitation of Lisbon's old "seismic resistant" timber framed buildings using innovative techniques ». In : *International Workshop on Earthquake Engineering on Timber Structures* [en ligne]. Coimbra.

RAMOS, Luis F., LOURENÇO, Paulo B., 2003. « Seismic Analysis of the Old Town Buildings in "Baixa Pombalina" - Lisbon, Portugal ». In : *9th North American Masonry Conference* [en ligne]. Clemson, South Carolina (USA).

LEFKADA

Typologie **Double système porteur en maçonnerie et ossature**

Pays **Grèce**



Localisation géographique

île de Lefkada (Leucade)

Sismicité

récurrence : élevée

intensité : modérée



1. Contexte

Historiquement affectée par des phénomènes sismiques, l'île de Lefkada se caractérise l'utilisation d'un principe structurel particulier, datant d'avant 1800 et employé pour le rez-de-chaussée de bâtiments de deux et trois étages (PORPHYRIOS, 1971). Il consiste en un double système porteur, composé de murs périmétraux en maçonnerie de pierre associés à une ossature en bois.

En temps normal, les étages sont portés par les murs en maçonnerie. Lors d'un séisme, des parties de ces murs peuvent s'écrouler laissant intacte la structure supérieure, supportée temporairement par un système à poteaux-poutres, appelé localement *pontelarisma* (TOULIATOS, 1996). Cette appellation dérive probablement du terme italien «*ponte*» ou «*ponteggio*», signifiant échafaudage. En effet, en cas d'effondrement de la maçonnerie, il offre un support temporaire des étages supérieurs. De plus, il présente par une grande flexibilité d'application post-séisme à des structures existantes, en vue de leur consolidation (KARABABA, 2007).

Ce principe structurel permet non seulement de sauvegarder une partie importante de la structure et de protéger ses habitants, mais également de consentir une réparation rapide sans que ses occupants soient obligés de la quitter pendant la période des travaux (KARAKOSTAS, LEKIDIS, MAKARIOS, ET AL., 2005).

L'élaboration de ce principe constructif fut, très probablement, influencée par les caractéristiques de la sismicité locale et les connaissances techniques des différentes populations qui

colonisèrent l'île. Certaines analogies sont en effet décelables entre les architectures de Lefkada et celles turques (occupation de l'île entre XV-XVI siècle) et vénitienes (système de fondations similaire). Toutefois, la construction employant un double système maçonnerie-ossature est diffuse uniquement sur l'île de Lefkada, ce qui en fait une spécificité constructive de cette région (KARABABA, 2007).

Pendant la colonisation britannique, ce principe structurel fut largement promu spécialement pour la reconstruction suivante le séisme de 1825, qui vit son application systématique dans la réalisation de nombreux bâtiments témoins à caractère public (KARABABA, 2007). En 1827, les autorités britanniques imposèrent par la promulgation d'un code de construction une réglementation fondée sur la mise en œuvre de ce système (VINTZILEOU, TOULIATOS, 2005).

Ce type de construction fut réalisé jusqu'en début des années 1940. Par la suite, l'introduction du béton et sa grande utilisation dans la reconstruction après le séisme de 1948 déterminèrent une graduelle altération des pratiques constructives. Bien qu'il y ait eu une perte de connaissances tant de la part des constructeurs que des maîtres d'ouvrage au regard des spécificités et de la fonction du double système, ce principe constructif était encore largement mis en œuvre après les années 1950 ainsi que, bien qu'en mesure plus limitée, jusqu'en 2005. Le recours systématique à ces pratiques constructives parasismiques a été effectuée principalement dans la ville de Lefkada; toutefois ce système a été employé également dans d'autres parties de l'île, bien qu'en mesure plus limitée (KARABABA, 2007).

Illustrations



Ancienne mairie de la ville de Lefkas réalisée avec le double système porteur



Système porteur à ossature bois

2. Principes constructifs

Fondations / soubassement

Semelle continue, en maçonnerie de pierre et mortier en chaux et pouzzolane avec une sous-fondation composée d'une double ou triple grille de rondins couvrant toute la surface du plan, remplie et recouverte par un mortier composé de sable fin, moellons et poudre de pouzzolane.

Profondeurs : - semelle : en dessus du niveau de l'eau (environ 70cm)
- grille : environs 60 - 100 cm

Structure primaire

Rez-de-chaussée : double système porteur
hauteur d'étage : 2.5 - 3.2m

Murs porteurs en maçonnerie de pierre avec deux parements et remplissage en tout-venant :

- parement extérieur en pierres grossièrement taillées avec des pierres de taille pour les angles, les appuis de fenêtres et les cadres d'ouverture ;
- parement intérieur en moellons disposés irrégulièrement et recouverts par un enduit ;
- remplissage avec un mélange de petites pierres, tuiles cassées et un mortier de sable fin, poudre de pouzzolane et gravier ;
- épaisseur : 50 - 120 cm.

Poteaux-poutres en bois divisant l'espace en deux travées et longeant le périmètre intérieur des murs en maçonnerie :

Les poteaux sont positionnés sur des pierres taillées en tronc de pyramide, distribuant les charges de la superstructure sur une zone plus ample, évitant ainsi l'affaissement du sol de type alluvial ; travée : 2 - 3m

Étages : ossature en bois (*tsatmas*) contreventée par des éléments horizontaux et diagonaux à 45° s'appuyant sur la lisse basse. Les poteaux aux angles sont renforcés par des équerres en bois et dotés de longs chapiteaux (60-80cm).

Ossature connectée aux murs en maçonnerie du rez-de-chaussée par des poutres en bois intégrées à la maçonnerie au sommet des murs.

- poteaux et poutres : bois : cyprès, pin
- section : 12-22cm; distance entre les montants : 1-2m

Équerres : une seule pièce de bois d'olivier (branches ou racines)
- 10x18x100cm de longueur dans chaque direction

Plancher : structure en bois composée de solives (20x20cm) s'appuyant sur les lisses supérieures du rez-de-chaussée à une distance de 40-50cm

Structure secondaire

Cloisons : montants verticaux en bois cloués au plafond et au plancher avec un espacement horizontal de 50cm
- roseaux ou lattis cloués des deux côtés des montants

Remplissage

Tsatmas : briques en terre crue ou pierres poreuses bloquées dans le cadre avec des cales en bois
épaisseur : 10-15cm
mortier : chaux, terre stabilisée, terre

Cloisons : paille

Enveloppe

Toiture

Fermes en bois avec une pente de 25-30° et couverture en tuiles de terre cuites (20x16x45cm) fixées avec du mortier.

Finitions

Murs extérieurs et intérieur : enduit en mortier de sable et chaux avec finition en badigeon de chaux

Revêtement extérieur : planches en bois ou, plus récemment, panneaux en tôle

Sols : dallage en pierres ou en terre damée stabilisée à la chaux (épaisseur 6-8cm)

Connexions

Assemblages par tenon et mortaise et en queue d'aronde

Cadres des ouvertures et maçonnerie : clous et tiges métalliques

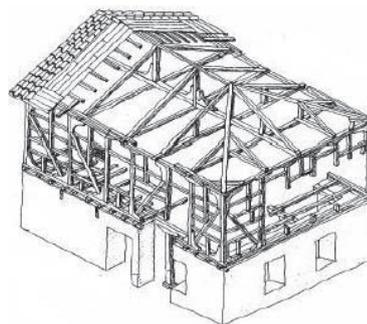
Solives et poutres périmétrales : tenons et mortaise et/ou clous

Poteaux (*tsatmas*) et équerres / équerres - lisses (basse et haute) : assemblages en queue d'aronde + clous carrés (longueur 15cm)

Poteaux et chapiteaux : tenon et mortaise

Poteaux et lisses (basses et hautes) : tenon et mortaise

Entretoise et *tsatmas* : encastrement



Axonométrie du principe structurelle: massivité au rez-de-chaussée, légèreté à l'étage ©Vintzileou-Touliatos



Ossature en bois à l'étage



Ossature en bois à l'étage



Équerres de raidissement de l'ossature en bois

3. Particularités constructives

Matériaux (PORPHYRIOS, 1971 ; VINTZILEOU, TOULIATOS, 2005 ; KARABABA, 2007):

- les pierres proviennent des zones montagneuses de l'île et elles sont de composition sédimentaire ou calcaire. Parfois, un type particulier de grès extrait des gisements sous-marins était utilisé. Les blocs obtenus présentent une propriété naturelle permettant une grande adhérence entre pierres similaires assurant la stabilité sans l'utilisation d'un mortier ;
- la pouzzolane a été employée dans les bâtiments construits jusqu'à la fin du 19ème siècle. Par la suite elle a été substituée avec un mortier à base de chaux stabilisé avec de la paille ou, pour des constructions plus économiques, un mortier de terre ;
- tous les éléments en bois étaient d'abord immergés dans la boue pendant 7 semaines pour en améliorer la durabilité. Ensuite ils étaient traités à la créosote pour les protéger des insectes et de l'humidité. Pour les mêmes raisons, les sections des poutres sont recouvertes par des feuilles de plomb.

Fondations (PORPHYRIOS, 1971 ; DEMOSTHENOUS, MAKARIOS, 2006):

- la grille composée de rondins disposés horizontalement permet d'éviter des tassements différentiels du sol dus à une nappe phréatique superficielle et à la nature du sol alluvial ;
- l'utilisation d'un mortier composé d'un mélange de chaux et pouzzolane augmente la résistance des fondations et empêche les remontées d'humidité.

Poteaux (PORPHYRIOS, 1971 ; KARABABA, 2007):

- les longs chapiteaux augmentent la rigidité de la poutre sablière, en évitant son affaissement et permettant une répartition des charges sur une plus grande surface ;
- au rez-de-chaussée, ils sont posés sur une socle en pierre pour éviter le contact direct avec le sol et pour protéger le bois des remontées d'humidité et des insectes ; les poteaux sont dans certains cas ancrés au sol ;
- les équerrres ont la fonction de rigidifier les joints entre les éléments verticaux et horizontaux, elles participent à maintenir l'intégrité géométrique de la structure en évitant le renversement aux angles.

Toiture :

- la structure n'est pas clouée aux poteaux, ni les entrails aux lisses hautes ; ces derniers sont fixés à la sablière au moyen d'une entaille.
- la différente orientation des fermes apporte rigidité à la structure.

Finitions : sur le *tsatmas*, l'enduit extérieur est souvent présent uniquement en correspondance du remplissage pour faciliter une ventilation des éléments en bois.

Pour un bâtiment à usage d'habitation de 2-3 étages, les dimensions les plus répandues sont de 4-5m par 7-15m avec une hauteur d'étage de 2.8-3m (DEMOSTHENOUS, MAKARIOS, 2006).

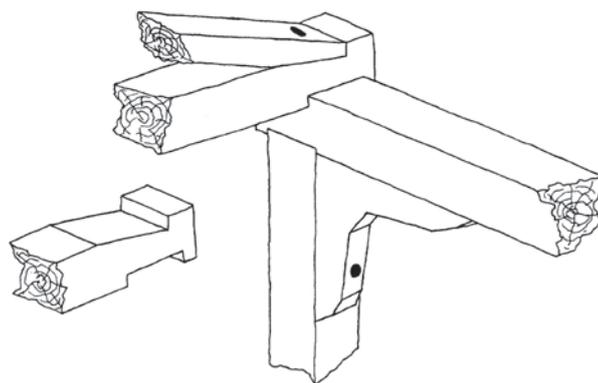
Distribution des charges :

le rez-de-chaussée présente une masse de 5-6 fois supérieure à celle des étages supérieurs, ce qui permet un abaissement du centre de gravité du bâtiment. Les charges des étages supérieurs sont distribuées de façon uniforme sur les murs extérieurs en maçonnerie, elles ne sont donc pas concentrées dans le centre géométrique du plan. Les cloisons ont un poids négligeable et n'ont aucun rôle structurel (KARAKOSTAS, LEKIDIS, MAKARIOS, ET AL., 2005).

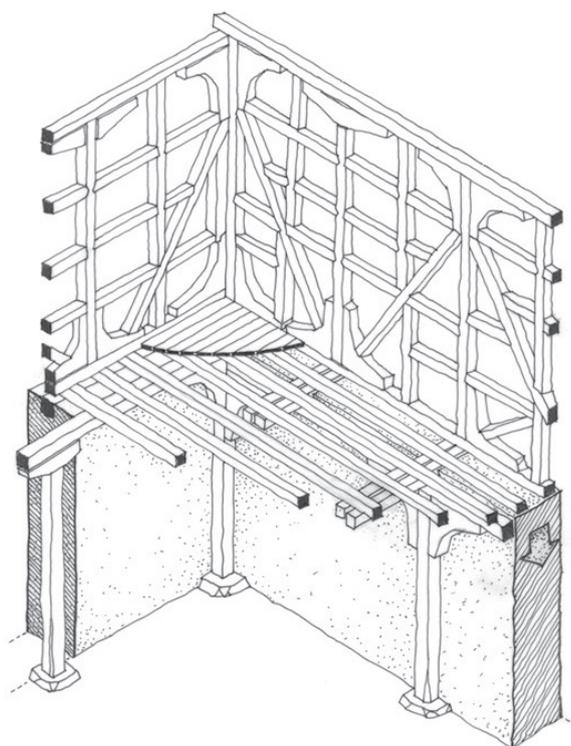
Rôle porteur variable à selon de la séquence de construction :

si l'ossature en bois (y compris les éléments au rez-de-chaussée) est érigée en premier, la maçonnerie de pierre est essentiellement employée pour clôturer l'espace, portant seulement une petite portion des charges propres de la structure. Dans ce cas, la construction du mur en maçonnerie est moins méticuleuse et son rôle est seulement secondaire.

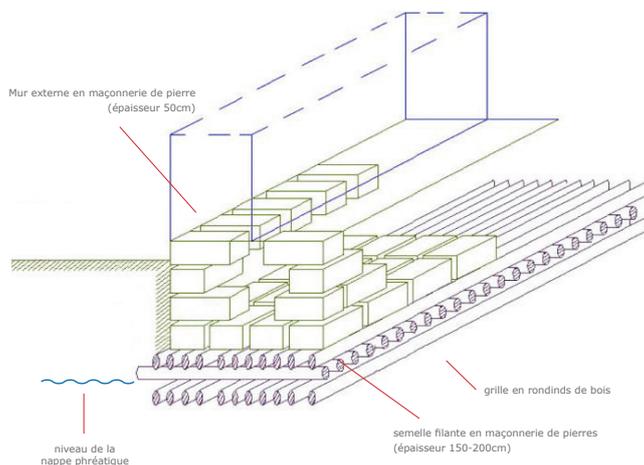
Cependant dans la plupart des cas, le mur en maçonnerie de pierres est érigé en premier, constituant la structure porteuse principale et supportant les solives des étages supérieurs. L'ossature en bois est réalisée par la suite, à l'intérieur, et porte seulement une portion réduite des charges propres. En cas de défaillance ou d'effondrement de la maçonnerie, elle est capable de porter des charges additionnelles, seulement temporairement, jusqu'à la réparation des dégâts. Dans ce cas, le principal élément de raidissement est la maçonnerie du niveau inférieur ; le système secondaire ne participe pas à la réponse sismique du bâtiment, mais il peut porter les charges verticales, même en cas de enlèvement complet de la maçonnerie en pierre (KARABABA, 2007).



Détail connexion entre entrails et lisses hautes ©Porphyrios



Axonométrie du double système porteur ©Vintzileou-Touliatos



Système de fondation avec semelle filante et grilles en rondins (adapté de Makarios & Demosthenous, 2006)

4. Principes parasinistres

Le système de sous-fondations avec la grille en bois ressemble à un ancien système d'isolation sismique, mais son comportement effectif reste encore à étudier (DEMOSTHENOUS, MAKARIOS, 2006).

En cas de séisme, le mélange utilisé pour le remplissage et le recouvrement de la grille des sous-fondations permet à l'ensemble de la construction de se déplacer comme une seule entité, en évitant des éventuels tassements différentiels (KARABABA, 2007).

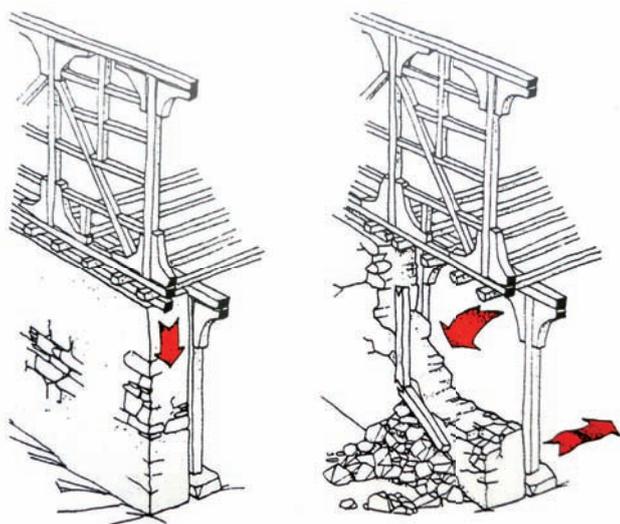
L'utilisation d'une ossature en bois permet, d'une part, d'assurer un comportement flexible à la structure des étages (TOULIATOS, 1996) en lui garantissant un poids réduit (DEMOSTHENOUS, MAKARIOS, 2006) et, d'autre part de disposer au rez-de-chaussée d'un système secondaire, capable de porter les charges verticales après des importants dégâts de la maçonnerie (KARAKOSTAS, LEKIDIS, MAKARIOS, ET AL., 2005).

Au rez-de-chaussée, en cas d'affaiblissement des murs en maçonnerie à cause des sollicitations sismiques (p.e. fissuration étendue et/ou effondrement partiel), l'ossature en bois s'active pour porter les charges des étages supérieurs (KARAKOSTAS, LEKIDIS, MAKARIOS, ET AL., 2005). Après un séisme, la maçonnerie peut être reconstruite ou réparée, sans affecter la stabilité du bâtiment, qui sera à nouveau en mesure de faire face à l'impact d'un nouveau séisme (VINTZILEOU, TOULIATOS, 2005).

Les assemblages par tenon et mortaise ainsi que l'utilisation de cales en bois assurent la création des joints ductiles, capables de dissiper l'énergie par des petites déformations, prévenant un déplacement excessif ou une rupture des composants structurels (KARABABA, 2007).

L'ossature se caractérise par une grande rigidité dans le plan, grâce à la disposition rapprochée des éléments horizontaux, diagonaux et verticaux ainsi que par leurs connexions. Les étages supérieurs se comportent comme une boîte rigide, limitant les mouvements entre les différents niveaux et prévenant ainsi des dommages importants (VINTZILEOU, TOULIATOS, 2005).

L'indépendance des murs en pierre du système secondaire poteaux-poutres permet d'éviter la transmission des déformations et des possibles écroulements de la maçonnerie à la structure en bois (TOULIATOS, 1996). Un vide de 5-10cm est généralement laissé entre ces deux structures, ce qui permet des mouvements et des déformations indépendants des deux systèmes, en évitant ainsi le martèlement pendant un séisme (KARABABA, 2007). Plus particulièrement, la disposition de l'ossature sur le côté intérieur du mur favorise, en cas d'effondrement, un écroulement vers l'extérieur; ce qui permet de protéger les occupants et la structure porteuse des étages supérieurs (PORPHYRIOS, 1971).



Rôle du système porteur secondaire en cas de séisme ©Vintzileou-Touliatos



©Makarios-Demostenous

Effets du séisme du 14 août 2003 : détachement de l'enduit à l'étage supérieur



©Makarios-Demostenous

Effets du séisme du 14 août 2003 : effondrement du remplissage en maçonnerie en hors plan



Effets du séisme du 14 août 2003 : détachement de l'enduit et fissuration de la maçonnerie au rez-de-chaussée



©Makarios-Demostenous

Effets du séisme du 14 août 2003 : écroulement du remplissage en maçonnerie aux angles des cadres en bois

5. Critères de vérification

Sources historiques

- 1613 : écrits du prêtre Nicolaos Zampelios au regard du bon comportement des constructions employant une ossature bois pendant le séisme du 12 octobre (M 6.4) ;
- 1806 : témoignage du voyageur britannique Leake attestant l'utilisation du système porteur double et son application expressément en relation aux séismes ;
- 1914 : première reconnaissance par la communauté scientifique des caractéristiques parasismiques des pratiques constructives locales.

Séismes

1825, 19 janvier	M 6.5
1938, 13 mars	M 5.8
1948, 22 avril	M 6.5
1953, 12 août	M 7.1
2003, 14 août	M 6.2

Normes constructives

- 1827, Code de Construction établi par les colons britanniques pour la reconstruction post-séisme.

Validations scientifiques

- Tests de laboratoire ont démontré une vulnérabilité du système remarquablement réduite vis-à-vis des sollicitations sismiques, grâce aux particularités suivantes :
- une « réserve » de résistance déterminée par le surdimensionnement des éléments en bois (VINTZILEOU, ZAGKOTSIS, REPAPIS, ET AL., 2007) ;
 - le rôle du remplissage qui, grâce au mouvement entre les briques ainsi qu'au frottement à l'interface du bois et de la maçonnerie, constitue un important dispositif de dissipation d'énergie (IBID.). En outre, la subdivision en panneaux de taille réduite assure un comportement satisfaisant dans le plan et hors plan, ce qui limite l'étendue d'une éventuelle fissuration ou l'effondrement de la maçonnerie (VINTZILEOU, TOULIATOS, 2005) ;
 - l'action diaphragmatique des planchers et du toit, qui permet une réduction des déplacements horizontaux du bâtiment dans son ensemble (IBID.) ;
 - un comportement des étages similaire à celui d'une boîte rigide, grâce à la rigidité de l'ossature assurée par les connexions ainsi que par les planchers et le toit, ce qui permet à la maçonnerie d'être soumise à des déformations dans le plan et hors plan plus réduites pendant un séisme (VINTZILEOU, ZAGKOTSIS, REPAPIS, ET AL., 2007) ;
 - un comportement quasi-élastique du bâtiment (KARAKOSTAS, LEKIDIS, MAKARIOS, ET AL., 2005).

6. Observations

Les changements d'affectation des bâtiments, spécialement la transformation des rez-de-chaussée en espaces commerciaux, a conduit à la démolition des murs en maçonnerie qui ont été remplacés par des façades vitrées déterminant une réduction critique de la rigidité structurelle (KARABABA, 2008).

Entre 1444 et 2003, 25 séismes de magnitude majeure ou égale à 6.0 se sont produits avec une récurrence d'environ 22 ans. Des séismes de magnitude majeure à 5.0 ont eu historiquement lieu avec une récurrence de maximum 10 ans. Ces particularités de la sismicité locale, avec une intensité assez importante pour causer des dégâts mais pas suffisante pour causer une dévastation complète (destruction partielle ou modérée), ont permis la constitution d'une mémoire relative à ces phénomènes, vivante et continuellement alimentée par des nouveaux événements (IBID.).

Les dégâts observés après le séisme du 2003 ont été les suivants :

- fissuration diagonale dans la maçonnerie en pierre des étages inférieurs, généralement dans les pans de mur situés entre les ouvertures (KARABABA, 2007) ;
- déplacement horizontal excessif de l'ensemble du bâtiment, dans des constructions qui présentaient une démolition partielle de la maçonnerie en pierre (VINTZILEOU, ZAGKOTSIS, REPAPIS, ET AL., 2007) ;
- déplacement horizontal permanent des poteaux du rez-de-chaussée, à cause d'une dégradation du bois des poutres servant de support aux étages supérieurs (IBID.).

7. Référence

DEMOSTHENOUS, Milton, MAKARIOS, Triantafyllos, 2006. « Seismic response of traditional buildings of Lefkas Island, Greece ». In : *Engineering Structures*. Vol. 28, n° 2, p. 264-278..

KARABABA, Faye S., 2007. *Local Seismic Construction Practices as a Means to Vulnerability Reduction and Sustainable Development. A case study in Lefkada Island, Greece*. Thèse de doctorat. Cambridge : University of Cambridge.

KARABABA, Faye S., 2008. « Local seismic construction practices as a means to vulnerability reduction and sustainable development ». In : *14th World Conference on Earthquake Engineering* [en ligne]. Beijing.

KARAKOSTAS, Christos, LEKIDIS, Vassilios, MAKARIOS, Triantafyllos, et al., 2005. « Seismic response of structures and infrastructure facilities during the Lefkada, Greece earthquake of 14/8/2003 ». In : *Engineering Structures*. Vol. 27, n° 2, p. 213-227.

PORPHYRIOS, Demetrius Thomas Georgia, 1971. « Traditional Earthquake-Resistant Construction on a Greek Island ». In : *Journal of the Society of Architectural Historians*. Vol. 30, n° 1, p. 31-39.

TOULIATOS, Panos, 1996. « Prevencion de desastres sismicos en la historia de las estructuras en Grecia ». In : *Desastres: Modelo para armar. Coleccion de piezas de un rompecabezas social*. Lima : Red de Estudios Sociales en Prevencion de Desastres en América Latina (La Red).

VINTZILEOU, Elisavet, TOULIATOS, Panos, 2005. « Seismic behaviour of the historical structural system of the island of Lefkada, Greece ». In : *STREMAH 2005, Ninth International Conference on Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture*. Malta : WIT Transaction on the Built Environment.

VINTZILEOU, Elisavet, ZAGKOTSIS, A., REPAPIS, C., et al., 2007. « Seismic behaviour of the historical structural system of the island of Lefkada, Greece ». In : *Construction and Building Materials*. Vol. 21, n° 1, p. 225-236.

NURISTAN

Typologie **Empilement de poutres horizontales agrafées avec remplissage en maçonnerie**

Pays **Afghanistan**

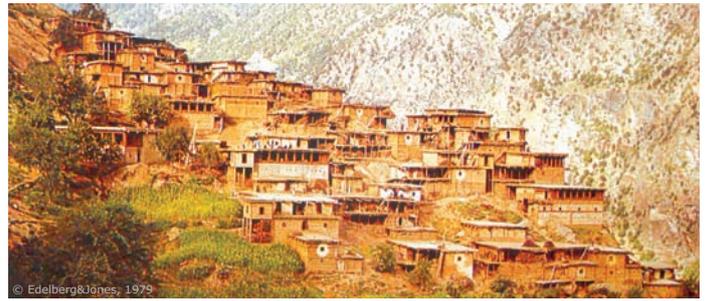
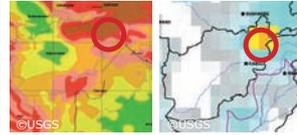


Localisation géographique

région de l'Hindu Kush et vallées de Parun, Waigal, Bashgal, Titin

Sismicité

réurrence : modérée
intensité : élevée



1. Contexte

Situés parfois à des altitudes supérieures à 3000m, les villages des vallées du Nuristan, dans le nord-est de l'Afghanistan, se caractérisent par des constructions accolées les unes aux autres, souvent quasiment superposées, pour faire face aux contraintes dictées par le climat très rigide et le site d'implantation. Pour préserver les terres cultivables dans les fonds des vallées, les habitations sont généralement bâties sur les flancs très abrupts des montagnes et leurs toits constituent souvent les seuls espaces extérieurs plats.

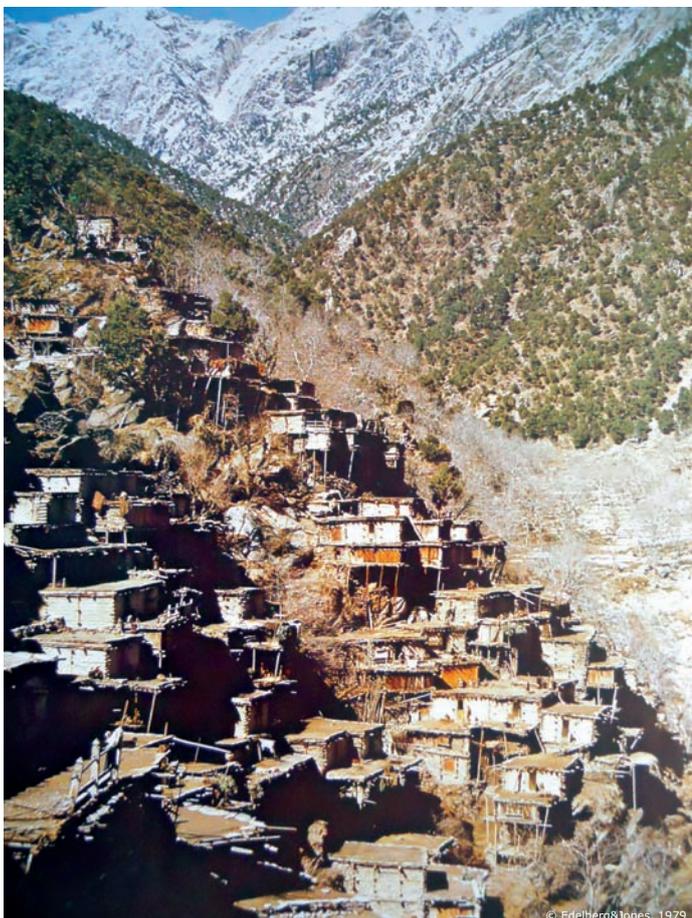
Les habitats s'articulent sur deux ou trois niveaux basés sur un plan compact, carré ou rectangulaire, avec une hauteur des étages d'environ 2-2.5m. Souvent plusieurs corps d'habitation sont adossés ou superposés, construits simultanément ou successivement, en allant à constituer un seul grand bâtiment accueillant différents ménages appartenant à la même famille.

La construction se base sur l'utilisation d'une structure composée de poutres horizontales en bois alternées à des rangées de maçonnerie en pierre, stabilisée des deux côtés du mur par des éléments

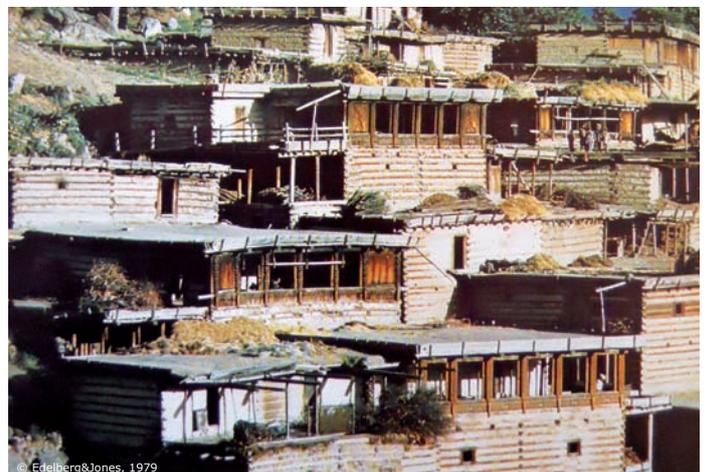
stabilisateurs à clé verticale fixés avec des agrafes. Il s'agit d'une structure mixte, qui profite des capacités de résistance à la traction du bois et de celles de résistance à la compression de la maçonnerie en pierre.

Ce système constructif est appliqué également pour la réalisation d'autres types d'ouvrages : bâtiments religieux, structures à caractère défensif, ponts, murs de soutènement et système de stabilisation des berges des rivières pour empêcher l'érosion lors de crues et inondations, ainsi que pour la création de routes le long des falaises. Presque chaque village possède des tours de surveillance pouvant atteindre 4-5 étages d'hauteur. Elles se caractérisent par un corps principal en maçonnerie de pierre avec un chaînage en bois ou des poutres en bois insérées horizontalement, auquel sont superposés un ou plusieurs étages, légèrement en saillie, construits avec le système plus léger des poutres horizontales agrafées. Ce même principe est parfois utilisé pour les étages inférieurs des habitations, en particulier quand celles-ci se situent dans la partie inférieure du village.

Illustrations



Implantation des habitats



Densité des habitats



Habitat individuel : superposition des espaces et des fonctions

2. Principes constructifs

Fondations / soubassement

Terrassement d'une zone minimale.

Si la construction est posée directement sur la couche rocheuse existante, aucune fondation est réalisée ; en cas contraire, elle constitue une assise solide formée de murs en maçonnerie de pierre, dont le vide est rempli avec un mélange de terre et de pierres concassées.

Structure primaire

Étage inférieur :

- maçonnerie de pierres avec ou sans chaînage en bois
- pierres plates maçonnées avec un mortier terre
- souvent les murs des fondations s'élèvent jusqu'à créer un socle d'un ou plusieurs étages

Étages supérieurs :

- superposition de poutres horizontales en bois, stabilisées sur chaque côté du mur par des clés en bois, constituées par des éléments verticaux insérés dans des agrafes
- poutres : espacement vertical : environ 25 cm
chevauchement aux angles
- agrafes : 3 ou plus sur la hauteur d'un étage
elles sont insérées horizontalement dans le mur et à leurs extrémités, dotées de trous et en saillie par rapport au profil du mur, sont glissés des clés en bois
- clés : éléments en bois positionnés verticalement le long du mur et parfois aux angles
espacement horizontal : environ 1.5m

- bois : cèdre

- épaisseurs des murs :

maçonnerie (à tous les étages) : 13-20cm
total (y compris clés et agrafes) : 30-35 cm

- Planchers : structure en bois reposant sur les murs extérieurs et soutenue par 4 ou 8 poteaux intérieurs, parfois continus sur la hauteur de plusieurs étages

Structure secondaire

Véranda : poteaux en bois posés dans une encoche entaillée dans une poutre et soutenant une poutre encastrée dans une entaille

Remplissage

Maçonnerie en pierres plates avec mortier terre

Enveloppe

Toiture

Structure : poutres en bois reposant sur les murs extérieurs et sur les poteaux intérieurs

Solives en bois recouvertes avec des planches en bois

Couverture : en couches superposées, dans l'ordre vers l'extérieur: gravillons, copeaux de bois ou feuilles de chêne séchées, pierre de schiste pulvérisée, terre damée (30-40cm)

Avant-toit : planches en bois ou poutres en saillie disposées horizontalement sur les solives du toit

- protection des bords de toiture : superposition de pierres plates, rondins en bois ou planches fixées par des agrafes et des clés en bois
- gargouilles en bois pour l'évacuation de l'eau

Finitions

Enduits :

à l'intérieur : mortier de terre

à l'extérieur : aucun ou parfois uniquement pour la pièce de vie avec un mortier ou un badigeon de terre

Fenêtres : petites ouvertures intégrées entre les poutres horizontales avec battant ou élément coulissant

- dimensions déterminées par l'espacement des madriers

Connexions

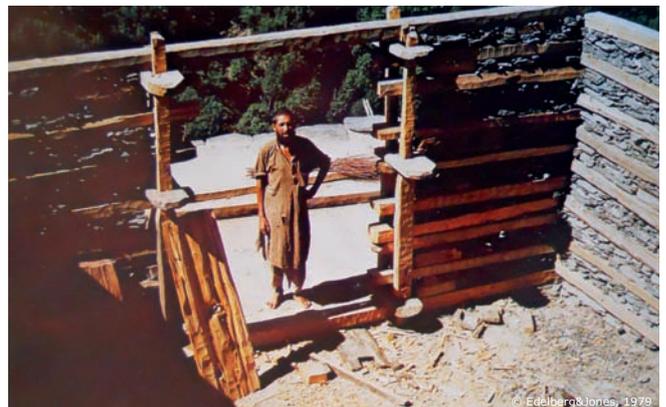
Assemblages à mi-bois et par tenon et mortaise



© Edelberg, 1984
Préparation de l'assise du bâtiment



© Edelberg, 1984
Structure en poutres horizontales agrafées



© Edelberg-Jones, 1979
Structure en poutres remplie avec de la maçonnerie en pierre



Application d'un badigeon de terre

3. Particularites constructives

Une fois l'assise du bâtiment terminée, la structure en poutres superposées est mise en place en premier. Les madriers sont disposés horizontalement, entrecroisés aux angles et en correspondance de l'intersection de murs perpendiculaires. L'espacement entre les éléments horizontaux est obtenu en insérant temporairement des pierres pendant la construction.

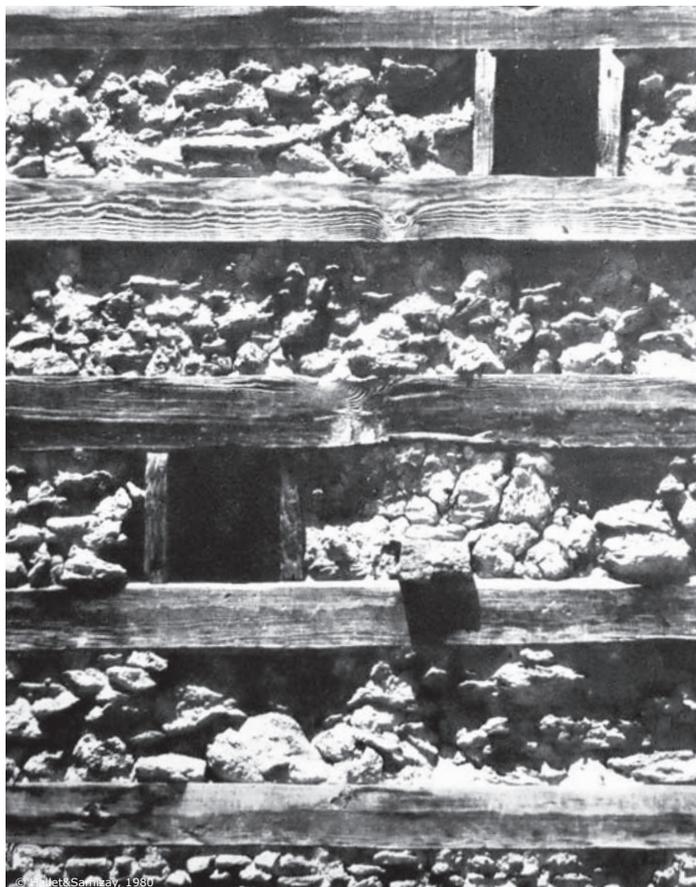
Le remplissage en maçonnerie est mis en place une fois la structure verticale en bois terminée. Les pierres situées aux angles et soutenant les poutres sont souvent de taille plus importantes que celles utilisées pour le remplissage. Ce principe permet une certaine rapidité d'exécution (1 pièce d'environ 20 m² en 18 jours).

Les poteaux intérieurs soutenant la dalle de toiture sont en une seule pièce traversant deux étages et allant à s'ancrer dans la couche rocheuse sur laquelle la construction est posée.

La toiture doit répondre aux contraintes climatiques d'habitats situés à des altitudes très élevées, comprenant un fort ensoleillement pendant la journée et des périodes d'enneigement. La grande épaisseur de la couverture en terre permet une isolation et régulation thermique entre intérieur et extérieur, limitant les surchauffes.

Après chaque pluie, le passage régulier des personnes sur les toits favoriser un récompactage de la terre et un remplissage des fissures. Pendant l'hiver, la neige est rapidement enlevée pour éviter les infiltrations.

La proportion de bois employé est déterminée par sa disponibilité locale ; ce qui détermine plusieurs variantes allant de constructions réalisées presque exclusivement avec des poutres superposées jusqu'à des constructions construites principalement en maçonnerie en pierre avec des poutres en bois intégrées aux murs avec des espacements variables. Souvent, ces différents systèmes sont employés dans le même bâtiment : la maçonnerie en pierre avec chaînages en bois pour les étages inférieurs et la structure en poutres superposées pour les pièces de vie. Parfois, les poutres horizontales ne sont pas espacées, donnant lieu à une construction de type en rondins empilés.



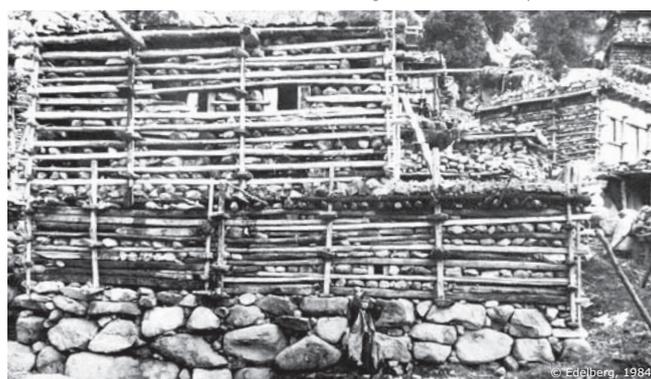
© Lett-Sammay, 1980
Ouvertures entre les poutres horizontales



© Edelberg&Jones, 1979
Stabilisation temporaire des poutres part l'insertion de grosses pierres



© Edelberg, 1984
Structure de toiture : superposition de couches de couverture, solives en saillie
Murs : agrafes et croisement des poutres structurelles



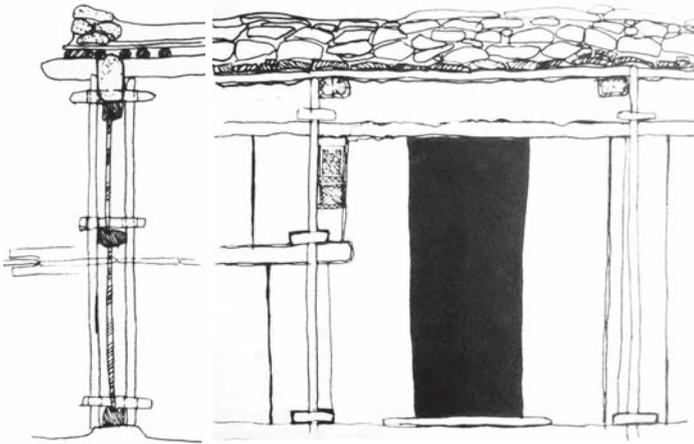
© Edelberg, 1984
Habitation en construction : le remplissage dans la partie supérieure n'a pas encore été complété

4. Principes parasinistres

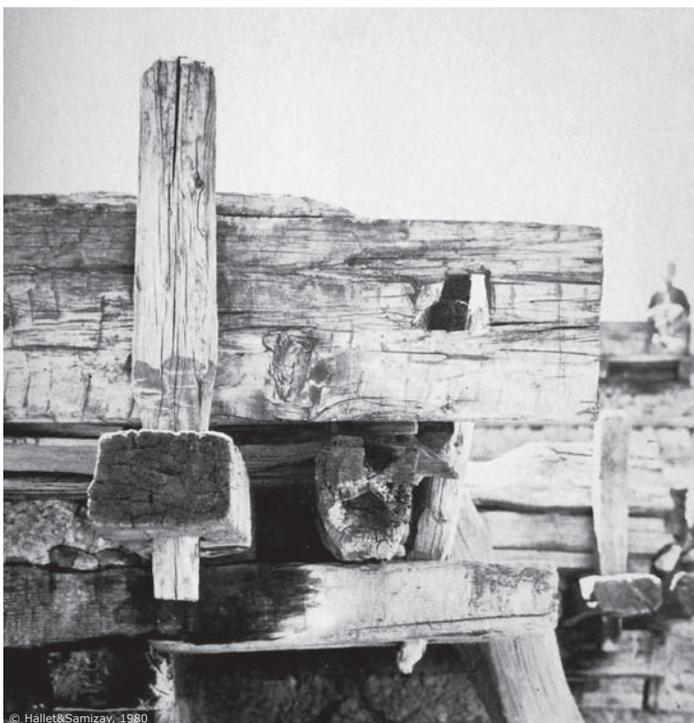
Bien qu'elles présentent un manque de contreventement, les constructions réalisées avec ces techniques ont résisté à de nombreux séismes. La réalisation des murs avec des poutres horizontales liées par des clés et des agrafes en bois, ainsi que leur entrecroisement aux angles permettent probablement un mouvement de la structure pendant les séismes, sans une perte de cohérence structurelle (EDELBERG, 1984).

Les poteaux insérés dans les agrafes sont légèrement plus courts que la hauteur de l'étage. Ils ne sont donc pas porteurs mais travaillent comme des clés permettant une stabilisation du mur et une réduction des mouvements hors plan : ils constituent une sorte de chaînage verticale permettant à la structure de fonctionner comme une boîte creuse (EDELBERG, 1984). Les poutres horizontales sont parfois reliées aux angles par le même système : des poteaux-clés sont glissés dans des trous en correspondance des parties en saillies des poutres, en allant à augmenter la cohérence de la structure envers des mouvements horizontaux.

Les systèmes de connexion par tenon et mortaise et employant des entailles et des encoches permet un certain mouvement de la structure en limitant les risques d'effondrement.



Coupe et élévation du mur avec le système à clés et agrafes ©Wutt, 1981



© Hallet&Samizay, 1980

Agrafe et clé de stabilisation de la structure de toiture à l'angle du bâtiment



© Hallet&Samizay, 1980

Clé et agrafe reliant verticalement la structure en poutres superposés



© Edelberg, 1984

Clés de stabilisation à l'angle du bâtiment conférant unité à l'empilement des poutres

5. Critères de vérification

Sources historiques

Mentions dans (Edelberg 1984).

Normes constructives

Séismes

Validations scientifiques

6. Observations

Ces architectures se situant dans des zones d'accès très difficile, tant du point de vue géographique que, plus récemment, sécuritaire, les informations disponibles sont très limitées et relèvent essentiellement d'études ethnologiques menées dans les années 1980.

Pendant ces travaux, on constata comme dans les villages, parfois situés à des altitudes supérieures à 3000m, nombreuses maisons dataient d'avant 1896, année de l'invasion de l'Armée Afghane (EDELBERG, 1984).

7. Référence

EDELBERG, Lennart, 1984. *Nuristani buildings*. Aarhus : Jysk arkæologisk selskab.

EDELBERG, Lennart, JONES, Schuyler, 1979. *Nuristan*. Graz : Akademisch Druck.

HALLET, Stanley I., SAMIZAY, Rafi, 1980. *Traditional Architecture of Afghanistan*. New York : Garland.

HARDEN, Bernd, TEVAERAI, Deodaa, VALENTA, François, 1987. *Analyse d'architecture vernaculaire : Maison triple, Keshtagrom, Nuristan, Afghanistan*. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Département d'Architecture.

HUGHES, Richard, 2007. « Vernacular Architecture and Construction Techniques in the Karakoram ». In : *Karakoram: Hidden Treasures in the Northern Areas of Pakistan*. Turin : Umberto Allemandi & Co. p. 99-132.

JETTMAR, Karl (dir.), 1974. *Cultures of the Hindu-Kush. Selected papers from the Hindu-Kush Cultural Conference held at Moesgaard 1970*. Wiesbaden : Franz Steiner Verlag.

JONES, Schuyler, 1974. *Men of influence in Nuristan a study of social control and dispute settlement in Waigal Valley, Afghanistan*. London : Seminar Press, 1974. Coll. Seminar studies in anthropology, 3.

KUHN, Felix, WAGNER, Christian, 1980. *Analyse d'architecture vernaculaire : maison à Pashki, Afghanistan*. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Département d'Architecture.

LOUDE, Jean-Yves, 1980. *Kalash. Les derniers « infidèles » de l'Hindu-Kush*. Paris : Berger-Levrault. Coll. Espace des hommes.

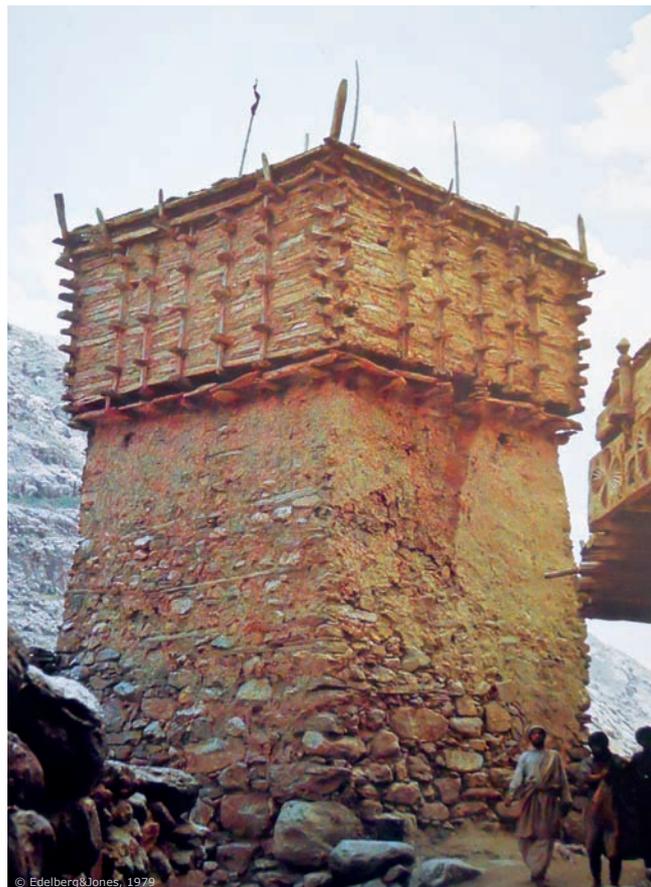
REDARD, Georges, 1974. *Afghanistan*. Zurich : Editions Silva.

WUTT, Karl, 1981. *Pashai. Landschaft, Menschen, Architektur*. Graz : Akademisch Druck.



© Jettmar, 1974

Utilisation du système d'agrafes avec clés verticales pour la stabilisation de routes



© Edelberg&Jones, 1979

Tour d'observation fortifiée : étage en empilement de poutres agrafées sur corps en maçonnerie porteuse avec insertions horizontales en bois



© Edelberg&Jones, 1979

Clés et agrafes pour la stabilisation des berges des rivières et des structures de toiture des habitats

GILÂN

Typologie **Superposition de rondins roulants**

Pays **Iran**

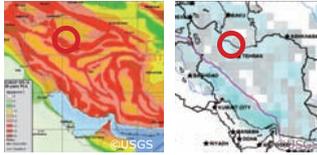


Localisation géographique

région du Gilân

Sismicité

réurrence : modérée
intensité : élevée



1. Contexte

Dans la plaine du fleuve Sefidroud, les constructions vernaculaires sont réalisées totalement en bois, depuis les fondations jusqu'au toit, en intégrant des dispositifs spécifiques en relation aux particularités de ces territoires (KARBALAEI, 2011).

Cette région se caractérise son exposition à phénomènes sismiques ainsi que par un climat particulièrement humide avec une pluviométrie et une hygrométrie exceptionnelles, cette dernière oscillant entre 70 et 90% au fil de l'année et des heures de la journée (BROMBERGER, 1983). Les conditions climatiques et pédologiques posent des contraintes considérables du point de vue architectural et constructif : des sols saturés d'eau, des précipitations pluviales et des vents violents, un taux d'humidité très élevé, le froid hivernal, la chaleur estivale, la prolifération des insectes et des parasites ainsi que, à la fonte des neiges, des inondations (BROMBERGER, 1983).

Pour répondre à ces contraintes, les habitations locales présentent une surélévation du sol, une toiture à quatre pentes, la présence d'une ou plusieurs galeries sur la façade ainsi que l'utilisation du bois pour l'ensemble de la structure porteuse. Celle-ci s'étend de la fondation

jusqu'à la charpente du toit, en passant par les murs et les planchers du rez-de-chaussée et des étages, avec un usage minimal de clous et d'autres systèmes d'assemblage. Les principaux composants de la construction sont entièrement en matières végétales et le bois est utilisé sous une forme très proche de celle naturelle (MIRYOUSSEFI, 2010).

Des galeries périphériques entourent un noyau central : une tour de deux étages constituée par un empilement de rondins entrecroisés selon le système du « blockbau », appelé localement *zagmeh*. Le volume est divisé par un mur de refend qui définit deux pièces par niveau, chacune ouvrant directement sur la galerie de la façade principale (GRODWOHL, 2005).

La particularité de ces architectures se situe dans l'utilisation d'un principe similaire tant pour les fondations que pour la structure primaire : la superposition d'éléments grossièrement équerrés capables de dissiper l'énergie induite par les séismes grâce à la friction entre les différents éléments.

Illustrations



2. Principes constructifs

Fondations / soubassement

Plateforme surélevée en terre damée : hauteur 40-60cm
Tranchées ponctuelles comblées avec des couches alternées de terre damée, cendre et charbons de bois ; profondeur 1-2m
Surélévation ponctuelle en rondins de bois empilés

perpendiculairement, en au moins 2 strates, chacun avec un nombre d'éléments et des caractéristiques particulières :

- première strate, entre 4 et 8 à profil circulaire
- deuxième strate entre 3 et 4
- troisième strate à profile trapézoïdal
- quatrième strate : 1 rondin à profile trapézoïdal

Structure primaire

Système *zagmeh* : rondins grossièrement équerrés superposés et assemblés aux extrémités, constituant une boîte continue. Un écart est souvent laissé entre les éléments horizontaux et une clé verticale en bois relie ponctuellement l'ensemble des rondins sur la hauteur d'un étage.

Parfois, une ossature en bois (système *zegâll*) est employée, en particulier lors de construction d'un seul étage.

- épaisseur des murs : 30-40cm

Planchers : plateforme surélevée à 1.8-2.0m du sol avec une structure composée de 4 poutres principales s'appuyant sur les fondations, solives et un revêtement en terre damée sur une trame de branches ; le même type de structure est utilisé pour les étages supérieurs ;

- le bois est utilisé sous forme de rondins non équerrés
- espacement des solives entre 70 et 120cm
- épaisseur total : 50cm

Structure secondaire

Remplissage

Système *zagmeh* : remplissage des espacements entre les rondins avec un mortier de terre fibrée e stabilisée ;

Système *zegâll* : garnissage avec un mortier de terre d'un support constitué de branches disposées diagonalement.

Enveloppe

Toiture

Toiture à quatre pente, fortement inclinée (environ 40°), avec débordements latéraux descendant jusqu'au niveau de la galerie.

- charpente en bois sans utilisation de fermes
- couverture en jonc ou paille de riz sur liteaux en bois

Finitions

Façade principale et intérieur : enduit avec un mortier de terre en plusieurs couches (de base et de finition) avec badigeon de terre colorée ou à la chaux ;

Façades latérales : enduit grossier avec un mortier de terre.

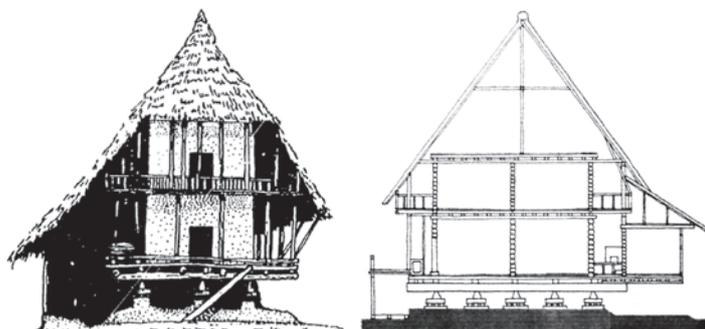
Connexions

Utilisation de pièce avec des formes particulières (p.e. extrémités fourchues).

Assemblage par encoches, entailles et tenon et mortaise.

Ligature avec des cordes végétales en aubier ou en paille de riz.

Rare utilisation de clous.



Élévation ©Bromberger 1983

Coupe de la structure ©Rainer



Surélévation par empilement de rondins



Système en *zagmeh* : entrecroisement des rondins composant des parois perpendiculaires



Système en *zagmeh* : stabilisation par clés verticales



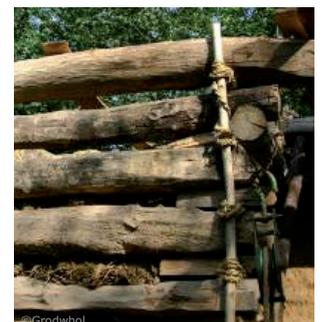
Système en *zagmeh* : stabilisation par clés verticales et cales en correspondance des ouvertures



Système en *zagmeh* : boîte continue surélevée et remplissage avec un mortier en terre fibrée



Remplissage et pose d'un enduit de base en terre



Clé verticale à l'angle du bâtiment

3. Particularités constructives

Le nombre de poutres de la plateforme dépend des dimensions de la maison, mais il est toujours pair (4 au minimum et 12 au maximum). Les rondins utilisés pour les fondations sont assemblés uniquement par superposition (MIRYOUSSEFI, 2010). En correspondance des piles de rondins surélevant la plateforme, des tranchées sont creusées dans le sol et le remplissage avec des cendres et du charbon de bois empêche les remontées d'humidité dans les rondins (GRODWOHL, 2007).

Le vide entre le sol et le plancher permet une bonne aération et une protection des remontées d'humidité à laquelle contribue l'important épaisseur du plancher de la plateforme (MIRYOUSSEFI, 2010). La surélévation du plancher connaît plusieurs variantes selon la forme et l'importance du bâtiment : les maisons organisées selon un schéma fortement vertical (hauteur plus grande que la longueur, toit à quatre pans égaux) reposent sur des piles composées de quatre ou cinq séries d'éléments; les maisons à schéma horizontal (longueur plus grande que la hauteur, toit à croupes) reposent sur des piles moins élevées (BROMBERGER, 1983).

Le noyau central est relié par des solives dont une extrémité est jointe aux poteaux de la galerie constituant un système solidaire qui reprend l'ensemble des charges. La charpente de la toiture est capable de supporter des charges temporaires et permanentes ainsi que les forces de flexion, grâce à un système à étais verticaux, horizontaux et obliques agissant comme un ensemble unique (MIRYOUSSEFI, 2010). Lorsque les rondins sont traversés par une ouverture, ils sont maintenus par deux raidisseurs verticaux, un de chaque côté du mur, solidarisés par des cordes (GRODWOHL, 2005).

La terre utilisée pour le remplissage est stabilisée avec de la paille de riz. Du sel et parfois de la chaux, sont ajoutés au mélange pour empêcher la croissance de mousses à cause de l'humidité (BROMBERGER, 1983). Le remplissage des vides entre les poutres horizontales est effectué au fur et mesure de l'élévation des murs. Les deux matériaux (bois et terre) participent de manière solidaire à la construction (GRODWOHL, 2007).

Les matériaux de construction sont prélevés de l'environnement proche du chantier et ils ne sont pas soumis à une transformation particulière. Pour les éléments porteurs (poutrelles et rondins formant les fondations, poutres et poteaux soutenant la charpente des murs et du toit, chandeliers verticales sur lesquelles repose la faîtière), des bois durs et résistants sont employés : le marier, le caroubier, le chêne, l'orme de Sibérie. Pour les éléments portés ou qui reçoivent une faible charge (traverses, chevrons, liteaux, etc.) des bois plus légers, d'une résistance moindre à la compression et faciles à travailler sont privilégiés : le peuplier, l'aulne, le charme ou encore le faux lotier. C'est parfois à une dizaine d'essences différentes que l'on recourt pour la construction d'une maison.

Les habitations vernaculaires caractéristiques du Gilân se réfèrent à un principe de non évolutivité. Par leur structure, elles forment un ensemble fini auquel des nouvelles pièces ou extensions ne peuvent être successivement ajoutées, sinon en démontant certaines parties du bâtiment.

D'une morphologie souvent très complexe, ces architectures sont l'œuvre de spécialistes, les menuisiers charpentiers, qui dirigent les travaux de construction ; les tâches annexes (préparation des matériaux, remplissage et crépissage) et l'entretien courant sont par contre effectuées par les habitants. La durée de la construction varie entre une dizaine de jours pour une maison d'une seule pièce jusqu'à deux à trois mois pour une grande demeure à deux étages.

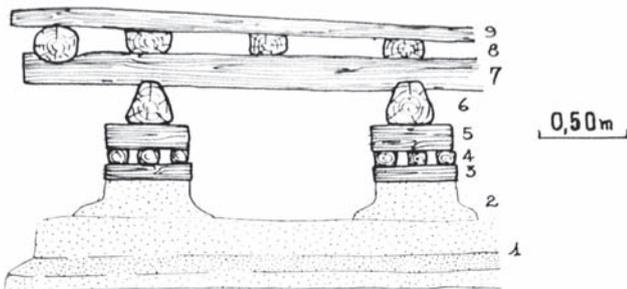
Les éléments en bois (rondins, charpente, fondations) durent plusieurs siècles, tandis que les toitures et les enduits demandent des travaux de réfection réguliers, dus en particulier aux conditions climatiques de la région : couverture en joncs tous les 5-6 ans, en paille de riz tous les 2-3 ans tandis que les enduits sont refaits chaque année (BROMBERGER, 1983).



4. Principes parasinistres

Le principe utilisé pour les fondations correspond à celui de l'isolation sismique (connu également dans le génie parasismique actuel) qui permet une dissipation considérable de l'énergie induite par un séisme grâce au roulement des rondins et à un mouvement du bâtiment dans son ensemble. Cette technique a démontré son efficacité lors du séisme de Manjil en 1990, pendant lequel certaines constructions ont été soumises à des déplacements allant jusqu'à 20cm, sans subir aucun dommage ; et cela grâce au fait qu'elles reposent essentiellement sur un système d'amortissement par frottement et elles ne présentent aucun mécanisme qui les conduit à retourner à leur position initiale. L'application de ce principe remonte à plusieurs centaines d'années et présente nombreux avantages (protection des remontées d'humidité, ventilation, etc.) parmi lesquels un comportement efficace en relation à la sismicité locale (NADERZADEH, 2009).

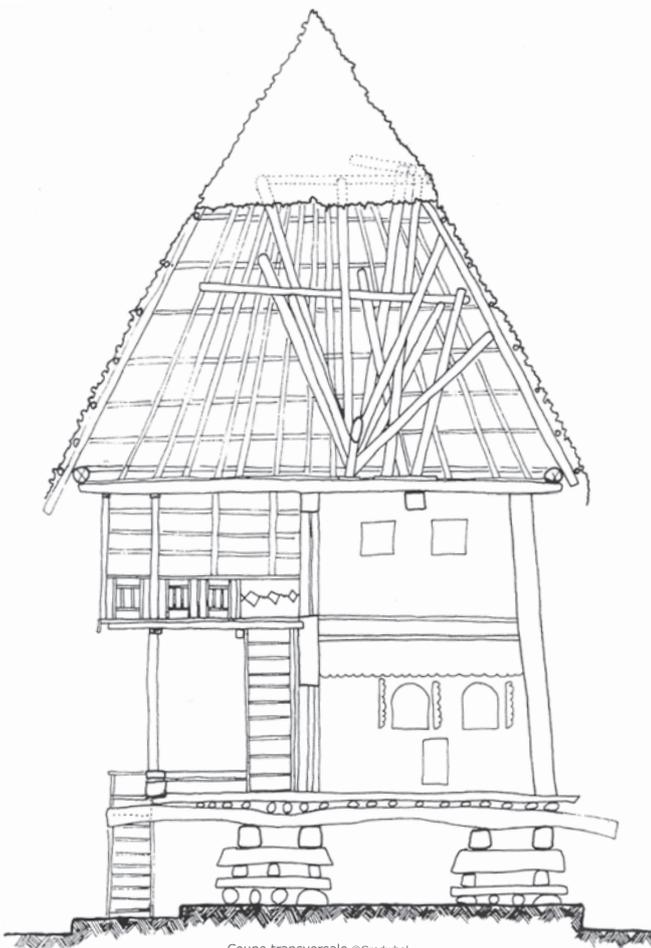
La répartition complexe des charges et le type d'assemblage utilisés permettent à ces constructions, d'une hauteur moyenne de 20 mètres, de résister remarquablement aux secousses sismiques (MIRYOUSSEFI, 2010). La partie d'habitation constitue en effet une sorte de boîte agissant comme un ensemble continu qui se déforme plastiquement sous les sollicitations sismiques.



Détail des fondations ©Brazin Bromberger



Détails des fondations en piles de rondins ©Grodwhol



Coupe transversale ©Grodwhol



©Von Grafe

5. Critères de vérification

Sources historiques

Normes constructives

Séismes

1990, 20 juin M 7.4

Validations scientifiques



6. Observations

La durée de vie des bâtiments vernaculaires est relativement courte; les maisons rurales qui ont plus d'un siècle font en effet figure d'exception. La faible longévité de ces architectures se rapporte essentiellement à un changement des modes de construire : dans les zones rurales, la construction traditionnelle est abandonnée au profit d'une construction en béton et blocs de ciment. Toutefois, historiquement d'autres aspects ont influencé une pratique de « construction nouvelle » plutôt que de rénovation ; en effet, "d'après la croyance populaire, construire allonge la vie de l'homme et il vaut mieux donc quitter une ancienne demeure surchargée d'influences malignes" (Masse 1928 dans BROMBERGER, 1983).

Suite au séisme de 1990, la capacité de ces constructions à faire face aux phénomènes sismiques a initié un processus de reconnaissance de leur valeur, tant culturelle que technique. Dans cette démarche un projet d'écomusée a été initié et dans son cadre une maison entière a été complètement démontée et remontée en employant les techniques de construction originaires (GRODWOHL, 2005).

7. Référence

ARBABIAN, H., 2002. « Architectural issues in earthquake rehabilitation of the Iranian cultural heritage ». In : *Hazard and Modern Heritage*. Rhodes : CICOP Italia.

BAZIN, Marcel, BROMBERGER, Christian, 1982. *Gilân et Âzarbâyjân oriental: cartes et documents ethnographiques*. Paris : Éditions Recherche sur les civilisations.

BROMBERGER, Christian, 1983. *Habitat, Architecture et Société rurale dans la Plaine du Gilân (Iran septentrional)*. Paris : UNESCO. Coll. Etablissements humains et environnement socio-culturel, 36.

GRODWOHL, Marc, 2005. « Le démontage d'une ensorcelante maison au chapeau pointu en Iran (2004) ». [en ligne]. <http://www.marc-grodwohl.com>

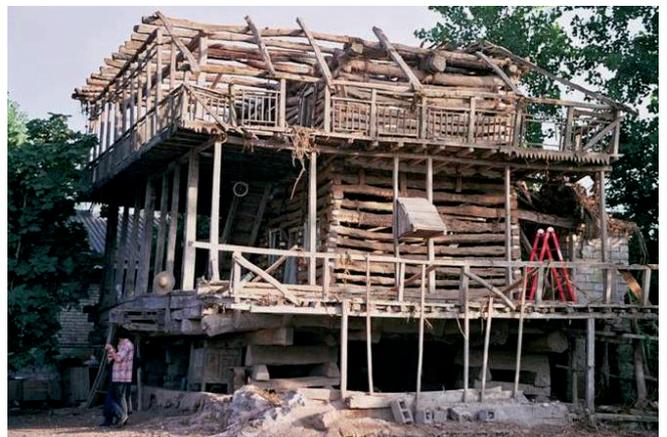
GRODWOHL, Marc, 2007. « Aperçu de la construction en terre crue au Guilân (Iran) ». [en ligne]. <http://www.marc-grodwohl.com>

KARBALAEI, Fereshteh, 2011. « Human and Architectural Settlements: A Case Study of Gilan, Iran ». In : *The Asian Conference on Arts and Humanities Official Conference Proceedings 2011*. Osaka : The International Academic Forum. p. 381-389.

MIRYOUSSEFI, Pouyâ, 2010. « Typologie de l'habitat rural dans la plaine orientale du Guilân ». In : *La revue de Teheran*. n° 58.

NADERZADEH, Ahmad, 2009. « Application of seismic base isolation technology in Iran ». In : *Menshin Journal*. n° 63, p. 40-47.

RAINER, Roland, 1977. *Anonymes Bauen im Iran*. Graz : National Iranian Steel Corporation.



Phases de montage de la structure en bois ©Grodwohl

A.3.2. SYSTÈMES PORTEURS CONTINUS



Turquie
hatl



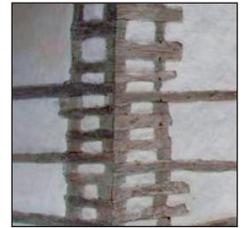
Algérie
casbah



Grèce
habitations tours



Inde
kothi banal - kath khuni



Pakistan
cator and cribbage

HATIL

Typologie **Maçonnerie porteuse avec insertions horizontales en bois**

Pays **Turquie**



Localisation géographique

régions de l'Anatolie Centrale et Orientale, de la Mer Noire, de Marmara et Egéenne

Sismicité

réurrence : élevée
intensité : élevée



1. Contexte

Le terme *hatil* (au pluriel *hatillar*) indique des bandes horizontales réalisées avec des matériaux complètement différents par rapport à la masse murale, en la subdivisant en sections superposées. Dans plusieurs régions sismiques de la Turquie, cette répartition a été effectuée avec des éléments en bois disposés dans le mur entre deux rangées de maçonnerie. Ces insertions ont été réalisées avec des planches, des poutres ou même des lames d'épaisseur très réduite. Parmi ces différents types, celui le plus répandu se base sur la mise en place, longitudinalement au mur, de deux poutres parallèles connectées entre elles par des pièces transversales, constituant une sorte d'échelle (DISKAYA, 2007). Ces éléments se superposent aux angles du bâtiment ainsi qu'aux intersections des murs orthogonaux, dans la plupart des cas liant l'ensemble structurel de manière continue (LANGENBACH, 2002).

Selon la région, ce principe a été appliqué, avec une maçonnerie aussi bien en pierres qu'en briques de terre crue, pour la réalisation de

l'ensemble du bâtiment ou uniquement de certaines de ses parties. Il est en outre souvent associé à des techniques basées sur un système structurel en ossature avec différents types de remplissage: maçonnerie (*hımış*), en vrac (*bağdadi*), en rondins (*dizeme*) ou en torchis.

L'application d'un principe d'insertion d'éléments horizontaux en bois dans un ouvrage en maçonnerie est présente en plusieurs zones sismiques du monde. En particulier elle caractérise l'architecture vernaculaire et des bâtiments majeurs des régions ayant fait partie de l'Empire Ottoman. Bien que certaines caractéristiques des systèmes employés peuvent varier entre pays, et même entre localités, des similitudes très marquées sont identifiables entre le système en échelle spécifique aux constructions turques et ceux présents dans le bâti vernaculaire de l'Albanie, la Bulgarie, la Grèce, la Macédoine et du Cachemire pakistanais.

Illustrations



Erzurum, centre historique



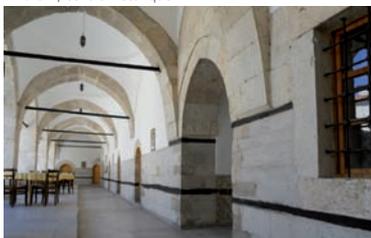
Erzurum, centre historique



Erzurum, centre historique



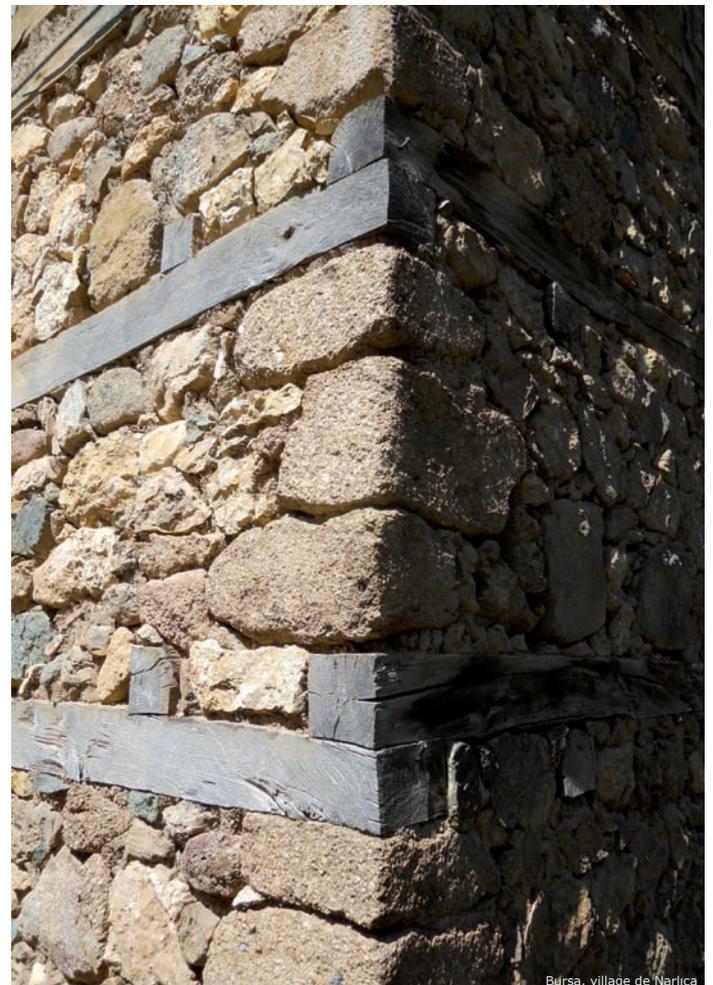
Bursa, village de Söloz



Safranbolu, caravansérai Cinci Han



Bursa, Madrasa Haraçcioğlu



Bursa, village de Narlıca

2. Principes constructifs

Fondations / soubassement

Semelle continue en maçonnerie de pierres liées par un mortier de terre ou de chaux.

Des poutres en bois sont positionnées à la base du mur sur ses deux côtés.

- profondeur d'excavation: 50-150 cm
- épaisseur : 50-90 cm
- hauteur du soubassement : 50-100 cm

Structure primaire

Maçonnerie : à sec ou avec mortier de terre parfois stabilisé à la chaux

unités maçonnées : moellons, pierre de taille, briques en terre crue et cuite

épaisseur du mur :

en pierre : 60-90cm (au rez-de-chaussée équivalent à 1 ½ celui de l'étage)

en briques en terre crue : 1 ½ longueur d'une briques

Insertions bois : épaisseur :

- lames : de 1.5 à 5mm
- planches : de 1 à 4cm
- poutres : de 5 à 8cm
- parfois à section ronde (*dugmeli*) : dia 6-12cm

espacement vertical : de 50 à 150cm

espacement des traverses : entre 50 et 80cm

bois : peuplier ou saoule

Planchers :

Rez-de-chaussée : terre battue ou, parfois, des solives reposent sur les poutres en bois intégrées aux murs à 20cm du sol ;

Étages : plancher double (planches en bois appliquées sur les faces supérieures et inférieures des solives) rempli avec de la terre ou du sable ;
espacement des solives : 30-100cm
épaisseur du plancher : 30cm

Structure secondaire

Remplissage

Enveloppe

Toiture

Plate ou en pente à 2 ou 4 pans

Charpente en bois avec couverture en tuile de terre cuite ou, si toiture plate, dalle en terre damée

Finitions

À l'extérieur : généralement aucune, ou enduit en terre, terre chaux ou chaux parfois avec un badigeon à la chaux

À l'intérieur : enduits en terre, terre chaux ou chaux

Connexions

Assemblages entre insertions horizontales :

- poutres : aux angles : entailles à mi-bois et/ou clous métalliques
raccordement dans la longueur : entailles à mi-bois, coupe en sifflet avec ancrage et/ou clous métalliques
avec les traverses : entailles à mi-bois et/ou clous métalliques
- planches : aux angles, dans la longueur et avec traverses : clous métalliques
- lames : aucune connexion, uniquement par juxtaposition



Safranbolu, insertions en lames



Kastamonu, insertions en planches



Narlica, insertions en poutres (à échelle)

Erzurum

Söğöz



3. Particularités constructives

Dans le cas d'insertions en poutres, les traverses sont quasiment toujours positionnées en dessus des éléments longitudinaux. Aux extrémités, elles présentent parfois des décrochements ou elles dépassent de quelques centimètres l'épaisseur du mur (dans ce cas, connexion par assemblage à mi-bois) ; ce qui améliore la résistance envers des sollicitations en traction assurant ultérieurement la solidarité entre les deux poutres (LANGENBACH, 2009).

Dans le cas d'insertions en lames et en planches, leur disposition à l'intérieur de la maçonnerie est parfois irrégulière et discontinue.

Des planches supplémentaires rapprochées ont été parfois intégrées de manière ponctuelle pour renforcer des zones de fragilité (p.e. en proximité d'angles et d'ouvertures) ainsi que pour solidariser deux murs perpendiculaires.

Dans certains cas, les insertions horizontales s'associent à des insertions verticales constituées par des montants disposés par paires de part et d'autre du mur. Ceux-ci ne sont généralement pas porteurs et constituent un système supplémentaire de confinement de la maçonnerie (TOULIATOS, 2003), capable également d'assumer, au moins temporairement, la charge de la toiture ou des étages supérieurs en cas de défaillance du mur.

Le principe des insertions horizontales est appliqué à des constructions de dimensions et importance extrêmement variées : de l'habitation au caravansérail jusqu'au mur de soutènement, et même pour des éléments secondaires comme des cheminées.

Dans plusieurs régions, l'utilisation d'insertions à échelle se limite à certaines parties de la construction, comme le soubassement (p.e. province de Bursa) et les étages inférieurs (p.e. région de Safranbolu) en association à d'autres techniques (p.e. ossature avec remplissage). Toutefois, ce principe a été parfois adopté pour l'ensemble du bâtiment, comme dans la ville d'Erzurum où il constitue la seule typologie constructive présente dans l'architecture vernaculaire encore existante aujourd'hui.



Safranbolu



Narlica

Bursa, insertions horizontales et montants verticaux
Narlica

Narlica



Kastamonu



4. Principes parasinistres

Le rôle de certains composants des structures avec des insertions horizontales en bois a été décrit en référence à différents exemples situés mêmes en pays autres que la Turquie (LANGENBACH, 2009 ; HUGHES, 2000a). Ici de suite, seuls les éléments directement référés au cas de l'*hatil* sont reportées.

Les murs porteurs en maçonnerie de pierre présentent souvent des morceaux de tuiles ou de briques intégrés au mortier. La combinaison de ces matériaux fonctionne comme un excellent amortisseur des sollicitations induites par un séisme, en augmentant la dissipation d'énergie grâce à leur différente résistance et à la multiplication de plans de frottement interne à la maçonnerie. Ce principe est renforcé par les *hatillar* qui divisent le mur en différentes portions relativement disjointes (DUGGAN, 1997).

Les *hatillar* assument les fonctions suivantes (DUGGAN, 1999) :

- ils constituent des amortisseurs de sollicitations verticales et horizontales ;
- ils fournissent un plan de glissement intérieur aux murs prévenant des résistances à la friction dans la superstructure ; ce qui minimise les sollicitations en traction et compression générées par le séisme ;
- ils constituent des chaînages horizontaux liant l'ensemble du bâtiment à différents niveaux ;
- ils contribuent à maintenir la configuration du plan des murs, même si un certain degré de déplacement devait se produire.

Le principe de l'*hatil* réalisé sous forme d'échelle, composée par des poutres parallèles connectées aux angles du bâtiment, a été intégré au code de construction turc en considération des aspects suivants (AYTUN, 1981):

- il fonctionne comme un système de répartition des charges, tant à l'échelle du mur que du bâtiment ;
- il prévient la propagation des fissures diagonales à des sections murales très importantes, en délimitant la zone endommagée ;
- il apporte, en particulier à la maçonnerie en brique de terre crue, une résistance au cisaillement perpendiculaire à la direction du chaînage et améliore la capacité du mur à supporter des tassements différentiels ou des ruptures du sol avec un mouvement vertical ;
- il augmente la résistance du mur à la flexion, grâce à la rigidité des poutres en direction perpendiculaire au plan du mur ;
- les poutres connectent aux angles deux ou plusieurs murs, fournissant monolithisme au système porteur et en prévenant sa désolidarisation ;
- les traverses connectant les deux poutres préviennent la délamination du mur en maçonnerie, lui permettant de travailler sur toute son épaisseur.

Les insertions en bois apportent ductilité au mur en maçonnerie, augmentant considérablement sa capacité de résistance aux séismes (AYTUN, 1981). Suite à un séisme qu'en 1970 frappa la région de Gediz, le professeur Alkut Aytun constata l'efficacité de ce système, particulièrement bien représentée par une photo qu'il pris d'un bâtiment enjambant une rupture du sol causée par le tremblement de terre. De fait, le mur du rez-de-chaussée subit une déformation considérable, laissant les niveaux supérieurs pratiquement intacts. En dépit d'un déplacement vertical du sol d'environ 50cm, les *hatillar* permirent de garder une cohérence structurelle, en assurant le maintien des portions en maçonnerie et évitant l'effondrement complet (LANGENBACH, 2009)

Les éléments horizontaux en bois, en particulier sous forme de poutres et de planches, contribuent à réduire l'ampleur des défaillances structurelles pouvant se produire aux angles du bâtiment (DOGANGÜN, TULUK, LIVAUGLU, ET AL., 2006).

Les planchers fonctionnent comme des diaphragmes flexibles (ISIK, 2006).



Yörük Köy

Çamlıyamaç Köyü



Çamlıyamaç Köyü



Tokat



Erzurum



Tavşancıl



Narlıca

5. Critères de vérification

Sources historiques

Iki Kapali Han à Antalaya résista aux séismes de 1743 et de 1911 (DUGGAN, 1999).

Analyses de terrain suite au séisme du 30.10.1983 dans la région d'Erzurum (HUGHES, 2000b).

Séismes

(*Source : USGS)

1743

1911, M 6.1

1970, 28 mars, Gediz, M 6.9 *

1983, 30 octobre, Erzurum, M 6.9 *

1999, 17 août, Izmit (Marmara-Kocaeli), M 7.6 *

1999, 12 novembre, Düzce, M 7.2 *

Normes constructives

Code de construction TS 2515

Validations scientifiques

Des tests sur table vibrante effectués par le Département d'Architecture de la Cambridge University sur deux modèles en maçonnerie de pierre, l'un avec insertions en bois et l'autre en béton, ont montré que (HUGHES, 2000b) :

- les deux types d'insertions ont un comportement d'ensemble similaire, impliquant la création de fissures de longueur réduite dérivant du disloquement de la maçonnerie ;
- ces insertions empêchent le renversement du mur ;
- dans le cas de l'*hatil* réalisé en bois les défaillances se produisent dans la maçonnerie et les poutres maintiennent stables les parties supérieures du mur. En revanche, dans le cas de l'*hatil* en béton, les défaillances ont lieu dans l'insertion; le bois de fait confère un comportement plus ductile.

6. Observations

L'efficacité de ce système est étroitement corrélée à la dégradation du bois et à une perte de cohérence des assemblages. En effet, une désolidarisation poutres perpendiculaires peut engendrer une fragilisation de la maçonnerie conduisant à un possible écartement de murs orthogonaux ainsi qu'à une fissuration continue de la masse murale.

Un principe similaire a été mis en oeuvre utilisant différents types de maçonnerie, comme dans le cas du mur Théodosien dans la ville d'Istanbul, où des rangées de maçonnerie en briques cuites sont intégrées à une maçonnerie en pierre (LANGENBACH, 2007).

Très peu d'informations existent au regard du rôle spécifique des insertions horizontales. Si certaines hypothèses et tests scientifiques

ont été effectués en relation au système d'*hatil* à échelle (double poutres), le fonctionnement des autres types d'insertions (planches, lames et bandes en briques cuites) paraît être jusqu'à présent quasiment inexploré. Dans certains cas (planches et lames) le caractère et la présence de ces éléments ne sont pas considérés dans les descriptions des architectures et typologies existantes.

Malgré la reconnaissance de son rôle structurel, ce principe est souvent repris dans des constructions récentes uniquement en termes esthétiques : des profils en bois sont appliqués sur la face extérieurs de murs en maçonnerie ; les insertions deviennent ainsi juste une décoration perdant leur caractère parasismique (DUGGAN, 1997).



Istanbul



Cumalıkızık Köyü



Cumalıkızık Köyü



Bursa

7. Référence

AYTUN, Alkut, 1981. « Earthen Buildings in Seismic Areas of Turkey ». In : *International Workshop Earthen Buildings in Seismic Areas*. Albuquerque : INTERTECT and the University of New Mexico. p. 345-371.

ÇELEBIOĞLU, Banu, LIMONCU, Sevgül, 2007. « Strengthening of Historic Buildings in Post-Disaster Cases ». In : *Third International Conference « Post Disaster Reconstruction: Meeting Stakeholder Interests »*. Firenze : Firenze University Press. p. 383-392.

COBANCAOĞLU, Tülay, TUZTASI, Ugur, 2005. « A material that has witnessed the past in Anatolia: adobe ». In : *Structural analysis of historical constructions: possibilities of numerical and experimental techniques*. Padova : Taylor & Francis Group. p. 231-238.

DISKAYA, Hülya, 2007. « Historical development of traditional earthquake-resistant construction techniques in Anatolia ». In : *Structural Analysis of Historical Constructions. Possibilities of numerical and experimental techniques*. New Delhi : Macmillan. p. 167-174.

DOGANGÜN, Adem, TULUK, Ö. İskender, LIVAOĞLU, Ramazan, et al., 2006. « Traditional wooden buildings and their damages during earthquakes in Turkey ». In : *Engineering Failure Analysis*. Vol. 13, n° 6, p. 981-996.

DUGGAN, T.M.P., 1997. « Fakery and folly in Kaleici? » In : *Hürriyet Daily News* [en ligne]. 10 septembre 1997.

DUGGAN, T.M.P., 1999. « The hatil and the lessons of history ». In : *Hürriyet Daily News* [en ligne]. 25 août 1999.

HUGHES, Richard, 2000a. « Cator and Cribbage Construction of Northern Pakistan ». In : *Earthquake-Safe: Lessons to Be Learned From Traditional Construction* [en ligne]. Istanbul : ICOMOS International Wood Committee.

HUGHES, Richard, 2000b. « Hatil Construction In Turkey ». In : *Earthquake-Safe: Lessons to Be Learned From Traditional Construction* [en ligne]. Istanbul : ICOMOS International Wood Committee.

ISIK, Bilge, 2006. « Seismic Rehabilitation Study in Turkey for Existing Earthen

Construction ». In : *Getty Seismic Adobe Project 2006*. Los Angeles : Getty Conservation Institute. p. 93-100.

LANGENBACH, Randolph, 2002. « Survivors in the Midst of Devastation. A Comparative Assessment of Traditional Timber and Masonry Construction in Seismic Areas ». In : *7th U.S. National Conference on Earthquake Engineering (7NCEE)*. Boston : Earthquake Engineering Research Institute.

LANGENBACH, Randolph, 2007. « From "Opus Craticium" to the "Chicago Frame": Earthquake-Resistant Traditional Construction ». In : *International Journal of Architectural Heritage*. n° 1, p. 29-59.

LANGENBACH, Randolph, 2009. *Don't Tear It Down! Preserving The Earthquake Resistant Vernacular Architecture Of Kashmir*. New Delhi : UNESCO.

MEDA CORPUS, 2011. *Architecture Traditionnelle Méditerranéenne: Mur en pierre sèche (Turquie)* [en ligne]. Projet CORPUS, programme Euromed Heritage.

TOULIATOS, Panos, 2003. « The box framed entity and function of the structures: The importance of wood's role ». In : *Proceedings of International Seminar Restoration of Historic Buildings in Seismic Areas: the Case of Settlements in the Aegean*. Athènes : European Centre on Prevention and Forecasting of Earthquakes. p. 98-115.

Etude de terrain (du 13.08 au 07.09.2012)

Villes et régions visitées :

- | | | |
|-------------|----------------|--------------------|
| - Erzurum | - Yörük Köyü | - Gölçük |
| - Sivas | - Bartın | - Bursa |
| - Tokat | - Izmit | - Cumalıkızık Köyü |
| - Niksar | - Tavşanlı | - Narlıca |
| -Kastamonu | - Saraylı Köyü | - Söğüt |
| -Safranbolu | - Degirmendere | - Istanbul |

Toutes les photos ont été prises par l'auteur

CASBAH

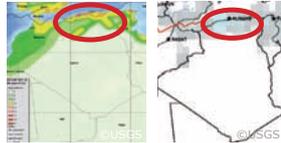
Typologie **Maçonnerie avec dispositifs de roulement par insertion de rondins horizontaux**

Pays **Algérie**



Localisation géographique
Casbah d'Alger, ville de Miliana et région d'Aurès

Sismicité
récurrence : modérée
intensité : modérée



1. Contexte

L'Algérie est sujette à des séismes réguliers d'une intensité de modérée à faible. Toutefois, ce n'est qu'à partir du XVIII^e siècle que se sont généralisées la prescription et l'application de principes constructifs visant expressément à améliorer le comportement du bâti envers ces phénomènes (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2010).

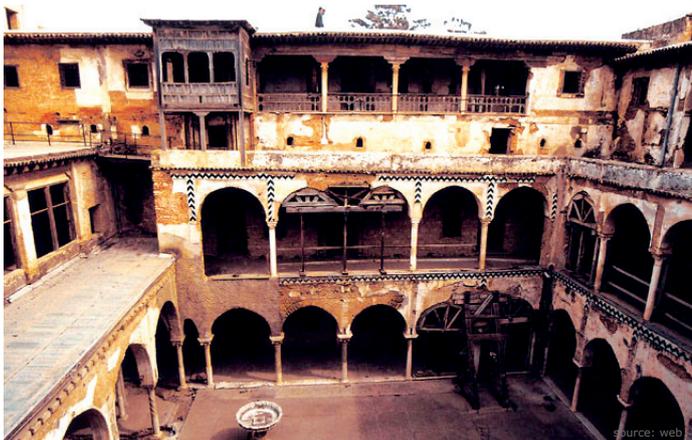
En 1716 un puissant séisme frappa la région d'Alger provoquant des dommages considérables. Suite à cet événement, le Dey (gouverneur) imposa des dispositions particulières pour la reconstruction et la réparation des bâtiments. Les mesures prescrites se basaient sur les pratiques constructives appliquées en différentes régions de l'Empire Ottomane et répondaient aux dommages constatés. Ceux-ci avaient été principalement déterminés par une intégrité structurelle insuffisante en raison, d'une part, d'un manque de connexion entre les murs porteurs ayant conduit à leur séparation sous les sollicitations en hors plan et, d'autre part, d'une désagrégation des murs, conséquence d'une fissuration diagonale. Ces facteurs furent à l'origine de l'effondrement partiel ou total de la plupart des bâtiments.

Précédemment, les constructions, en particulier en zone urbaine,

étaient basées sur l'utilisation d'une structure rigide composée de murs porteurs en maçonnerie et d'une structure flexible, constituée par un système en arcades de forme ogivale ou brisée (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2006a). Les modifications des pratiques constructives concernèrent deux aspects particuliers : la réalisation d'un chaînage reliant l'ensemble du bâtiment par l'insertion d'éléments horizontaux en bois dans les murs en maçonnerie ; l'intégration de rondins dans les murs et en correspondance des arcades, dispositif visant à une réduction des efforts de cisaillement selon le principe de l'isolation sismique.

Ces mesures ont été appliquées dans les immeubles de la Casbah d'Alger, composées de bâtiments d'environ trois étages, imbriqués les uns sur les autres, comme à des bâtiments plus nobles (Palais du Dey, Dar Aziza et palais des Raïs). Elles furent introduites également dans d'autres villes, comme Dellys et Miliana, après la destruction de cette dernière par un séisme en 1724 (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2010). Par la suite, l'efficacité de ces mesures a été prouvée lors de nombreux séismes qui ont frappé la région, dont le dernier a eu lieu en mai 2003.

Illustrations



Algér, palais du Dey



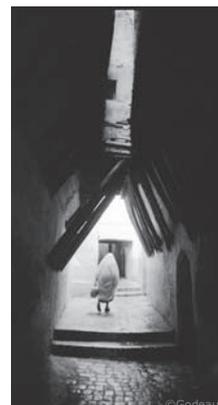
Algérie, Casbah



source: web



©Godeau



©Godeau



©Godeau

2. Principes constructifs

Fondations / soubassement

Généralement, aucune fondation n'est réalisée ; si existantes, elles sont en maçonnerie de pierre avec un mortier de terre
- dimensions : entre 30-120cm

Structure primaire

Murs porteurs en maçonnerie selon type de maçonnerie :

- rangées de maçonnerie en briques cuites avec mortier de terre ou de chaux, alternées à des rondins en bois :
 - insertion de 3 rondins orientés de façons parallèle au mur avec un espacement vertical de 80-150cm
 - subdivision horizontale du mur en 3 ou 4 parties selon sa hauteur
 - bois : thuya, genévrier, cèdre, pin d'Alep, abricotier, palmier
- maçonnerie en pierre de taille et mortier à base de terre et chaux avec des insertions horizontales à double orientation
 - double rangée de grosses pierres disposées de champ, entre lesquelles de la menue pierraille est intercalée ;
 - division du mur en plusieurs sections (espacement 1m) par des branches de dimensions réduites posées transversalement au mur à intervalles réguliers (30-40cm) auxquels sont superposés des rondins de dimensions plus grandes parallèles à la direction du mur
- dimensions : épaisseurs: murs extérieurs: 40-60cm
murs intérieurs : 20cm
mortier : 3cm
rondins non équerrés en bois : dia 10-12cm, longueur 2.5-3m
branches : dia 5cm, longueur 50cm ou selon épaisseur du mur
briques cuites : 20-29 x 11-13 x 3-5cm
- pierre : calcaire, grès
- mortier : terre argileuse avec ajout de fibres (paille), cendres ou huile végétal, chaux

Système arc – colonne : système d'arcades à deux niveaux de forme ogivale ou brisée en maçonnerie de briques cuites (détail spécifique à la ville d'Alger)

base de l'arc sur colonne :

- simple : superposition de trois rondins à deux rangées de briques
- double à l'intersection de deux arcades : superposition perpendiculaire de deux rangées de trois rondins en bois à une rangée de briques

Planchers :

- structure : superposition de deux rangées de poutres en bois insérées dans toute la largeur des murs porteurs créant une différence de niveau
 - entre les rondins : voligeage en bois
- revêtement : différentes strates de pierres et de terre, mortier et carrelage

Structure secondaire

Encorbellements : extension en profondeur des pièces des étages supérieurs
- structure de poutres en bois débordant du mur et ancrées aux murs intérieurs

Remplissage

Enveloppe

Toiture

Toiture terrasse avec couverture en terre (épaisseur 40-70cm), rarement avec un revêtement de briques posées à plat ou avec une couverture en tuiles (ville de Dellys).

Finitions

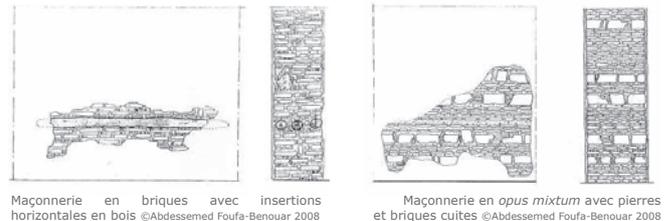
Aucune (maçonnerie en pierre taillée) ou enduits en mortier de terre avec des stabilisants naturels (bouse de vache) ou de chaux pour l'intérieur (épaisseur : 30-35mm) ; badigeon de chaux

Connexions

(pas d'informations)

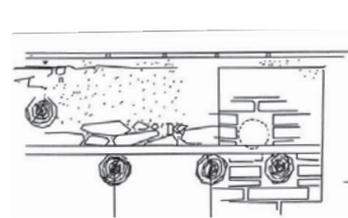
3. Particularités constructives

(pas d'informations)

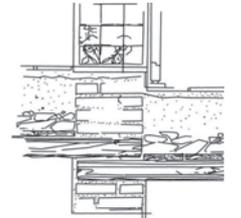


Maçonnerie en briques avec insertions horizontales en bois ©Abdessemed Foufa-Benouar 2008

Maçonnerie en opus mixtum avec pierres et briques cuites ©Abdessemed Foufa-Benouar 2008



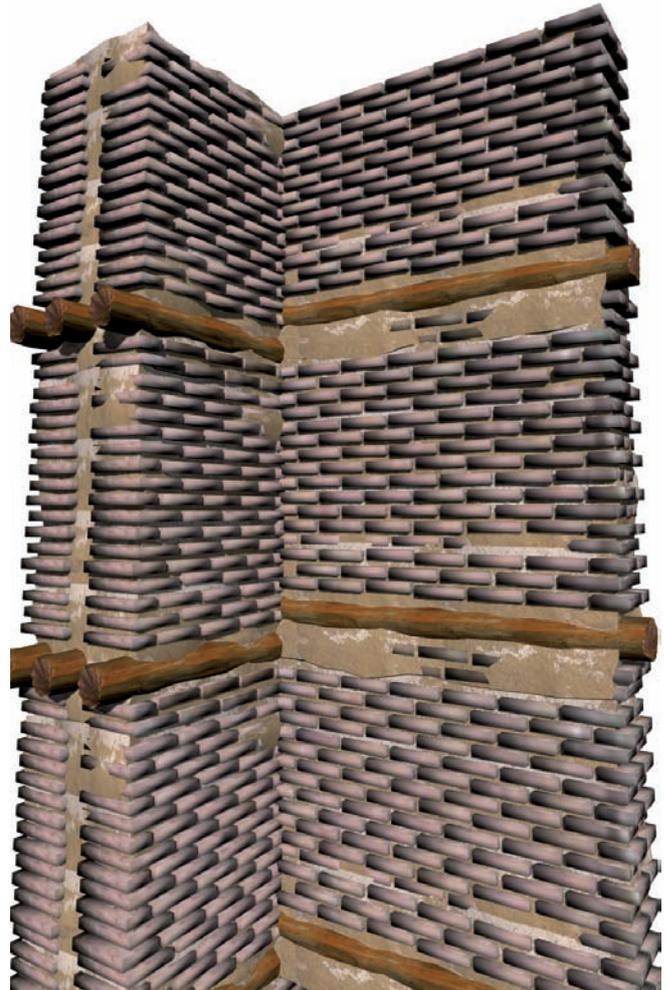
Détail du plancher: superposition des solives ©Abdessemed Foufa-Benouar 2008



Détail du plancher: encastrement des rondins sur toute la largeur du mur ©Abdessemed Foufa-Benouar 2008



©Abdessemed Foufa 2009



Modélisation: chaînage des murs porteurs ©Abdessemed Foufa-Benouar 2008

4. Principes parasinistres

Murs porteurs en maçonnerie :

- Les éléments en bois intégrés à la maçonnerie améliorent considérablement la capacité du bâtiment face à des sollicitations sismiques. Lors de plusieurs événements, les murs ainsi construits ont montré une fissuration très limitée et quasiment aucun effondrement ne s'est produit. La superposition régulière de matériaux de nature différente, rigide (maçonnerie) et flexible (bois), permet en effet une absorption des charges horizontales engendrées par des sollicitations sismiques (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2006a).

Par l'introduction des poutres en bois, le mur est subdivisé horizontalement en sections disjointes. Ce fractionnement favorise la répartition des sollicitations horizontales à l'interface entre matériaux différents, ce qui évite des déformations importantes et permet une réduction de la fissuration diagonale (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2008). En outre, cette disposition favorise l'absorption des forces de cisaillement par les mouvements de glissement et ou de roulement qui se produisent entre matériaux hétérogènes (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2006a).

- Les différentes parties de la structure sont liées entre elles pour éviter leur désolidarisation sous l'action des secousses. Les murs orthogonaux, tant extérieurs qu'intérieurs, sont connectés entre eux par le croisement alterné des rondins aux intersections. Les arcades sont reliées aux murs porteurs avec des arcs de décharge situés dans les angles. Des poutres en bois raccordent les façades des galeries à celles des murs porteurs. En absence de tout élément vertical, ce système de chaînage des angles constitue une technique efficace empêchant l'écartement des murs (IBID.).

Système arc-colonne :

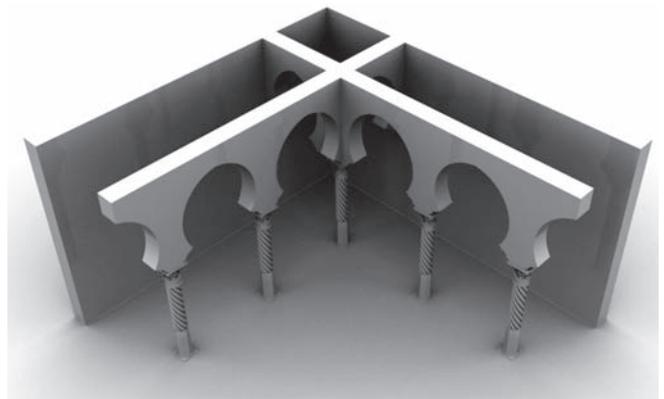
- la disposition de rondins à la base de chaque arc et leur orientation perpendiculaire par rapport à l'arcade favorisent une reprise des efforts horizontaux en garantissant, grâce à un mouvement de glissement, une bonne résistance au cisaillement (FOUFA, 2007) ;
- des dispositifs d'amortissement des sollicitations horizontales sont également intégrés dans la maçonnerie en briques : dans les piliers soutenant les voûtes, une rangée de 4 à 5 rondins est insérée à un intervalle régulier de 80 - 100 cm et 3 ou 5 rondins sont introduits à l'intersection entre deux arcades (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2010) ;
- la prolongation des arcades jusqu'aux murs porteurs permet un contreventement, et donc une stabilisation, de ces derniers (FOUFA, 2007).

Planchers :

- les planchers des étages supérieurs reposent sur des poutres qui dépassent les murs de plusieurs dizaines de centimètres ; ce qui évite leur effondrement si des déplacements différés se produisent dans les murs (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2008) ;
- la structure composée par la superposition de deux rangées de poutres en bois insérées dans toute la largeur des murs porteurs facilite l'absorption des efforts horizontaux par un mouvement de glissement ou de roulement en diminuant ainsi le risque de rupture (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2006a).

Encorbellement :

- les projections des étages supérieurs sont supportées par des poutres en bois disposées diagonalement, formant une équerre avec le mur et prévenant ou réduisant des oscillations importantes de la partie en saillie, qui risquent d'en provoquer l'effondrement (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2008). Ce jambage minimise la fréquence oscillatoire de l'encorbellement, en diminuant ainsi les risques de rupture (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2006a) ;
- les rondins de thuya et les poutres de cèdres sont dans un état de constante flexion dynamique (FOUFA, 2007).



Modélisation: système d'arcades ©Abdessemed Foufa-Benouar 2008



Colonne avec rondins ©Abdessemed Foufa-Benouar 2008



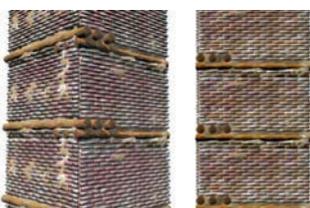
Rondins à l'intersection de deux arcades ©Abdessemed Foufa-Benouar 2010



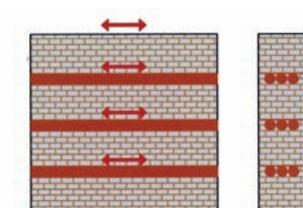
©Abdessemed Foufa-Benouar 2008



Mur avec insertions horizontales en bois ©Abdessemed Foufa-Benouar 2008



Disposition des rondins horizontaux dans les murs en maçonnerie ©Abdessemed Foufa 2009



Comportement des murs porteurs sous sollicitation sismique ©Abdessemed Foufa-Benouar 2008

4. Principes parasinistres

Îlots :

La structure urbaine d'Alger se caractérise par une organisation selon un réseau irrégulier de rues étroites, rarement rectilignes. Les blocs qui en résultent sont de dimensions différentes et incluent un nombre variable de bâtiments de dimensions disparates. La séparation des blocs par des voies de communication les entourant sur tous les côtés favorise, pendant un séisme, un comportement dynamique et autonome de chaque îlot. Les routes et les passages jouent ainsi le rôle de joint de séparation entre les blocs bâtis.

À ce propos, Peyssonnel et Desfontaines (Voyages dans les régences de Tunis et d'Alger. Tome I, 1838) ont écrit par rapport à la ville d'Alger: "Certaines personnes croient que c'est à cause des tremblements de terre que les rues sont étroites, mais ceux qui connaissent les Turcs, et qui ont été dans les villes de la Turquie, savent que [la bas] des rues très étroites sont couramment construites". Il est de fait probable que, pour la construction en milieu urbain, cette disposition corresponde à une disposition dérivante de la Turquie, pays hautement sismique, en vue de réduire les dommages et d'empêcher les structures de s'effondrer (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2006b p 2).

Parcelles et habitations :

Les parcelles qui constituent les îlots sont entièrement construits et les habitations sont mitoyennes, se chevauchant et se penchant les unes contre les autres, en constituant une unité compacte, homogène, avec des façades linéaires sur tout le périmètre et à l'intérieur du bloc. Les immeubles situés sur le périmètre de l'îlot jouent un rôle de contreventement en soutenant ceux dans les parties centrales, ce qui favorise la stabilité de l'ensemble (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2006b).

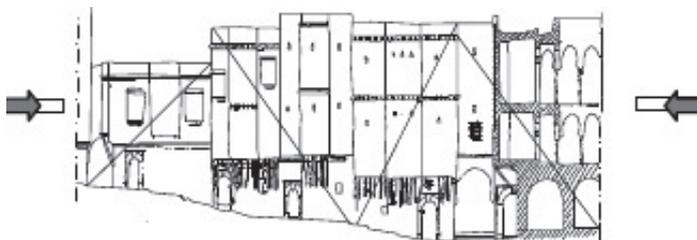
Sabats :

Nombreuses rues sont couvertes par des galeries au-dessus desquelles les immeubles s'étendent en créant des passages couverts appelés «sabats», qui constituent des éléments de coupures dans la continuité linéaire des façades. Ces éléments, réalisés horizontalement avec l'introduction de rondins en bois ou avec des voûtes en pierres ou en briques, se comportent comme des renforts qui jouent un rôle déterminant dans le contreventement des blocs entre eux (IBID.).

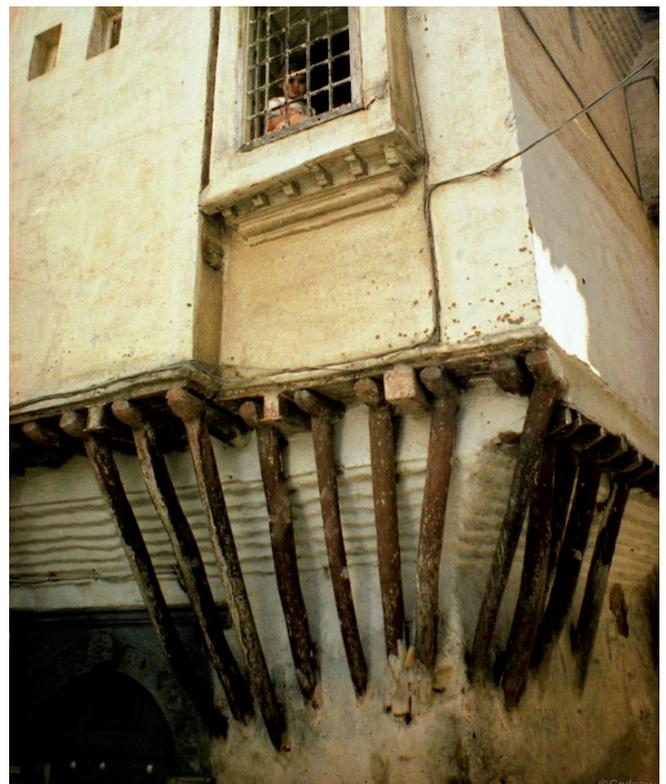
Arcs de décharge

Les constructions des médinas présentent un certain nombre d'arcs de décharge en pierre ou en briques, dont la souplesse et l'élasticité permettent le transfert des sollicitations horizontales vers le sol. Les constructions ne se comportent donc pas comme des éléments isolés, mais comme un bloc compact et dynamique.

Un dispositif supplémentaire accentue ce principe. Les mesures préventives établies suite au séisme de 1716 incluent également des poutres connectant les immeubles d'un même îlot, fonctionnant comme un contreventement (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2006b). Selon Bianchi, Secrétaire-interprète du Roi, dans la « Relation de l'arrivée dans la rade d'Alger du vaisseau de S.M. La Provence sous les ordres de M. le Comte de la Bretonnière et détails de l'insulte faite au pavillon du Roi de France par les algériens, le 3 Août 1829 » in Revue Africaine n° 21, pp 414-415, 1877 : "Dans nombreuses rues, les maisons se soutiennent les unes avec les autres au moyen de poutres disposées transversalement ; ces mesures de précaution datent de l'année 1717, quand Alger connut, pendant neuf mois en continu, des secousses du séisme de 1716, si violentes que la quasi-totalité des habitants quittèrent la ville et campèrent dans les campagnes environnantes".



Îlots dynamiques
©Abdessemed Foufa-Benouar 2010



5. Critères de vérification

Sources historiques

"Ces pièces [en bois], noyées dans la maçonnerie, se prolongeaient alternativement suivant chacun des deux murs et venaient se croiser dans l'angle. J'ai vu des maisons sapées à la base et à moitié démolies se soutenir encore grâce à cet artifice de construction" (Carette dans Algérie. L'univers ou histoire et description de tous les peuples de leurs religions, mœurs, coutumes, 1850).

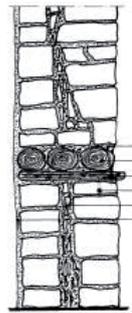
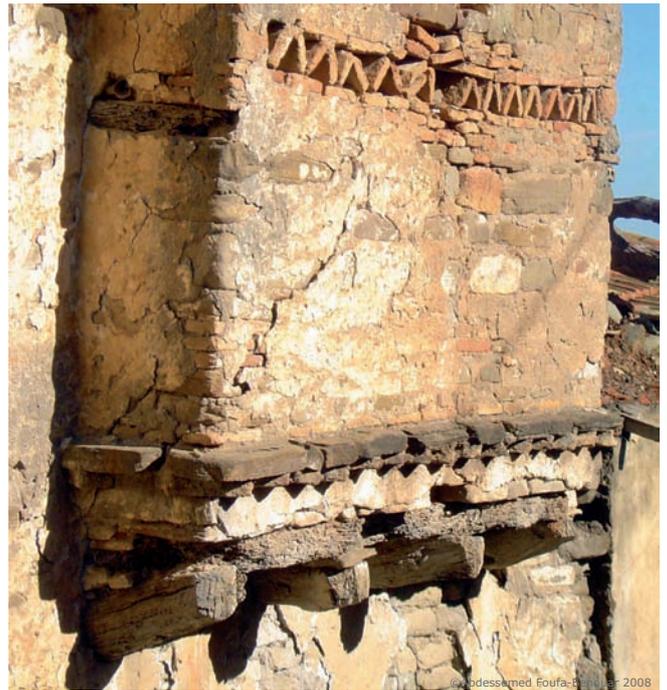
Séismes

(*Source : USGS)

1365, 02 janvier, Alger, VIII-X
 1673, 10 mars, Alger
 1716, 03 février, Matidja, intensité VII (MSK)
 1722, 30 novembre, Alger
 1756, 17 mars, VIII
 1802, VIII
 1807, (pas d'informations)
 1842, (pas d'informations)
 1850, (pas d'informations)
 1867, (pas d'informations)
 1980, 10 octobre, El Asnam, M 7.7 *
 2003, 21 mai, Boumerdes, M 6.8 *

Normes constructives

Validations scientifiques



Coupe, mur de la région d'Arès © Meda Corpus



Poteau avec chapiteau courbe ©Marjanovic

6. Observations

Dans la région d'Aurès, le principe de roulement est mis en œuvre de manière légèrement différente. Le mur en maçonnerie se compose d'une double rangée de grosses pierres de taille, intercalées à des intervalles réguliers d'environ 1m à des couches hétérogènes. Celles-ci se constituent d'une double strate d'éléments en bois : des branches de dimensions réduites disposées transversalement au mur, en dessus posés longitudinalement chaînent les murs (MEDA CORPUS, 2011a). Il est intéressant de noter comme le mortier utilisé

pour relier les unités maçonnées est, dans cette région, à base d'une terre particulièrement adhérente, ce qui pourrait contribuer à la solidarisation des portions de mur, favorisant ainsi un comportement et un glissement unitaire lors de sollicitations horizontales. En outre, les poteaux portant la toiture se caractérisent par une sorte de chapiteau soutenant deux poutres parallèles et assumant souvent une forme courbe, ce qui permet des mouvements horizontaux tout en limitant les déplacements.

7. Référence

ABDESSEMED FOUFA, Amina, 2009. « Rediscovery and Revival of Traditional Earthquake Constructive Techniques in the Algerian and Maghreb old nuclei of Algiers, Dellys, Cherchell (Algeria), Fez (Morocco) and Tunis (Tunisia) ». In : *Disaster Reduction Hyperbase International Workshop*. Tokyo.

ABDESSEMED FOUFA, Amina A., BENOUAR, Djillali, 2010. « Investigation of the 1716 Algiers (Algeria) Earthquake from Historical Sources: Effect, Damages, and Vulnerability ». In : *International Journal of Architectural Heritage*. Vol. 4, n° 3, p. 270-293.

ABDESSEMED FOUFA, Amina A., HAYET, Bendjedja, 2010. « Seismic Vulnerability of the Dey's Palace (Algiers, Algeria) ». In : *Advanced Materials Research*. Vol. 133-134, p. 789-794.

ABDESSEMED FOUFA, Amina, BENOUAR, Djillali, 2005. « Atlas of Earthquake-Resistant Traditional Techniques in Algeria: The Case of the Casbah of Algiers. Contribution for a catalogue of earthquake-resistant traditional techniques in Northern Africa: the case of Casbah of Algiers (Algeria) ». In : *European Earthquake Engineering Journal*. Vol. 2, p. 2-29.

ABDESSEMED FOUFA, Amina, BENOUAR, Djillali, 2006a. « Les techniques constructives sismo résistantes dans la Casbah d'Alger ». In : *Vies de Villes*. n° 5, p. 57-61.

ABDESSEMED FOUFA, Amina, BENOUAR, Djillali, 2006b. « The seismic behaviour in urban structure in the Medinas of the Maghreb (Algiers, Tunis and

Fez) ». In : *International Conference on Heritage Cities. The Contribution of Heritage to Sustainable Development*. Luxor.

ABDESSEMED FOUFA, Amina, BENOUAR, Djillali, 2008. *Rediscovery and Revival of Traditional Earthquake-Resistant Techniques in Algeria: The Casbah of Algiers (Algeria)*. [en ligne]. Disaster Reduction Hyperbase.

ABDESSEMED FOUFA, Amina, BENOUAR, Djillali, 2010. « Atlas of Traditional Earthquake-Resistant Techniques in Algeria: The Casbah of Algiers (Algeria) ». In : *International Disaster and Risk Conference, Global Risk Forum GRF*. Davos.

FOUFA, Amina, 2007. « Récupération des Techniques Constructives Traditionnelles Sismo- Résistantes pour un Entretien du Bâti Ancien ». In : *1ère Conférence régionale Euro-méditerranéenne. Architecture Traditionnelle méditerranéenne Présent et Futur*. Barcelone : Rehabimed. p. 535-537.

MEDA CORPUS, 2011a. *Architecture Traditionnelle Méditerranéenne: A02 Mur en pierre taillée équarrie (Algérie)* [en ligne]. Projet CORPUS, programme Euromed Heritage.

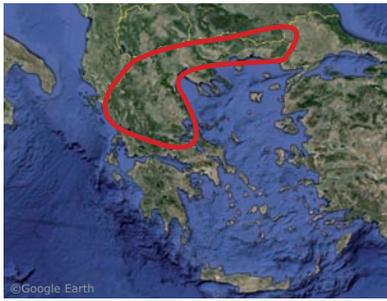
MEDA CORPUS, 2011b. *Architecture Traditionnelle Méditerranéenne: Maison de la médina d'Alger* [en ligne]. Projet CORPUS, programme Euromed Heritage.

NADJIBA, D., CHABBI-CHEMROUK, N., 2011. « The Role of Traditional Know-how in Sustaining Urban Environments: the Casbah of Algiers in Algeria ». In : *Procedia Engineering*. Vol. 21, p. 1132-1135.

HABITATIONS TOURS

Typologie **Superposition de systèmes porteurs mixtes en maçonnerie et ossature**

Pays **Grèce**



Localisation géographique
régions d'Ampelakia (Athènes),
Kastoria (nord-ouest), Mont
Pélion, Thessaloniki, Vyzitsa

Sismicité
réurrence : élevée
intensité : modérée



1. Contexte

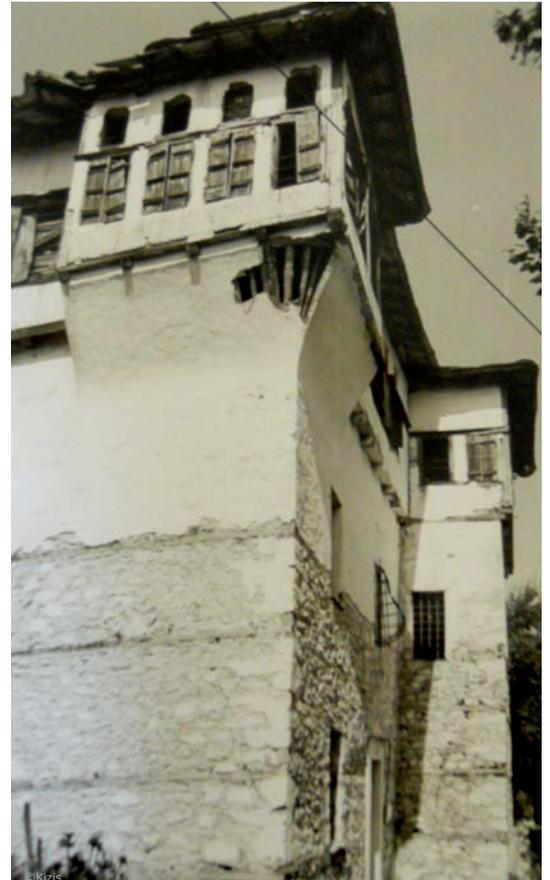
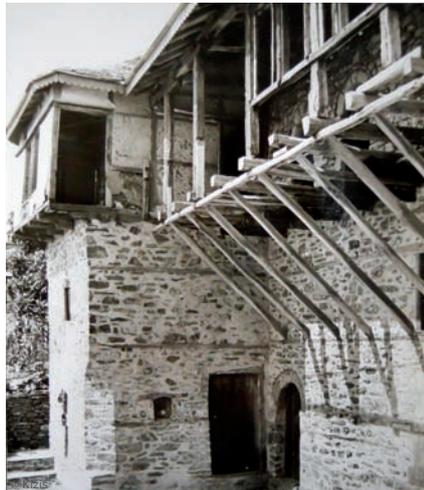
Dans nombreuses régions de la Grèce, l'architecture vernaculaire présente des caractéristiques constructives similaires à celles d'autres pays avoisinants (tels que la Bulgarie, la Macédoine et la Turquie). Leurs principaux créateurs ont été les maçons et les charpentiers grecs, toutefois leurs spécificités techniques dérivent d'un mélange de multiples facteurs, parmi lesquels très probablement les phénomènes sismiques caractérisant la péninsule grecque. Bien que les séismes présentent une période assez courte ($M < 6$ chaque 0.4 ans et $M < 7$ chaque 3 ans) (KALEVRAS, 1981), les caractéristiques de ces architectures s'ancrent dans des pratiques s'étant développées essentiellement pendant le XVIII- XIX siècles et dont la constitution et affirmation dérivent également de transformations socio-économiques qui ont eu lieu dans l'Empire Ottomane à partir de la fin du XVI siècle.

L'architecture de certaines régions, comme celle du Mont Pélion, ne s'est pas développée comme un phénomène culturel autonome, mais plutôt comme la conséquence de mouvements des populations qui, avec l'arrivée des Turcs, se déplacèrent dans des régions montagneuses fondant des nouveaux villages. La nécessité de se

protéger des attaques et des fréquents conflits qui accompagnèrent l'établissement de la domination Ottomane, donna lieu à une typologie architecturale à caractère domestique défensif (SAKARELLOU-TOUSI, LAU, 2009). À ces aspects s'ajoute la constitution de corporations d'artisans organisés en guildes, dont l'origine remonte à l'époque Byzantine, se déplaçant dans la région allant des Balkans et la Turquie. Ces groupes eurent une influence considérable sur l'introduction et la diffusion de nouvelles techniques et ainsi que sur l'amélioration de celles existantes ; processus qui donna lieu à un style, tant architectural que constructif, dont les principes sont communs à plusieurs régions mais qui se décline de fait en une multiplicité de variantes locales (KIZIS, 1977).

Les architectures qui en découlent se caractérisent par une morphologie à tour associant deux systèmes constructifs distincts : une maçonnerie en pierre avec des insertions horizontales aux étages inférieurs et une ossature en bois dans la partie supérieure ; cette dernière présente également des projections et des baies élargissant l'espace habitable et assumant un rôle fonctionnel du point de vue constructif (protection des murs, stabilisation de la maçonnerie, etc.).

Illustrations



2. Principes constructifs

Fondations / soubassement

Aucune ou semelle filante en maçonnerie de pierre à faible profondeur (environ 40cm).

Structure primaire

Rez-de-chaussée et étages inférieurs : maçonnerie de pierre avec insertions horizontales en bois

- maçonnerie: murs en pierres liées par un mortier composé de terre et/ou chaux ou de chaux et pouzzolane :
 - faces extérieures : pierres de taille ou moellons (calcaire, schiste)
 - remplissage en tout-venant : pierres de taille réduites et/ou briques
 - épaisseur du mur : 70-90cm
- insertions bois : deux ou trois poutres insérées longitudinalement sur les deux faces du mur et connectées par des traverses
 - espacement vertical : 1-1.5m à partir de 20-30cm du niveau du sol
 - bois : châtaigner, chêne, arbousier
 - dimensions :
 - poutres : section carrée 10x10 cm ; longueur 4-6m
 - pièces transversales : section carrée 6x6cm ; longueur 70-100 cm

Étages supérieurs : système à ossature avec remplissage (*tsatmas*)
- espacement des poteaux : environ 1m

Structure secondaire

Parfois une structure interne en poteaux en bois porte les planchers

Remplissage

- torchis sur baguette de chêne intégrées à la structure primaire ou sur branches de noisetier tressées (épaisseur 1-2.5cm, espacement : 20-30cm)
- pour des panneaux étroits, lattis recouvert d'enduit avec remplissage en vrac : mortier terre, chaux, sable et fibres
- petites ardoises, blocs de terre avec mortier terre, briques, baguettes en bois

Enveloppe

Toiture

Toiture à 4 pans avec pente d'environ 40-50%

- Poutres clouées aux chaînages avec parfois assemblage à mi-bois
 - section des poutres : 18x18cm
 - épaisseur des chevrons proportionnels à leur longueur (10x10/20x20cm)
- liteaux cloués à distance de 1-1.2m avec une réduction d'épaisseur vers le sommet du toit
- plafond avec des planches en bois clouées aux poutres horizontales et voligeage au-dessus des chevrons
- couverture : ardoises posées sur un mortier en terre étalé sur le voligeage

Finitions

Couches de base : enduit en terre avec fibres et stabilisants organiques (bouse de vache)
épaisseur : 2.5-3.5cm

Couche de finition : mélange de chaux, sables fins, poils de chèvres ou lin, et parfois plâtre
épaisseur : 3-5mm
stabilisant organiques : huile d'olive, œufs, lait, cire pour augmenter les qualités adhésives ;

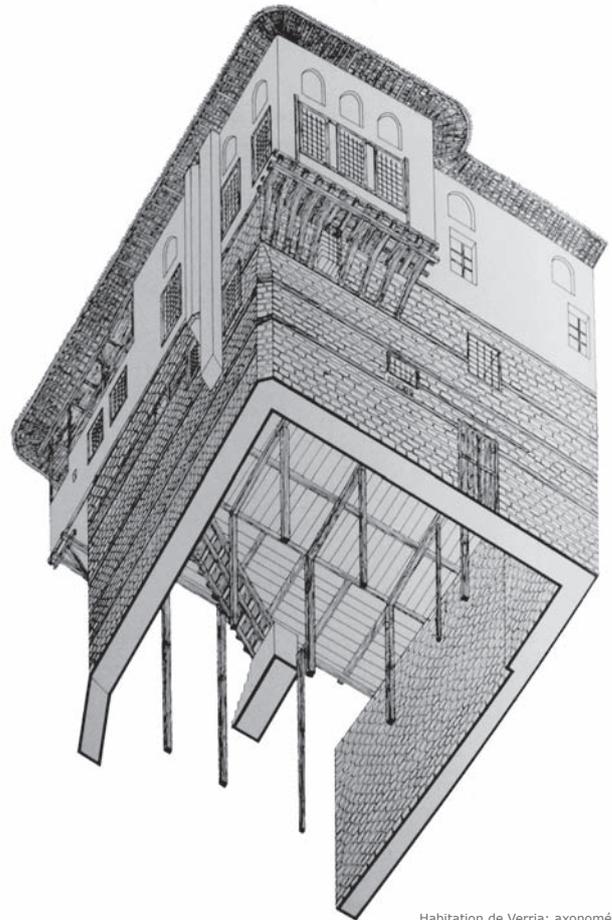
Plafonds : planches en bois (30-50x5-20mm) disposées à une distance de 10cm comme support pour un enduit (épaisseur : 10mm première couche et 6mm couche de finition)

Connexions

Insertions horizontales :

- aux angles et pour la connexions avec des pièces transversales : clous et/ou assemblages à mi-bois
- raccords : assemblages à mi-bois, en sifflet parfois avec entaille résistant à la traction et/ou avec pièce en bois clouée

Ossature : clous ou assemblages par tenon et mortaise



Habitation de Verria: axonométrie
©Moutsopoulos



3. Particularités constructives

Maçonnerie :

- harpage des pierres aux angles ;
- le mortier est progressivement lavé sur le côté extérieur du mur donnant une apparence de maçonnerie sèche ; cela risque parfois de provoquer une perte de cohésion du mortier.

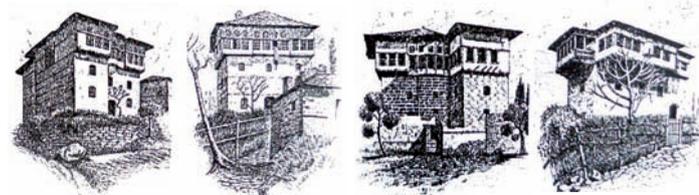
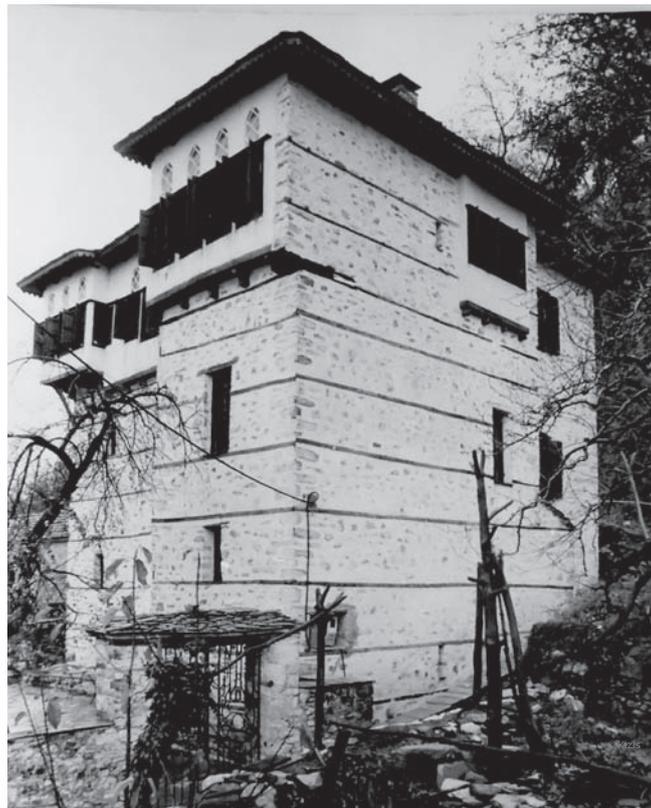
Insertions horizontales en bois :

- pour diminuer la dégradation du bois, des essences particulières (châtaigner ou chêne) sont utilisées pour les éléments en façade et d'arbousier, plus résistant au pourrissement, pour les pièces transversales ;
- parfois, si les insertions horizontales ont un espacement vertical relativement important, les rangées de maçonnerie présentent une double ou triple insertion de planches uniquement en correspondance des angles, pour en augmenter la résistance ;
- dans certains cas une seule poutre en bois est mise en place au centre ou sur la face interne du mur ; dans d'autres cas, les insertions couvrent l'épaisseur entière du mur (VINTZILEOU, 2008) ;
- les jambages supportant les projections des étages supérieurs sont fixés aux poutres insérées sur la face extérieur des murs.

Ossature :

- les poutres sont généralement surdimensionnées ;
- les éléments sont assemblés en constituant une ossature dont l'équilibre final dépend moins du poids individuel de chaque pièce et plus de leur liaison mutuelle ;
- les joints restent élastiques permettant à l'ossature de résister aux sollicitations horizontales et diagonales (séismes, tassements du sol).

La structure à ossature en bois et celle en maçonnerie sont liées verticalement et horizontalement, travaillant ainsi conjointement.



Typologies architecturales
©Kizis



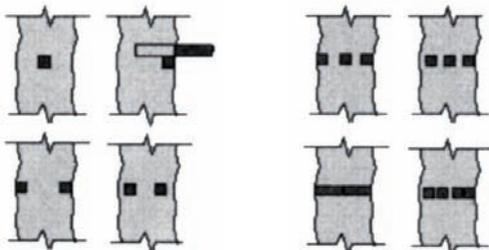
4. Principes parasinistres

Les insertions en bois permettent :

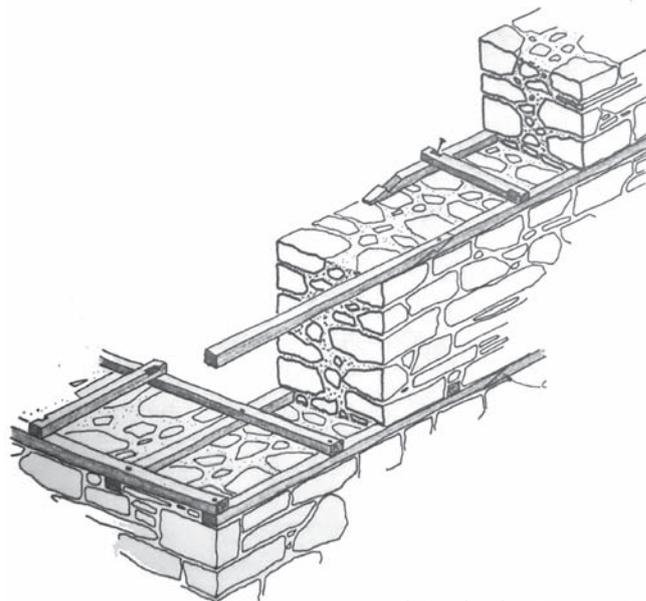
- de contraster le tassement différentiels du sol et les sollicitations sismiques ;
- une répartition homogène des charges au sol et une compensation en cas de défaillance de certaines parties de la maçonnerie ;
- de prévenir des déformations accidentelles du mur pendant sa construction.

Des observations conduites suite au séisme de 1955 ont permis de constater les suivants types de dommages :

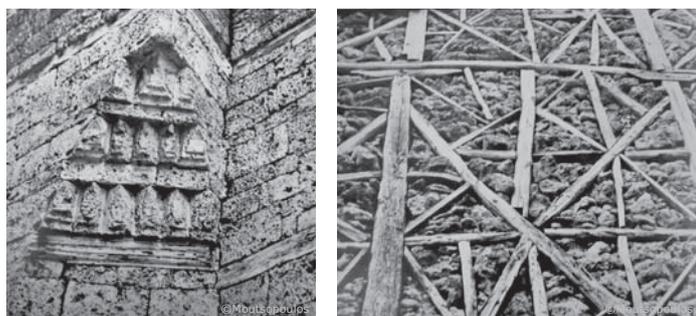
- une fissuration en diagonale dans la maçonnerie causée par le dépassement de la capacité de résistance du mur au cisaillement ;
- une séparation des murs extérieurs avec ceux perpendiculaires à cause de connexions insuffisantes entre les éléments en bois.



Insertions horizontales : disposition dans le mur ©Vintzileou



insertions horizontales : disposition et connexions ©Kizis



5. Critères de vérification

Sources historiques

Séismes

(*Source : USGS)

- 1955, 21 avril, Volos (Magnissia), M 6.0
- 1978, 20 juin Thessaloniki (Volvi) M 6.6 *
- 1980, 12 juin, Volos (Magnissia), M 5.4
- 1981, 24 février, Athènes (Alkyonides) M 6.8 *

Normes constructives

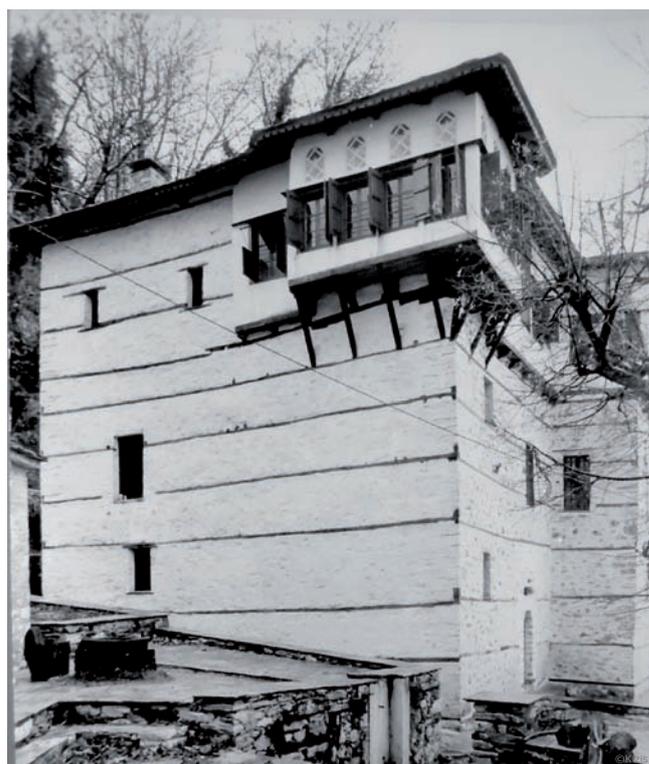
Validations scientifiques

Des essais expérimentaux et des modélisations effectuées à la National Technical University d'Athènes ont permis de constater que les insertions en bois (VINTZILEOU, 2008) :

- apportent une augmentation de l'ordre de 10-20% de la résistance de la maçonnerie à la compression ;
- assurent la fonction de renforcement et de confinement, admettant une fissuration importante de la maçonnerie sans qu'une désintégration se produise ; ce qui est témoigné notamment par une amélioration de la capacité de résistance à une déformation verticale. En effet, la présence d'insertions horizontales en bois retarde la formation de fissures diagonales et détermine une réduction significative de la profondeur des fissures transversales et verticales sur les deux faces du mur ;

De fait, elles offrent des marges de sécurité sensiblement plus importantes que la maçonnerie ordinaire, en particulier en considération de la capacité de déformation avant la rupture et de la résistance au cisaillement.

(pour des informations supplémentaires au regard des systèmes à ossature et en maçonnerie avec insertions voire également les fiches spécifiques : *hımiş- bağdadi* et *hatıl*)



6. Observations

L'insertion d'éléments horizontaux en bois dans une structure porteuse en maçonnerie est largement répandue en toute la Grèce (VINTZILEOU, 2008), avec néanmoins des variations liées essentiellement à la typologie architecturale propre à chaque région (AKERMANN, JUVANEC, 2011).

Dans les plaines, l'utilisation d'une maçonnerie en briques de terre crue est considérablement plus répandue, caractérisant parfois l'ensemble du bâtiment (région de Thessalie, préfecture de Karditsa) et donnant lieu à des morphologies architecturales compactes et massives. Dans les zones intermédiaires, une logique d'allègement structurel est appliquée : les étages inférieurs sont réalisés avec une maçonnerie de pierre et les étages supérieurs en maçonnerie de briques en terre crue ou en torchis. Ce principe est d'ailleurs largement diffus dans les zones du pays les plus assujetties à des phénomènes sismiques (régions de Macédoine, Thessalie et de la Grèce centrale).

Certaines modifications effectuées au cours des siècles passés ainsi que la dégradation des éléments en bois ont conduit à des affaiblissements structurels assez importants. À titre d'exemple, des agrandissements des ouvertures engendrent un découpage des insertions horizontales en bois avec une conséquente fragilisation des murs, en particulier aux angles, causant la fissuration ou la désolidarisation de murs orthogonaux lors des sollicitations sismiques (KIZIS, 1977).



©Moutsopoulos

7. Référence

AKERMANN, Kristina, JUVANEC, Borut, 2011. *Terra Europae: earthen architecture in the European Union*. Pisa : ETS. Coll. Progetti saperi sentieri.

DIAMANTOPOULOU, Anastasia Diam, 1987. *Ambelakia*. Athènes : Melissa Publishing House. Coll. Greek Traditional Architecture.

DOUDOUMIS, I. N., DELIGIANNIDOU, J., KELESI, A., 2005. « Analytical Modeling of Masonry-infilled Timber Truss-works ». In : *5th GRACM International Congress on Computational Mechanics* [en ligne]. Limassol : Greek Association of Computational Mechanisms, University of Cyprus.

HATZITRIFON, Nikolaos K., 2004. « Bearing capability of historical timber framed walls, infilled or lattice covered ». In : *Proceedings of the 2nd National Congress on Appropriate Interventions for the Safeguarding of Monuments and Historical Buildings*. Thessaloniki.

KALEVRAS, Vladimir C., 1981. « Design, construction, behavior and repair problems of rural structures in Greece ». In : *Conference proceeding International Workshop Earthen Buildings in Seismic Areas*. New Mexico : The National Science Foundation; Appropriate Technology International (ATI); Office of Foreign Disaster Assistance (OFDA).

KIZIS, Yannis, 1977. *Traditional houses of Pelion (a conservative approach)*. Diploma in Conservation of Historic Buildings. York : University of York, Institute of Advanced Architectural Studies.

KIZIS, Yannis, 1979. « Timber framed houses of Pelion, Greece ». In : *Vernacular Architecture*. Vol. 10, p. 10.03-10.09.

KIZIS, Yannis, 1986. *Pilioritiki Ikodomia. Domestic architecture in Pelion from the 17th to the 19th century*. PhD Thesis. Athènes : University of Athens.

KIZIS, Yannis, 1992. *Thrace*. Athènes : Melissa Publishing House. Coll. Greek Traditional Architecture.

SAKARELLOU-TOUSI, Natalia, LAU, Benson, 2009. « The Vernacular Dwellings of Mount Pelion in Greece: A migratory living pattern ». In : *Architecture Energy and the Occupant's Perspective*. Quebec : Les Presses de l'Université Laval.

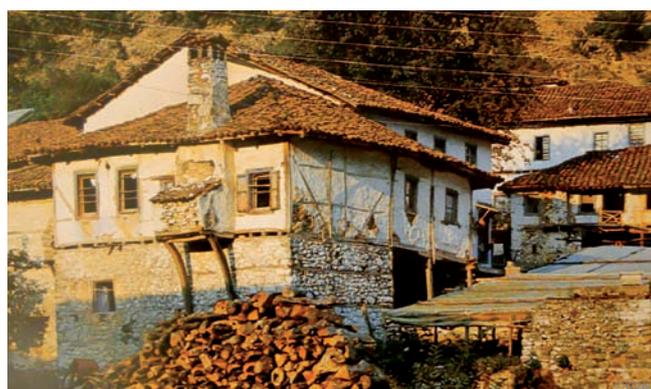
VINTZILEOU, Elizabeth, 2008. « Effect of Timber Ties on the Behavior of Historic Masonry ». In : *Journal of Structural Engineering*. Vol. 134, n° 6, p. 961-972.



©Diamantopoulou



©Mecca



KOTI BANAL / KATH-KHUNI

Typologie **Système porteur hybride en maçonnerie de pierres et cadres en bois**

Pays **Inde**

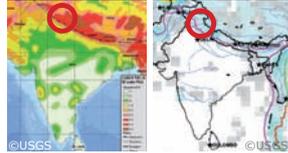


Localisation géographique

nord de l'Etat de l'Uttarakhand :
vallées des rivières Yamunâ, Bhagirathi et Tons,
région de Rajgarhi, district de Uttarkashi
Sud de l'Etat de l'Himachal Pradesh :
vallée de la rivière Sutlej

Sismicité

réurrence : élevée
intensité : élevée



1. Contexte

Le nom de ce système constructif varie selon les zones : en Uttarakhand il est appelé *sumer* ou *koti banal*, du nom d'un village situé dans la vallée de la rivière Yamunâ, tandis qu'en Himachal Pradesh il est connu comme *kath-khuni*. Bien qu'en intégrant des variantes typologiques locales, les bâtiments réalisés avec ce système présentent des caractéristiques très similaires. Le style architectural qui lui est associé témoigne de procédures de construction particulières, dérivantes d'une compréhension des effets des séismes sur le bâti ainsi que de la capacité de ses constructeurs à élaborer de solutions pour les réduire (RAUTELA, JOSHI, SINGH, ET AL., 2008).

Les bâtiments s'élèvent sur plusieurs niveaux et ils sont couronnés, en correspondance des deux derniers étages, par une véranda faisant, en porte-à-faux, le pourtour de l'édifice. Ils possèdent essentiellement une fonction d'habitation unifamiliale mais, dans le passé, ils assumaient parfois le caractère de vraies et propres forteresses permettant une protection envers des attaques extérieures, même pendant plusieurs semaines.

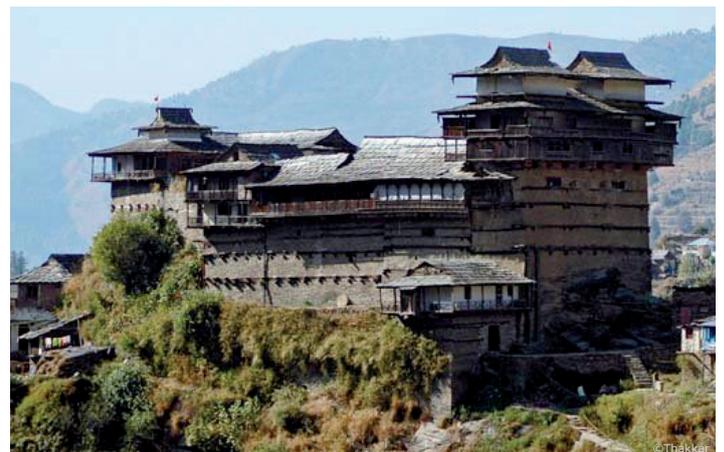
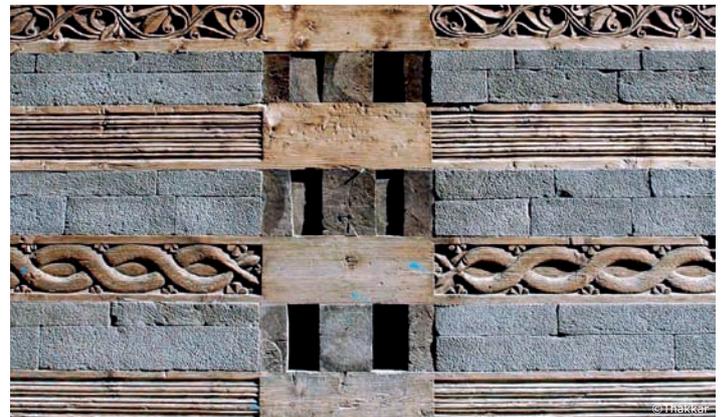
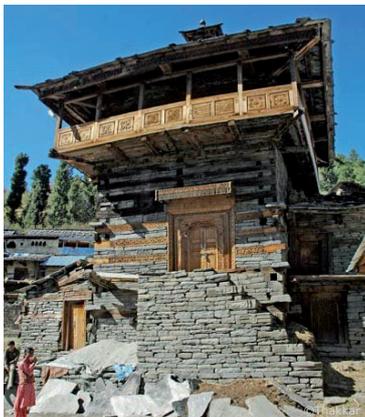
Leur construction se base sur l'utilisation d'un système de doubles poutres horizontales rapprochées et intégrées dans une maçonnerie

de pierres, donnant lieu à une structure porteuse hybride. En effet, elle présente un double mécanisme de répartition des charges : les murs en maçonnerie portent les charges verticales, tandis que les poutres interconnectées reprennent celles horizontales (RAUTELA, JOSHI, 2007).

Des investigations par radiocarbone (C14) ont permis d'estimer que cette technique est employée dans ces régions depuis environ 1000 ans. Cependant, en raison de son caractère privilégiant des aspects strictement fonctionnels au confort des habitants, des modifications du principe structurel originaire ont été apportées depuis déjà 700 ans (IBID.).

Ces anciennes constructions présentent différents dispositifs qui correspondent à certains principes préconisés par le génie parasismique actuel (RAUTELA, JOSHI, SINGH, ET AL., 2008). À l'état actuel, elles ne montrent aucun signe de dégâts rapportables à des phénomènes sismiques, bien qu'elles se situent dans une région où, au cours des siècles passés, plusieurs tremblements de terre se sont produits (RAUTELA, JOSHI, 2008).

Illustrations



2. Principes constructifs

Fondations / soubassement

Les fondations se composent d'une tranchée excavée à une profondeur d'environ 60-90cm (RAUTELA, JOSHI, 2007) et remplie avec des moellons, parfois liés par un mortier de terre (SAKLANI, NAUTIYAL, NAUTIYAL, 1999). En dessus des fondations, une plateforme en maçonnerie en pierre sèche et remplie avec des gravats constitue le socle du bâtiment.

Hauteur de la plateforme : 1.8 - 4m du sol

Structure primaire

Dimensions :

Hauteurs : - bâtiment : 7-12m, mais pouvant atteindre 17m
- étages : 2.20-2.50m

Plan : longueur et profondeur : 4-8m avec une proportion entre 1.1-1.4

Murs : système de doubles poutres en bois parallèles, disposées horizontalement et alternées avec une maçonnerie en pierres plates maçonnées à sec, avec un mélange à base de lentilles ou un mortier à base de chaux et/ou terre (RAUTELA, JOSHI, SINGH, ET AL., 2008).

Des doubles poutres en bois relient le milieu de murs opposés dans les deux directions, et se croisent au centre du bâtiment, divisant la structure en quatre parties.

Dans la partie inférieure des murs extérieurs et dans les murs intérieurs, les poutres ont une section rectangulaire et reposent directement les unes sur les autres (insertions rapprochées).

Dans la partie supérieure des murs extérieurs, les poutres ont une section carrée et sont alternées à des cours de maçonnerie en pierres plates.

- épaisseur du mur : 45-70cm
- densité moyenne d'un mur porteur: entre 40% et 45%

Planchers : planches en bois (épaisseur 20-22mm) reposant sur des solives soutenues par des poutres ou des murs.

La portée moyenne correspond à la moitié de la largeur du bâtiment

Structure secondaire

Deux derniers étages : ossature en bois avec parement en planches essence : cèdre

Remplissage

Enveloppe

Toiture

À 2 ou 4 pans avec structure et liteaux en bois
Couverture en tuiles d'ardoise

Finitions

À l'extérieur : aucune

À l'intérieur : parfois, badigeon et/ou enduit de terre ou de chaux

Connexions

Assemblages par tenon et mortaise, chevilles et clous



Plateforme de soubassement



Superstructure



Clés de cisaillement

Assemblages



3. Particularités constructives

La construction a lieu sur des terrains aux caractéristiques variées (plat, en pente, accidenté), mais généralement en correspondance d'une crête solide ou d'un sol rocheux. En cas d'affleurement rocheux en surface, la plateforme de maçonnerie en pierre sèche est érigée sans aucune excavation préalable (RAUTELA, JOSHI, SINGH, ET AL., 2008).

Dans la partie basse des murs, les poutres en bois sont interconnectées horizontalement et verticalement, constituant un chaînage tridimensionnel très solide ; en revanche dans les parties supérieures les poutres ont principalement fonction de renforcement et ne sont pas reliées verticalement entre elles (IBID.). Aux angles, les poutres perpendiculaires sont connectées par des clous et des chevilles en bois, ce qui confère continuité au chaînage horizontal constituant une seule et unique pièce à comportement homogène (AGRAWAL, SHAH, 2001). En outre, plus la construction monte en hauteur, plus les assises en pierres ont une épaisseur réduite, jusqu'à disparaître complètement, substituées par un empilement successif de seuls cadres en bois qui complète la structure de la toiture du bâtiment (THAKKAR, MORRISON, 2008).

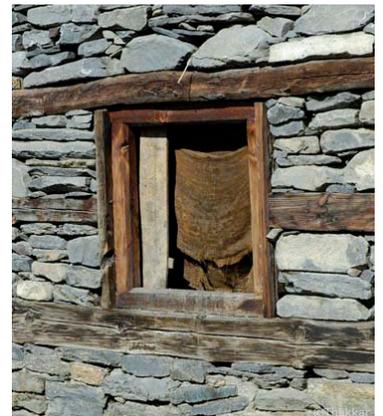
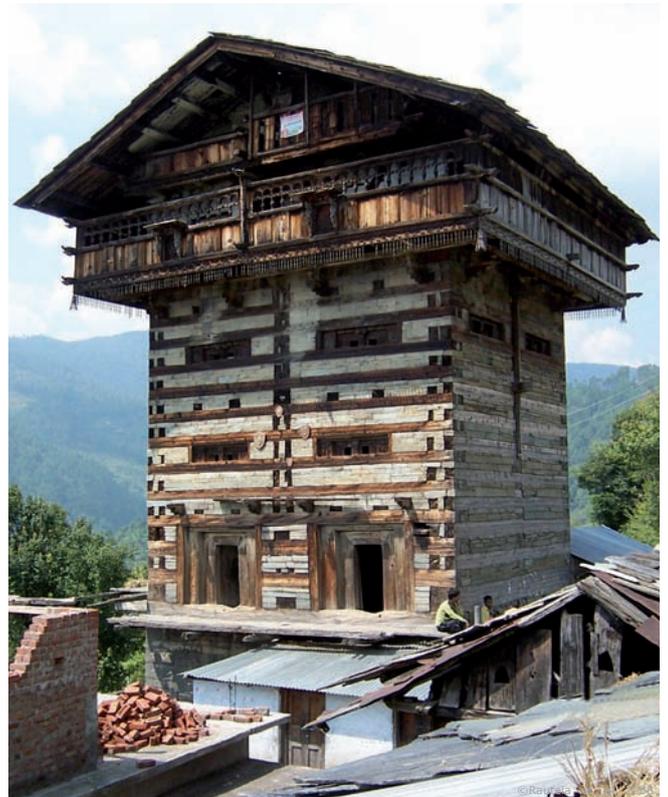
Les poutres les plus basses sont intégrées à la plateforme de base (RAUTELA, JOSHI, SINGH, ET AL., 2008).

Les bâtiments sont généralement isolés mais, dans les villages, ils peuvent être proches les uns des autres, à une distance non inférieure à 2-4m. Parfois, deux bâtiments rapprochés accueillant deux unités de la même famille sont reliés entre eux au niveau des vérandas des derniers étages, tout en restant indépendants au niveau structurel. De manière similaire, dans certaines régions l'agrandissement d'une maison se fait en ajoutant d'autres corps structurellement indépendants mais reliés par des terrasses et des escaliers en bois (THAKKAR, MORRISON, 2008).

Le processus de construction a lieu en une seule phase et, généralement, le bâtiment est conçu depuis le départ dans ses dimensions finales. Deux procédés distincts correspondent aux deux différentes parties constructives : dans la partie inférieure des murs, les pierres sont utilisées uniquement comme remplissage entre les poutres, la construction de la structure en bois se déroule donc en premier ; dans les parties supérieures, la structure en bois et la maçonnerie sont mises en place de manière alternée et assumée, de fait, toutes les deux un rôle structurel (RAUTELA, JOSHI, SINGH, ET AL., 2008).

L'essence de cèdre a été employée pour les insertions et les parties en bois, en garantissant une très bonne qualité et résistance. Dans de nombreux cas, les poutres exposées aux intempéries sont encore intactes après plus de 700 ans, sans qu'aucun type d'entretien particulier ait été effectué (IBID.).

Les ouvertures sont de taille réduite et sont entourées par des éléments en bois massif, fixés aux doubles poutres ; ce qui permet de compenser une éventuelle fragilisation structurelle dérivant d'une interruption de la continuité de la maçonnerie et des insertions horizontales. Généralement aucune ouverture n'est présente au rez-de-chaussée, mise à part pour l'unique porte d'entrée (IBID.).



4. Principes parasinistres

La plateforme surélevée et les poutres en bois au niveau du socle limitent les effets vibratoires impartis par le séisme à la superstructure. La massivité du socle contribue à garder le centre de gravité du bâtiment et le centre des masses proches entre eux et près du sol (RAUTELA, JOSHI, 2007). Ce dernier aspect est également accentué par des proportions variables de pierre et bois. Les parties inférieures du bâtiment sont composées d'une plus grande masse en pierre et présentent une majeure stabilité, tandis que les parties supérieures deviennent de plus en plus légères grâce à une augmentation des éléments en bois et une réduction des portions en maçonnerie ; ce qui favorise également une incrémentation de flexibilité structurelle dans la partie supérieure (THAKKAR, MORRISON, 2008).

Les pierres entre les poutres sont maçonnées principalement à sec, ce qui fournit une certaine liberté de mouvement latéral, sans que cela provoque des dégâts (RAUTELA, JOSHI, SINGH, ET AL., 2008). En particulier, le type d'empilement des pierres adopté pour les fondations et la plateforme permet aux murs de s'adapter à des éventuels mouvements sans que la capacité structurelle soit compromise : grâce aux pierres coupées et mises en œuvre avec des côtés légèrement inclinés vers l'intérieur, chaque mouvement du sol serre l'ensemble encore plus étroitement (IBID.).

L'emploi de poutres horizontales se rapproche du concept des bandes sismiques (chaînages) employées dans les constructions récentes en maçonnerie (IBID.). Le système de doubles poutres horizontales connectées par tenon et mortaise agit comme un cadre contreventé par la maçonnerie, fournissant une rigidité et une capacité à résister aux déformations identiques dans les deux directions. Ce principe est valable spécialement dans les parties inférieures des murs où les poutres constituent un système tridimensionnel et les pierres ne portent aucune charge (RAUTELA, JOSHI, 2008).

Les déplacements en hors plan des murs parallèles aux solives sont restreints par l'intégration d'une poutre de la même longueur que le bâtiment présentant deux trous aux extrémités dans lesquels est insérés un élément vertical (clé de cisaillement) de la longueur de plusieurs étages (RAUTELA, JOSHI, SINGH, ET AL., 2008).

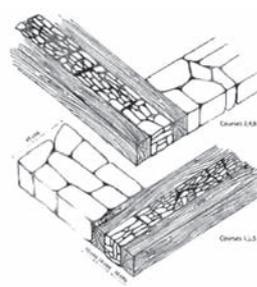
Les assemblages employés agissent comme des connexions semi-rigides, augmentant la capacité de résistance de l'ensemble et permettant des déplacements minimaux aux angles (RAUTELA, JOSHI, 2007).

Si poussés à la limite de leur capacité, les murs et les planchers tendent à céder graduellement tout en continuant à porter des charges élevées et absorbant une élevée quantité d'énergie avant l'effondrement (RAUTELA, JOSHI, 2008).

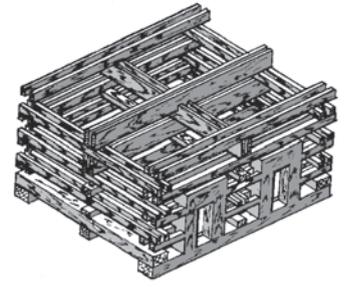
Les planchers et la structure de la toiture constituent des diaphragmes flexibles portés par des éléments rigides en maçonnerie résistants dans les deux directions, selon une logique similaire aux principes préconisés dans les règles FEMA 310 (RAUTELA, JOSHI, 2008).

Caractéristiques constructives qui améliorent le comportement du bâtiment vis-à-vis de sollicitations sismiques :

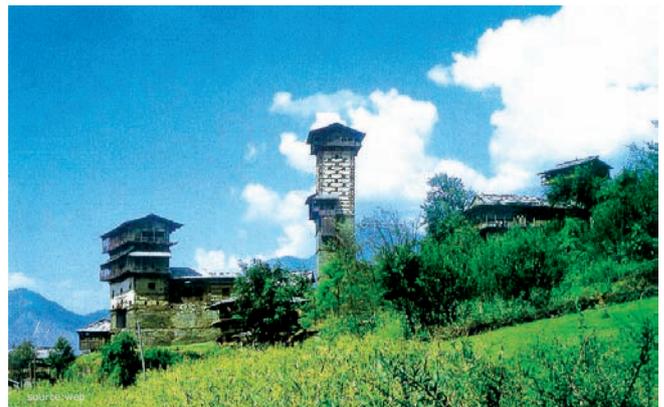
- la configuration du bâtiment (forme régulière tant dans le plan qu'en élévation) et une distribution uniforme et symétrique des masses, minimisant les effets de torsion et la concentration des sollicitations (RAUTELA, JOSHI, SINGH, ET AL., 2008) ;
- les connexions entre les murs, les planchers et la toiture : les murs extérieurs sont connectés à chaque niveau diaphragmatique par des ancrages permettant de contraster les sollicitations en hors plan (IBID.).
- Cadres en bois : les assemblages par tenon et mortaise réduisent les forces de cisaillement et fournissent une grande résistance envers les forces d'inertie ;
- Toiture : bien que la couverture soit réalisée avec des matériaux lourds, les tuiles gardent une certaine souplesse grâce à la fixation à la charpente en un seul point ; ce qui favorise la dissipation d'énergie et une adaptation aux charges de la neige (THAKKAR, MORRISON, 2008) ;
- l'utilisation du bois comme matériau structurel à comportement élasto-plastique apportant flexibilité au système et favorisant une dissipation de l'énergie (RAUTELA, JOSHI, 2007).



Remplissage de l'espace entre les poutres avec des cailloux de petite taille ©Thakkar



Disposition des poutres horizontales à l'échelle du bâtiment (adapté de Saklani et al. 1999)



Temple - château de Joginis à Chaini

Architecture Garhwali, village de Kharsali



Architecture Garhwali, village de Kharsali: détail



source: Web

5. Critères de vérification

Sources historiques

Middlemiss indique le bon comportement des ces constructions situées près de l'épicentre du séisme du 1905 (Rautela et al. 2008) : Middlemiss, C.S. (1910) *Preliminary account of the Kangra earthquake of 4th April 1905*, Mem.Geol. Soc. India, 32, 258-294, Geol. Surv. India, Calcutta
 Middlemiss, C.S. (1910) *The Kangra earthquake of 4 April 2005*, Mem. Geol. Surv. India 38, 405.

Séismes

(* Source : USGS)

1720, Kumaun, M > 8
 1803, Garhwal, Mw 8.09
 1897, 12 juin, Plateau de Shillong, M 8.3 *
 1905, 04 avril, Kangra-Kulu, M 7.5 *
 1934, 15 janvier, Bihar-Népal, M 8.1 *
 1950, 15 août, Assam-Tibet, M 8.6 *
 1991, 20 octobre, Garhwal, M 6.8 *
 1999, 29 mars, Chamoli (région de Garhwal), M 6.6

Normes constructives

Validations scientifiques

Des analyses scientifiques ont montré que ce type de structures présente un schéma complet de répartition de charges induites par des sollicitations sismiques. Les sollicitations horizontales sont transmises par les murs transversaux aux murs perpendiculaires par les diaphragmes horizontaux, qui distribuent les efforts aux éléments verticaux qui à leur tour transmettent les sollicitations aux fondations (RAUTELA, JOSHI, 2007).

6. Observations

Au fil du temps, ces bâtiments ont été progressivement abandonnés à cause d'une dégradation du niveau de vie des habitants, de la rareté du bois (SHANKAR, 2006), du manque d'artisans compétents et de la difficulté à assurer un entretien régulier (RAUTELA, JOSHI, 2007). Néanmoins, les dommages subis suite à des séismes récents ont été quasiment nuls (SAKLANI, NAUTIYAL, NAUTIYAL, 1999).

Privilégiant l'aspect fonctionnel, ces bâtiments ne répondent généralement pas à des critères de confort ; ce qui a conduit à des modifications et altérations des principes constructifs qui ont, dans nombreux cas, déterminé un affaiblissement structurel. En particulier, on peut constater un passage graduel d'une trame serrée de poutres en bois à un espacement vertical variable (10-100cm) et une utilisation des insertions horizontales uniquement en tant que chaînages (RAUTELA, JOSHI, 2007). D'autre part, dans ces régions on peut constater l'utilisation de systèmes proches à l'insertion d'éléments en colonne (principe du *cator and cribbage*) ainsi que d'agrafes verticales permettant d'accroître l'intégrité des sections en maçonnerie, selon un principe similaire à celui présent dans l'architecture vernaculaire du Nuristan (Afghanistan).

Ce système constructif a été également employé pour la réalisation de palais, de temples et de structures militaires. Bien qu'aujourd'hui le niveau économique de leurs habitants se situe entre pauvreté et classe moyenne, quand elles ont été construites, les propriétaires appartenaient à une classe sociale élevée (IBID.).

7. Référence

AGRAWAL, D.P., SHAH, Manikant, 2001. *Earthquake Resistant Structures of Himalayas* [en ligne]. Infinity Foundation.

RAUTELA, Piyoosh, JOSHI, Girish Chandra, 2007. *Earthquake safety elements in traditional Koti Banal architecture of Uttarakhand, India*. Dehradun : Disaster Mitigation and Management Centre, Department of Disaster Management, Government of Uttarakhand.

RAUTELA, Piyoosh, JOSHI, Girish Chandra, 2008. « Earthquake-safe Koti Banal architecture of Uttarakhand, India ». In : *Current Science*. Vol. 95, n° 4, p. 475-481.

RAUTELA, Piyoosh, JOSHI, Girish Chandra, SINGH, Yogendra, et al., 2008. *Timber-reinforced Stone Masonry (Koti Banal Architecture) of Uttarakhand and Himachal Pradesh, Northern India* [en ligne]. Housing Report, World Housing Encyclopedia.



Temple - château de Joginis à Chainti

SAKLANI, Pradeep M., NAUTIYAL, Vinod, NAUTIYAL, K.P., 1999. «Sumer, Earthquake Resistant Structures in the Yamuna Valley, Garhwal Himalaya, India». In : *South Asian Studies*. Vol. 15, n° 1, p. 55-65.

SHANKAR, Pratyush, 2006. « Understanding change in Himalayan vernacular houses ». In : *3rd International Seminar on Vernacular Settlements* [en ligne]. Surabaya : Mountain Forum.

THAKKAR, Jay, MORRISON, Skye, 2008. *Matra. Ways of Measuring Vernacular Built Forms of Himachal Pradesh*. Ahmedabad : SID research Cell, School of Interior Design, faculty of Design, CEPT University.

THAKKAR, Jay, MORRISON, Skye, 2009. « An Analysis of Kath-Khuni Architecture as a Sustainable Humane Habitat in Himachal Pradesh ». In : *International Conference on Humane Habitat (ICHH)*. Mumbai : International Association for Humane Habitats.

CATOR and CRIBBAGE

Typologie **Structure en cage tridimensionnelle continue en bois et maçonnerie**

Pays **Pakistan**

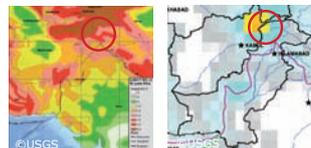


Localisation géographique

Cachemire : du Nuristan au Baltistan (Vallée de Hunza);

Sismicité

réurrence : modérée
intensité : élevée



1. Contexte

La technique caractérisant les architectures des vallées du nord du Pakistan a une origine très ancienne, se situant probablement au Ladakh (HUGHES, 2007b). Elle a été employée dans des constructions datant de plusieurs centaines d'années comme le Baltit Fort (Pakistan du Nord, XV siècle) et le Shigar Fort (Baltistan, XVII siècle), voire des milliers d'années comme dans le cas de la tour Altit (HUGHES, 2000). Apparue probablement à une époque préislamique, elle a été utilisée essentiellement pour des ouvrages à caractère défensif (HUGHES, 2007b) et en partie pour des bâtiments à usage civil tels que des habitations, des mosquées et des tours de guet (pouvant atteindre 5-6 étages de hauteur).

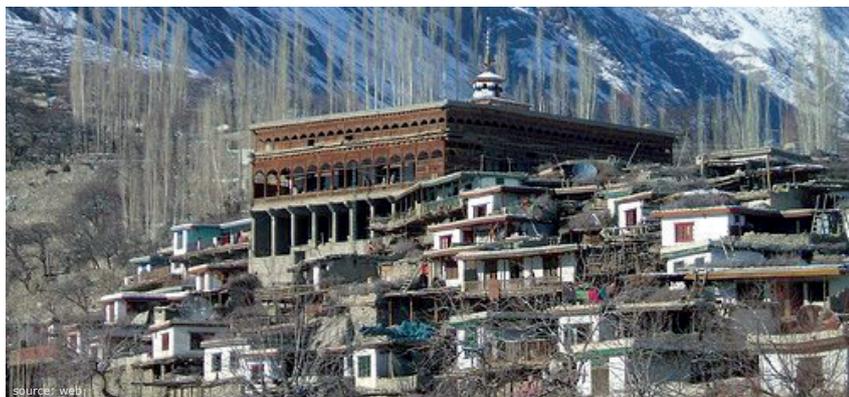
L'appellation de cette technique, *cator and cribbage*, dérive du principe structurel employé, constitué par une cage creuse en bois. En correspondance des angles du bâtiment et au croisement de murs perpendiculaires, des colonnes sont réalisées par l'empilement (*cribbage*) de pièces en bois à section carrée, superposées à deux à deux et orientées en direction opposée. Ces empilements constituent des sortes de colonnes creuses hautes de un à plusieurs étages, connectées entre elles par des poutres horizontales en

bois (*cators*) positionnées sur les côtés intérieurs et extérieurs de murs en maçonnerie en pierres (KONTOGIANNIS, 2010). Les éléments composant ces colonnes sont connectés entre eux par des assemblages, permettant à l'empilement de bouger de manière unitaire comme une colonne vertébrale. Le vide entre les éléments en bois est rempli avec une maçonnerie.

Pendant la campagne militaire du 1891, l'armée britannique constata les avantages de ce type de construction qui est capable de résister à des sollicitations dynamiques, telles que l'impact de boules de canons ou de phénomènes sismiques (HUGHES, 2000).

Ce système constructif ressemble, selon certains chercheurs (HUGHES, 2007b), à une ancienne version du béton armé, où le bois est employé pour sa capacité de résistance à la traction et à la flexion et la pierre pour sa résistance à la compression. Le principe structurel du *cribbage* peut être mis en relation avec la technique du «cogs», employée dans les mines de charbon du XIX siècle, qui paraît avoir été largement utilisée à Londres pendant l'époque romaine et médiévale pour la construction des quais (HUGHES, 2000).

Illustrations



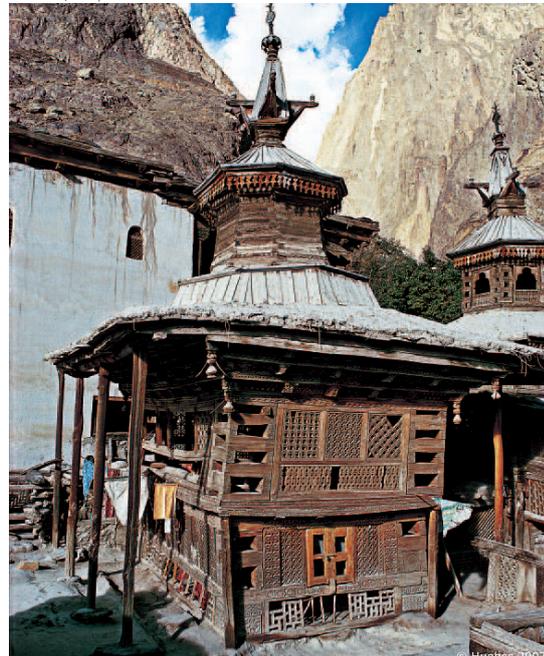
village de Machlu



Khaplu, mosquée



Baltistan, temple de Mir Aref



2. Principes constructifs

Fondations / soubassement

En cas de substrat rocheux superficiel, aucune fondation n'est réalisée. Semelle continue en maçonnerie de pierres avec mortier de terre :

- profondeur : 30-75 cm
- épaisseur correspondant à celui de la superstructure

Aucune liaison n'est effectuée entre la structure en bois et les fondations.

Structure primaire

Cage en bois constituée d'un empilement vertical de poutres avec un système de colonnes creuses :

- colonnes (*cribbage*) : superpositions de courtes pièces en bois orientées de façon perpendiculaire et connectées par des assemblages avec tourillons
- poutres horizontales (*cators*) en bois disposées dans les côtés intérieurs et extérieurs du mur :
- des traverses en bois les connectent entre elles à des intervalles d'environ 1m, selon un principe d'échelle
- section 5x12cm
- espacement vertical : 30-130cm
- bois : pin, noyer, abricot, genévrier

Maçonnerie : pierre ou briques de terre crue (à partir de la fin du 19ème siècle) liées par un mortier de terre

- l'intérieur du mur est progressivement rempli avec des gravats, des éclats de pierre dérivant de la coupe et le mortier restant
- pierres employées : granit, gneiss, ardoise, marbre, basalte
- terre : terre silteuse, généralement riche en quartz et mica

Plancher : solives et planches en bois

Structure secondaire

Système en poteaux - poutres en bois pour des loggias, des vérandas et des avant-toits

Remplissage

Enveloppe

Toiture

Toiture plate avec poutres et planches en bois

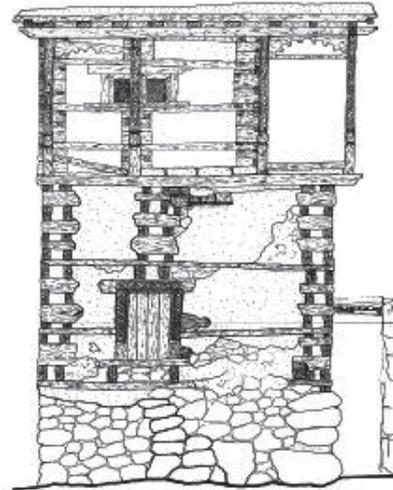
Couverture : terre damée avec enduit en chaux et/ou terre

Finitions

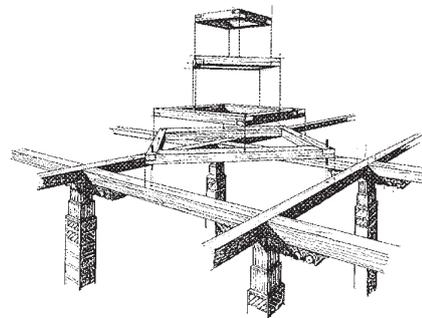
Parfois, enduit en terre et/ou terre chaux et badigeon de chaux

Connexions

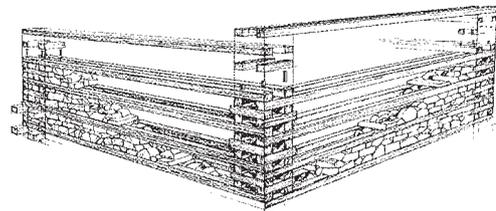
- si le bois est d'une longueur inférieure à celle du mur, deux ou plus pièces sont assemblées avec des connexions sans clous résistantes à la traction ;
- aux angles et aux intersections des murs, les *cators* et les *cribbages* sont connectés entre eux par des assemblages à mi-bois et avec tourillons, de façon à constituer un chaînage continu de l'ensemble du bâtiment.



Mosquée à Ganish: élévation © Hughes 2007b



élément structurel à caractère parasismique:
structure de couverture © Hughes 1986



élément structurel à caractère parasismique:
structure portante verticale © Hughes 1986



3. Particularités constructives

Les *cators* dans la maçonnerie présentent les avantages suivants (HUGHES, 2000, 2007b):

- l'élévation de murs sur des terrains instables et accidentés ainsi qu'une bonne résistance aux tassements différentiels du sol car les angles, ou certaines parties du bâtiment, peuvent se trouver en porte-à-faux sans que la capacité portante du bâtiment soit compromise : avant leur restauration, les façades du Baltit fort présentaient un décalage en hors plan de 1.5m, leur écroulement a été empêché par les éléments horizontaux en bois.
- une construction très rapide des murs, même sans mortier, car le bois travaille en tant que liaison structurelle le long et au travers du mur ;
- une réduction de l'épaisseur de la maçonnerie, ce qui permet d'équilibrer l'élançement des murs (Baltit Fort : épaisseur des murs 40cm, hauteur 10m) ;
- une réparation rapide d'une défaillance localisée ;
- une liaison structurelle aisée entre des nouveaux et des anciens murs (extensions dans le temps) ;
- le démantèlement de la structure et la réutilisation des éléments en bois ;
- une réalisation plus aisée de murs droits.

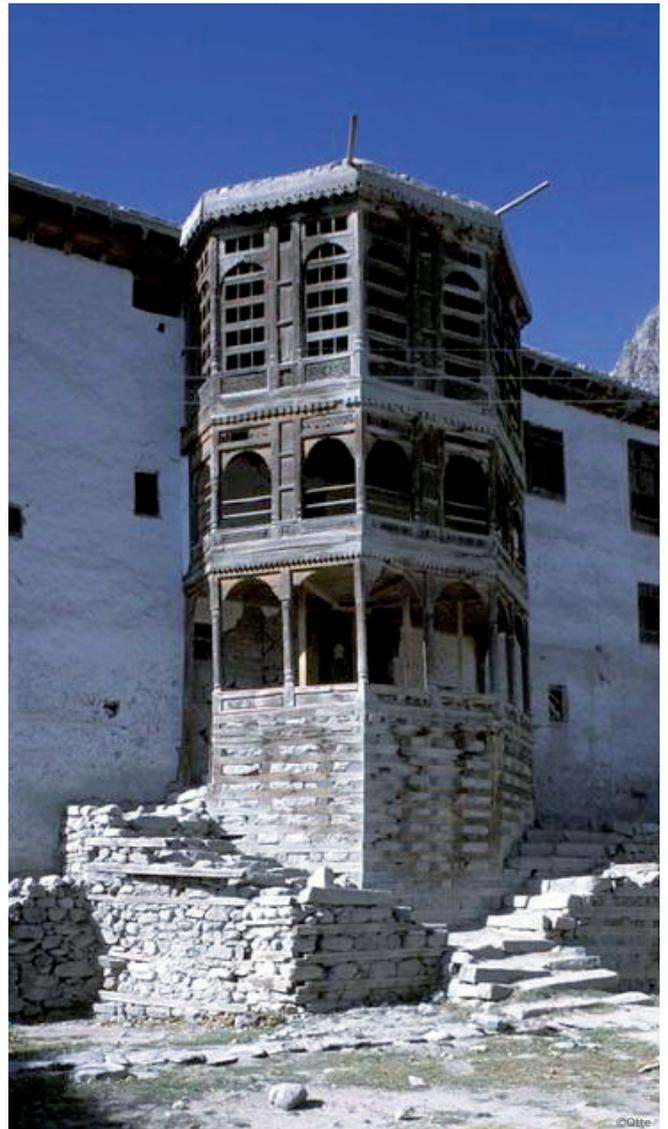
En outre (HUGHES, 2000):

- le principe d'empilement permet de monter l'ossature plus rapidement que la maçonnerie, il n'y a donc pas la nécessité d'alterner le travail du maçon avec celui des charpentiers ;
- les joints aux angles et les longues poutres en bois fournissent une résistance en traction et flexion envers les mouvements en hors du plan.

Le remplissage en pierre est mis en place après la construction de la structure en bois. Il ne porte initialement aucune charge verticale ; avec le temps, l'ossature se déforme sous les charges permanentes déterminant une mise en compression de la maçonnerie. Ce mécanisme est le principal responsable de la stabilité du remplissage pendant des sollicitations sismiques (KONTOGIANNIS, 2010).

Les fenêtres sont de taille réduite, ce qui permet de limiter des affaiblissements de la structure (HUGHES, 2007b). La dimension des pierres du remplissage diminue vers le haut du mur, pour en faciliter le transport et alléger la structure.

Lors de la construction, une vérification des capacités de balancement de la structure était effectuée en la soumettant à des sollicitations fictives : des animaux de trait y étaient attachés pour provoquer des efforts en plusieurs directions (IBID.).



Khaplu Fort

Baltit Fort



©Helky

4. Principes parasinistres

La structure en bois agit comme un chaînage tridimensionnel grâce aux excellentes propriétés élastiques et de résistance à la traction du bois qui apportent une certaine ductilité à l'ensemble (HUGHES, 2007b).

Les poutres horizontales (*cators*) :

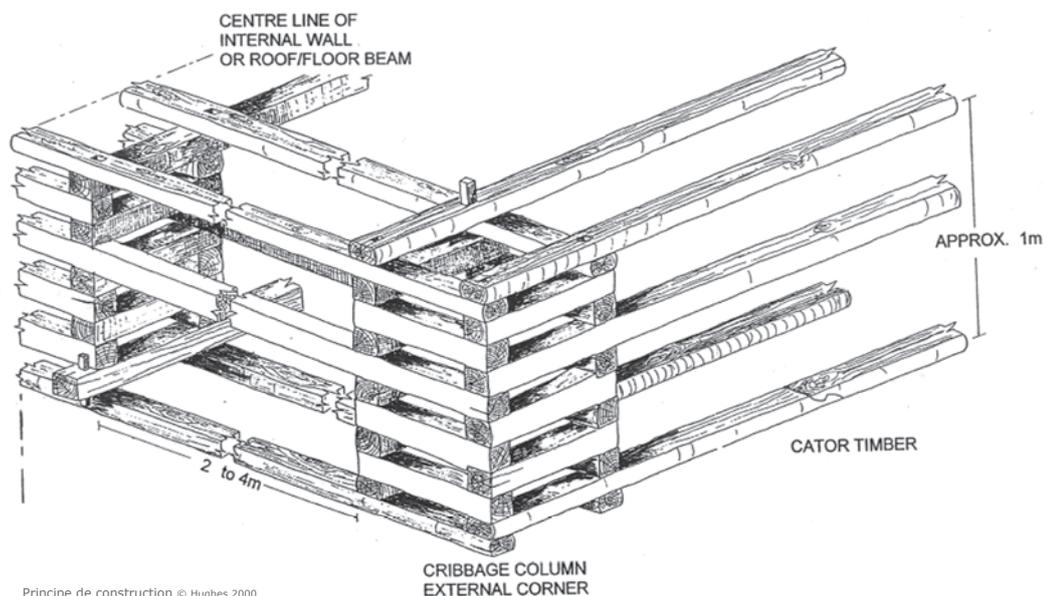
- limitent la création et la propagation de fissures verticales et diagonales, délimitant ainsi les portions de maçonnerie sujettes à effondrement (HUGHES, 2000) ;
- compensent les mouvements en hors plan (solicitations sismiques ou tassements différentiels du sol) (HUGHES, 2000) ;
- absorbent les sollicitations à la traction provoquées par des secousses sismiques (KONTOGIANNIS, 2010) ;
- sont connectées entre elles par des assemblages résistants à des efforts en traction ;
- leur assemblage aux angles fournit un comportement diaphragmatique à la structure (IBID.).

Les colonnes par empilement (*cribbages*) :

- contrastent les efforts de cisaillement et de torsion aux angles et entre les ouvertures (HUGHES, 2000) ;
- se caractérisent par un comportement complexe, adoptant les propriétés mécaniques tant du bois que de la maçonnerie. La résistance à compression est fournie par le composant maçonnerie tandis que le bois fournit une résistance en traction ;
- la structure tridimensionnelle en bois fournit un confinement continu de la maçonnerie, qui résiste ainsi à des importantes sollicitations en hors plan. Ce confinement est souvent renforcé dans les parties inférieures du bâtiment. En cas de fortes secousses, cela permet aux colonnes de mieux supporter des sollicitations à compression pouvant provoquer une grande déformation du cadre et une majeure déformation au cisaillement du remplissage ; ce qui pourrait engendrer une rupture à la base des colonnes. Ce principe de renforcement du confinement à la base des colonnes se retrouve également dans l'Eurocode 8 pour la construction en béton armé (KONTOGIANNIS, 2010) ;
- constituent une ossature structurelle articulée dans laquelle les colonnes reprennent les charges de manière différenciée entre le premier et le deuxième étage jusqu'aux fondations ; à chaque étage les murs travaillent et se déforment de façon indépendante (HUGHES, 2007b).

Maçonnerie :

- la fissuration du mortier et le glissement des blocs de maçonnerie le long des joints augmentent le niveau d'amortissement de l'énergie et contribuent à sa dissipation par le frottement entre le matériau du remplissage et les joints entre les unités maçonnées et l'ossature bois ;
- la réduction de l'épaisseur du mur permet une réduction de la masse de la structure et donc une réduction des forces d'inertie que le système doit supporter (KONTOGIANNIS, 2010).



Principe de construction © Hughes 2000

5. Critères de vérification

Sources historiques

Séismes

1981, Nord-ouest du Cachemire, M 6.3 (Natural Environment Research Council)
2005, 8 octobre, Jammu et Cachemire, M 7.6 (U.S.G.S.)

Normes constructives

Validations scientifiques

Tests de laboratoire ont démontré une résistance au cisaillement supérieure à celle demandée dans le code de construction parasismique pakistanais (KONTOGIANNIS, 2010).

6. Observations

Bien que l'utilisation de ce système constructif ait été documentée essentiellement en référence aux régions septentrionales du Pakistan, sa diffusion dépasse de fait les frontières politiques actuelles. En effet, elle est également présente dans certaines zones du nord de l'Inde (Cachemire, Etats de l'Uttarkhand et de l'Himachal Pradesh) et dans le Nuristan (Afghanistan).



Baltit Fort

7. Référence

FERRIGNI, Ferruccio, HELLY, Bruno, MAURO, Armando, et al., 2005. *Ancient Buildings and Earthquakes. The Local Seismic Culture approach: principles, methods, potentialities*. Bari : Edipuglia.

HUGHES, Richard, 2000. « Cator and Cribbage Construction of Northern Pakistan ». In : *Earthquake-Safe: Lessons to Be Learned From Traditional Construction* [en ligne]. Istanbul : ICOMOS International Wood Committee.

HUGHES, Richard, 2007a. « The Restoration of Baltit Fort ». In : *Karakoram: Hidden Treasures in the Northern Areas of Pakistan*. Turin : Umberto Allemandi & Co. p. 185-214.

HUGHES, Richard, 2007b. « Vernacular Architecture and Construction Techniques in the Karakoram ». In : *Karakoram: Hidden Treasures in the Northern Areas of Pakistan*. Turin : Umberto Allemandi & Co. p. 99-132.

HUGHES, Richard, LEFORT, Didier, 1986. « The Baltit Fort ». In : *MIMAR 20: Architecture in Development*. p. 10-19.

KLIMBURG, Max, 2007. « Traditional Art and Architecture in Baltistan ». In : *Karakoram: Hidden Treasures in the Northern Areas of Pakistan*. Torino : Umberto Allemandi & Co. p. 149-164.

KONTOGIANNIS, Paraskevas, 2010. *Numerical Evaluation of the « Cator and Cribbage » Technique*. MSc in Earthquake Engineering with Disaster Management. Londres : Department of Civil, University College London.

LANGENBACH, Randolph, 2009. *Don't Tear It Down! Preserving The Earthquake Resistant Vernacular Architecture Of Kashmir*. New Delhi : UNESCO.



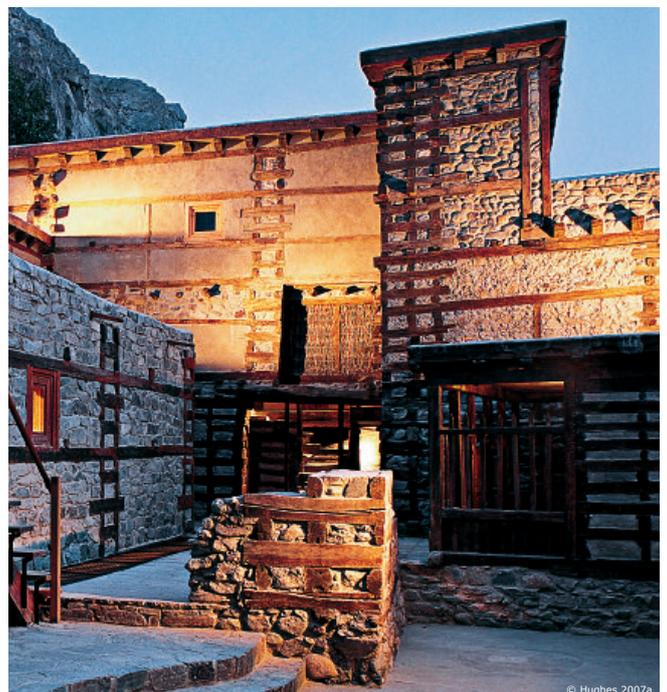
Hunza Fort



Baltit Fort

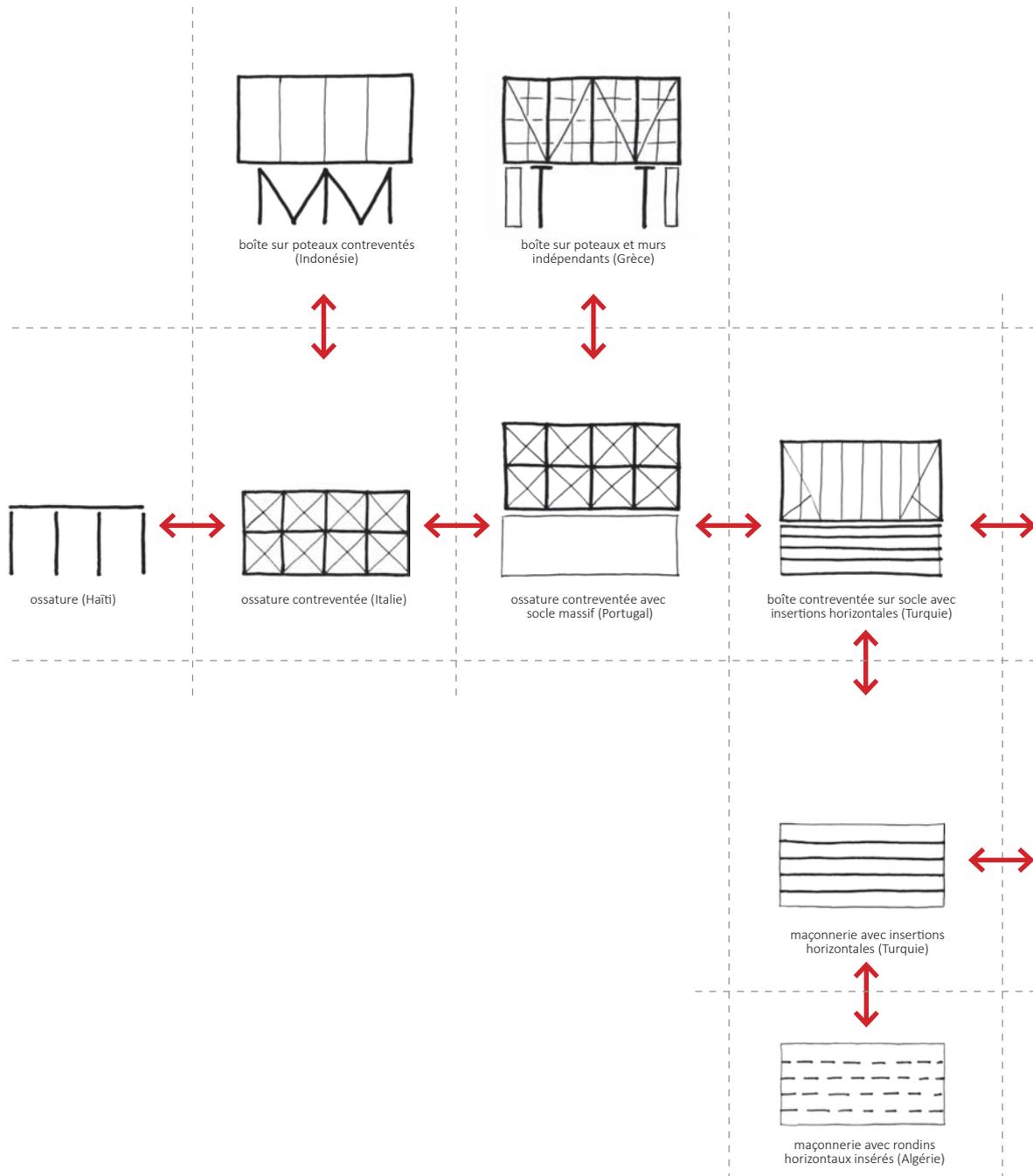


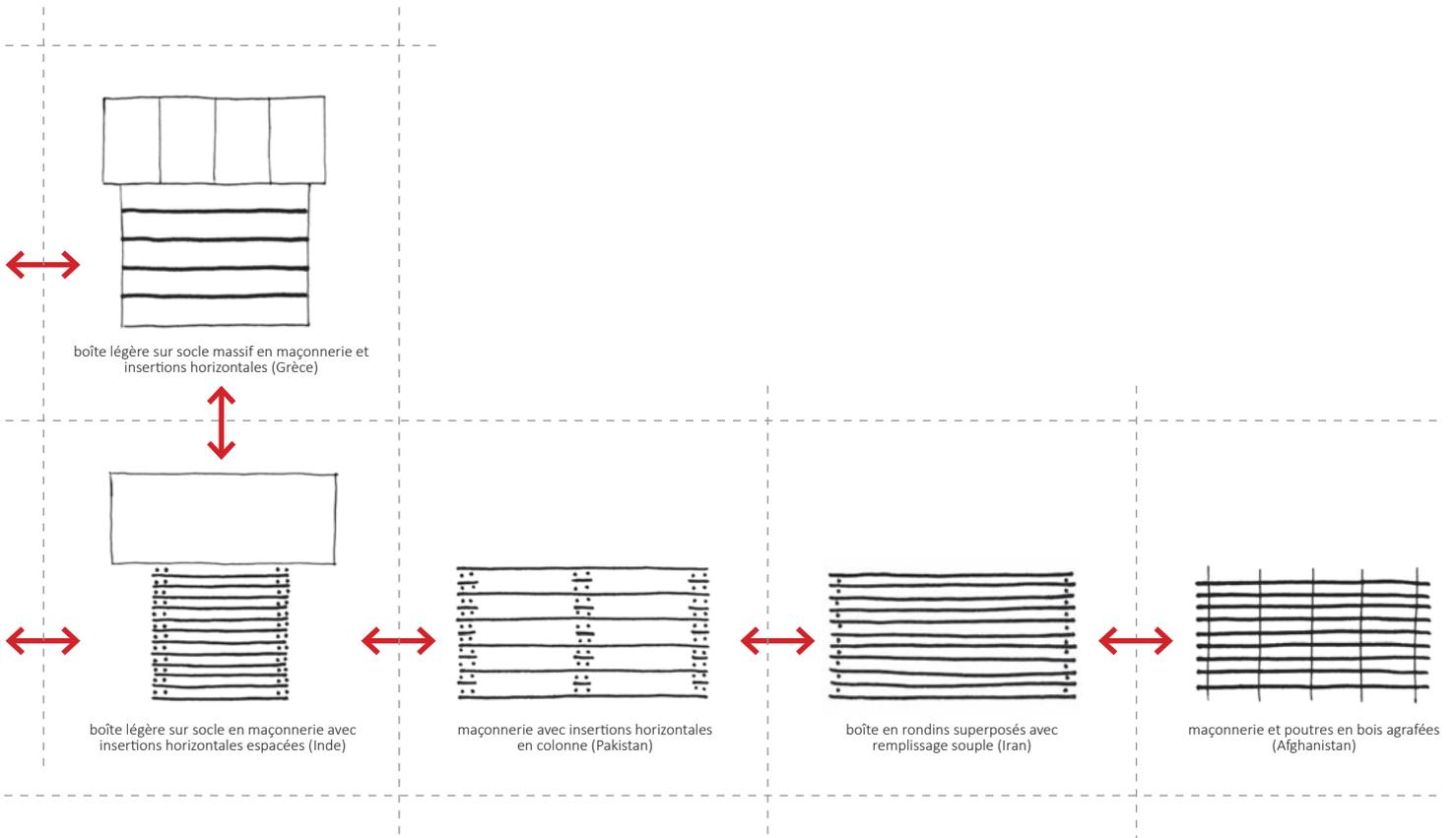
Shigar Fort



© Hughes 2007a

A.3.3. ENTRE PONCTUEL ET CONTINUU : SYNTHÈSE DES SYSTÈMES CONSTRUCTIFS TRAITÉS





A.3.4. LISTE GÉNÉRALE PAR TYPOLOGIE

SYSTÈMES PORTEURS PONCTUELS

1. SYSTÈME PORTEUR PONCTUEL VIDÉ

Enveloppé

Chine :	provinces de : Shanxi et Yunnan (MEYER, 2005 ; LIU, MIAO, YE, ET AL., 2006)
Grèce :	île de Lefkada (rez-de-chaussée) (KARABABA, 2007)
Inde :	<i>khan</i> (Maharashtra) (BRZEV, GREENE, SINHA, 2002)
Italie :	<i>casa baraccata</i> (BARUCCI, 1990)
Népal :	région de Kali Gandaki (DIXIT, PARAJULI, GURAGAIN, 2004)
Portugal :	<i>gaiola pombalino</i> (FERAH, 2009)
République Démocratique du Congo :	enveloppe inversé (MOLES, HOSTA, 2009)
Turquie :	(AYTUN, 1981)

Avec parement

- Matériaux relativement rigides (p.e. planches en bois clouées à la structure)

Cuba	(SÁNCHEZ, DE JULIÁN, ORDOÑEZ, 2010)
Haïti :	en zone rurale (<i>palmiste</i>) et urbaine (analyses de terrain 2012)
Inde :	Nagaland, Assam (analyses de terrain 2006)
Indonésie :	province d'Aceh (analyses de terrain 2010)
République Dominicaine (DURÁN NÚÑEZ, 2009)	
Turquie :	ville d'Istanbul ; province de Bartın (analyses de terrain 2012)

- Matériaux souples (lattes de bois ou bambous, panneaux de roseaux, canisses, etc.)

Bangladesh :	panneaux en baguettes de jute (région de Sylhet) (analyses de terrain 2012)
Colombie :	esterilla (bambou aplatis) (GUTIÉRREZ, 2000)
Italie :	<i>casa baraccata</i> (face intérieure et cloisons internes) (BARUCCI, 1990)
Philippines :	lattes et/ou panneaux tressés en bambou (SCOTT, 1962)

2. SYSTÈME PORTEUR PONCTUEL AVEC REMPLISSAGE

Remplissage en éléments

- Panneaux :

Haïti :	<i>clissage</i> (zone rurale) (analyses de terrain 2012)
Martinique	(BERTHELOT, GAUMÉ, 2002)

- Planches :

Indonésie :	Karo et Toba Batak ; îles : Nias, Sulawesi (analyses de terrain 2010 ; JULISTIONO, ARIFIN, 2005)
Pakistan :	vallée Leepa (MUGHAL, AHMED, KHILJI, ET AL., [s.d.])

- Rondins :

Chine :	région du Yunnan (RENPING, ZHENYU, 2006)
Inde :	Jammu et Cachemire (LANGENBACH, 2008)
Turquie :	<i>dizième</i> (analyses de terrain 2012)
Russie :	région de : Sibérie, région du lac Baikal et orientale (KLYACHKO, BENIN, BOGDANOVA, 2002)

Remplissage en maçonnerie

- Pierres :

Albanie	(source : arch. Milo Hofmann)
Afghanistan :	région du Nuristan (EDELBERG, 1984)
Chypre :	(MEDA CORPUS, 2011b)
Grèce :	<i>tsatmas</i> , île de Lefkada (KARABABA, 2007)
Haïti :	<i>tiwoch</i> (analyses de terrain 2012)
Inde :	Cachemire (LANGENBACH, 1990)
Italie :	<i>Opus Craticium ; casa intelaiata ; maso</i> (région des Dolomites) (CECCOTTI, FACCIO, NART, ET AL., 2006)
Pakistan :	<i>dhajji-dewari</i> (LANGENBACH, 2009a)
Portugal :	<i>gaiola pombalino</i> (FERAH, 2009)
Turquie :	<i>himis</i> (analyses de terrain 2012)

- Briques en terre crue :

Bulgarie	(source : Alain Briatte-Mantchev)
Chypre :	(MEDA CORPUS, 2011b)
Grèce :	<i>tsatmas</i> (MEDA CORPUS, 2011c)
Macédoine :	(source : arch. Milo Hofmann)
Nicaragua :	(QUINTALLET, SAMIN, 2012)
Portugal :	(FERAH, 2009)
Pérou :	(PAPANIKOLAOU, TAUCER, 2004)
Turquie :	<i>himis</i> (analyses de terrain 2012)

- Briques en terre cuite

Inde :	Ahmedabad (MODAN, 2000)
Macédoine	(source : arch. Milo Hofmann)
Pakistan :	<i>dhajji-dewari</i> (LANGENBACH, 2009a)
Turquie :	<i>himis</i> (analyses de terrain 2012)

Remplissage en vrac

- Avec support :

Bulgarie :	(source : Alain Briatte-Mantchev)
Corée :	(RYU, KIM, JEON, 2004)
Chypre :	(MEDA CORPUS, 2011b)
Haïti :	<i>clissage</i> (analyses de terrain 2012)
Inde :	Assam (<i>ikra</i>) (KAUSHIK, BABU, 2009)
Italie :	<i>maso</i> (région des Dolomites) (CECCOTTI, FACCIO, NART, ET AL., 2006)
Iran :	région de Gilân (BROMBERGER, 1983)
Japon :	(FUJITA, KONDO, KOSHIHARA, ET AL., 2004 ; MATSUSHITA, 2004)
Macédoine :	(source : Milo Hofmann)
Pérou :	<i>quincha</i> (CARBAJAL, RUIZ, SCHEXNAYDER, 2005)
République Dominicaine :	(DURÁN NÚÑEZ, 2009)
Salvador :	<i>bahareque</i> (LANG, MERLOS, HOLLIDAY, ET AL., 2007)
Taiwan :	(TSAI, 2009)
Turquie :	(analyses de terrain 2012)
Venezuela :	(PAPANIKOLAOU, TAUCER, 2004)

- Confiné :

Cuba :	<i>cuje</i> (SÁNCHEZ, DE JULIÁN, ORDOÑEZ, 2010)
Colombie :	<i>bahareque</i> (PAPANIKOLAOU, TAUCER, 2004)
Guatemala :	(MAS GOMES, 2010)
Honduras :	<i>bahareque</i> (SALINAS, 2002)
Haïti :	zone urbaine et rurale
Italie :	<i>casa intelaiata</i>
Nicaragua :	<i>taquezal</i>
Salvador :	<i>bahareque</i> (LANG, MERLOS, HOLLIDAY, ET AL., 2007)
Turquie :	<i>bağdadi</i> (analyses de terrain 2012)

SYSTÈMES PORTEURS CONTINUS

1. SYSTÈME CONTINU HOMOGÈNE

Avec dispositif interne

- Avec ancrages :
 - Par imbriquement:
 - Cambodge : temple de Beng Mealea, XII siècle (arch. Etienne Samin, communication personnelle)
 - Egypte : vallée des temples (NIKER, 2010)
 - Grèce : époque Mycénienne blocs polygonaux (MEDLEY, ZEKOS, 2007)
 - Pérou : Cuzco, Machu Picchu, Ollantaytambo (UNESCO, 1982 ; SCHACHER, 2005)
 - Par connexion :
 - Egypte : (NIKER, 2010)
 - Grèce : cheville métalliques ou bois, époque classique (STIROS, 1995)
 - Pérou : (PRATT, 2010)
 - Turquie : (DUGGAN, 1997)
 - Avec bourrage :
 - Chypre : (MEDA CORPUS, 2011e)
 - Grèce : Délos
 - Italie : (DECANINI, DE SORTIS, GORETTI, ET AL., 2004)
 - Turquie : Kadibükü (analyses de terrain 2012)

Avec renfort

- Ponctuel :
 - Guatemala : (LEGARDA, 1960)
 - Italie : (PIEROTTI, ULIVIERI, 2001 ; FERRIGNI, HELLY, MAURO, ET AL., 2005)
 - Maroc : (NIKER, 2010)
 - Philippines : (BANKOFF, 2007)
 - Portugal : (CORREIA, 2002)
 - Turquie : (analyses de terrain 2012)
- Continu :
 - Italie : (DECANINI, DE SORTIS, GORETTI, ET AL., 2004)
 - Maroc : (NIKER, 2010)
- Entre bâtiments :
 - Italie : (PIEROTTI, ULIVIERI, 2001 ; FERRIGNI, HELLY, MAURO, ET AL., 2005)
 - Maroc : (NIKER, 2010)

2. SYSTÈME CONTINU AVEC INSERTIONS

2.1. INSERTIONS INTÉGRÉES

Insertions horizontales

- Espacées
 - Inter étages
 - Simple (au centre du mur)
 - Grèce : tirant en bois (TOULIATOS, 2003)
 - Haïti : *gingerbread* : tirant métallique (LANGENBACH, KELLEY, SPARKS, ET AL., 2010)
 - Italie : régions du Molise (DECANINI, DE SORTIS, GORETTI, ET AL., 2004) et de l'Abruzzo (tirant métallique et en bois) (LAGOMARSINO, 2012)
 - Tunisie : (MEDA CORPUS, 2011f)
 - Turquie : (analyses de terrain 2012 et ARUN, 2013)

- Multiples (doubles, traversantes)
 - Grèce : Péloponnèse ; Crète (age de bronze) (TSAKANIKA-THEOHARI, 2009)
 - Inde : *taq* (région du Cachemire) (LANGENBACH, 2009b)
 - Iraq : nattes de roseaux (SAUVAGE, 2011)
 - Népal : *newari* (TOFFIN, BARRÉ, JEST, 1981 ; D'AYALA, BAJRACHARYA, 2003)
 - Ouzbékistan : Samarkand : éléments en bois ; Khiva : nattes de roseaux (arch. D. Gandreau, communication personnelle)
- Intra étages
 - Bois
 - Albanie : (arch. M. Hofmann, communication personnelle)
 - Algérie : Casbah d'Alger ; région d'Aurès (rondins) (ABDESSEMED FOUFA, BENOUAR, 2006 ; MEDA CORPUS, 2011i).
 - Arménie : Gyumri (MKRTCHYAN, 2000)
 - Bulgarie : (Source : arch. A. Briatte-Mantchev, communication personnelle)
 - Chine : région du Fujian (HANMIN, 1991)
 - Grèce : (KIZIS, 1977 ; TOULIATOS, 1996) et depuis l'âge de Bronze à Crète des branches étaient disposées à des intervalles réguliers constituant des grilles horizontales intégrées à la maçonnerie de moellons avec mortier en terre (TSAKANIKA-THEOHARI, 2009)
 - Inde : *pol* (Ahmedabad) (MODAN, 2000)
 - Iran : (KAKOUEI, KAKOUEI, SUBERAMANI, ET AL., 2012)
 - Macédoine : (SUMANOV, 2003 ; CAIMI, HOFMANN, 2013)
 - Maroc : région septentrionale (MEDA CORPUS, 2011h) ; Fez (rondins) (ABDESSEMED FOUFA, 2009)
 - Népal : (LANGENBACH, 2009b)
 - Nicaragua (QUINTALLET, SAMIN, 2012)
 - Pakistan : Cachemire (*bhatar*)
 - Syrie : régions de Damas et Alep (MEDA CORPUS, 2011i)
 - Tunisie : Tunis (rondins dans maçonnerie) (ABDESSEMED FOUFA, 2009)
 - Turquie : *hatl* (analyses de terrain 2012)

Briques cuites dans maçonnerie en pierre

- Algérie : (MEDA CORPUS, 2011g)
- Egypte : (MEDA CORPUS, 2011a)
- Grèce : Mila (MEDA CORPUS, 2011d)
- Italie : (BOTHARA, BRZEV, 2011)
- Maroc : région septentrionale (MEDA CORPUS, 2011h)
- Syrie : (WEBER, 2012)
- Turquie : *hatl* (analyses de terrain 2012)

- Rapprochées

- Inde : Etats de l'Uttarkhand et de l'Himachal Pradesh (*koti banal, kath khuni, sumer*), et du Gujarat (LANGENBACH, 2009a)
- Turquie : *hatl* (analyses de terrain 2012)

- En colonne

- Inde : Etat de l'Uttarkhand (*koti banal/kath khuni*) et de l'Himachal Pradesh (*thathara*) (RAHUL, SOOD, SINGH, ET AL., 2013)
- Népal : (SAKLANI, NAUTIYAL, NAUTIYAL, 1999)
- Pakistan : *cator and cribbage* (HUGHES, 2000)
- Syrie : région de Damas (MEDA CORPUS, 2011i)
- Tibet : (FERRIGNI, 2005)

Insertions horizontales et verticales

Grèce :	île de Santorin ; Crète (TOULIATOS, 1996 ; TSAKANIKATHEOHARI, 2009)
Inde :	Jammu & Cachemire (LANGENBACH, 2007)
Népal :	région de Solukhumbu (DIXIT, PARAJULI, GURAGAIN, 2004)
Turquie	provinces de Bursa ; Kocaeli ; Karabük ; Kastamonu ; Erzurum (analyses de terrain 2012)

2.2. INSERTIONS DANS LA MASSE

Insertions linéaires

Bangladesh :	régions de Rajshahi et Sylhet (analyses de terrain, 2011 et 2012)
Chine :	province du Fujian (HANMIN, 2010)

Insertions en treillis

Salvador	Joya de Ceren (SHEETS, 2002)
----------	------------------------------

A.3.5. TABLEAU RÉCAPITULATIF PAR ZONE GÉOGRAPHIQUE

TABLEAUX RÉCAPITULATIF DES PRINCIPAUX SYSTÈMES VERNACULAIRES PARASISMICIQUES IDENTIFIÉS

TABLEAU RÉCAPITULATIF / APPROFONDISSEMENT ALEA SISMIQUE	
<p>1. Système porteur ponctuel :</p> <p>1.1. Vidé</p> <p>1.1.1. Enveloppé</p> <p>1.1.2. Avec parement</p> <p>1.2. Avec remplissage :</p> <p>1.2.1. En éléments</p> <p>1.2.2. Maçonnerie</p> <p>1.2.3. En vrac</p>	<p>2. Système porteur continu :</p> <p>2.1. Homogène</p> <p>2.1.1. Avec dispositif interne</p> <p>2.1.2. Avec renfort</p> <p>1.2. Avec insertions :</p> <p>1.2.2. Intégrées</p> <p>2.2.1.1. Horizontales (H)</p> <p>2.2.1.2. Horizontales et verticales (H+V)</p> <p>1.2.3. Dans la masse</p> <p>2.2.2.1. Linéaires</p> <p>2.2.2.2. En treillis</p>

2 / AMERIQUES

Localisation		Matériaux de la structure primaire				Système porteur ponctuel				Système porteur continu				Référence principale			
Pays	Région	Dénomination locale	Bambou / autres végétaux	bois	pierre	terre	Vidé			Homogène		Avec insertions					
							Enveloppé	Avec parement	En éléments	En maçonnerie	En vrac	Avec dispositif interne	Avec renfort		H	H+V	Intégrées
Colombie	Manizales	<i>esterilla</i>	X					X								(GUTIÉRREZ, 2000) (PAPANIKOLAOU, TAUCER, 2004)	
		<i>bahareque</i>	X	X		X											
Cuba	Zone urbaine	<i>cuje</i>	X	X				X								(SÁNCHEZ, DE JULIÁN, ORDOÑEZ, 2010) (LANGENBACH, KELLEY, SPARKS, ET AL., 2010)	
		<i>Gingerbread</i>	X			X											
Haïti	Zones rurales et urbaine	<i>palimiste</i>		X												Analyses de terrain 2012	
		<i>clissage</i>		X		X											
		<i>tiwach</i>		X	X	X											
Honduras			X	X											(SALINAS, 2002)		
Guatemala			X	X	X										(LEGARDA, 1960)		
Martinique			X	X												(MAS GOMES, 2010)	
		<i>taquezal</i>	X	X												(BERTHELOT, GAUMÉ, 2002)	
Nicaragua			X	X	X											(QUINTALLET, SAMIN, 2012)	
		<i>taquezal</i>	X	X	X												
Pérou	Cuzco, Machu Picchu, Ollantaytambo.				X											(SCHACHER, 2005 ; PRATT, 2010)	
		<i>quincha</i>	X	X		X											
République Dominicaine			X	X												(PAPANIKOLAOU, TAUCER, 2004) (CARBAJAL, RUIZ, SCHEXNAYDER, 2005) (DURAN NUÑEZ, 2009)	
Salvador	Joya de Céren		X													(SHEETS, 2002) (LANG, MERLOS, HOLLIDAY, ET AL., 2007)	
		<i>bahareque</i>	X	X		X											
Venezuela			X													(PAPANIKOLAOU, TAUCER, 2004)	

Localisation		Matériaux de la structure primaire				Système porteur ponctuel				Système porteur continu				Référence principale			
Pays	Région	Dénomination locale	Matériaux de la structure primaire				Système porteur ponctuel				Système porteur continu				Référence principale		
			Bambou / autres végétaux	bois	pierre	terre	Vidé		Avec remplissage		Homogène		Avec insertions				
						Enveloppé	Avec parement	En éléments	En maçonnerie	En vrac	Avec dispositif interne	Avec renfort	H	H+V	Dans la masse		
Afghanistan	Nuristan			x	x				x							(EDELBERG, 1984)	
Bangladesh	Sylhet	Panneaux en baguettes de jute	x		x		x									Analyses de terrain 2012	
Chine	Rajshahi, Sylhet Shanxi et Yunnan Yunnan		x		x	x									x	(MEYER, 2005) (RENPING, ZHENYU, 2006) (HANMIN, 1991)	
Corée	Fujian, Jiangxi et Guangdong Gyeonggi-do		x		x										x	(RYU, KIM, JEON, 2004) (KAUSHIK, BABU, 2009) Analyses de terrain 2006 (ARYA, 1998) (SAUVAGE, 2011) (MODAN, 2000) (LANGENBACH, 2009)	
Inde	Assam Maharashtra Himachal Pradesh, Uttarakhand Ahmedabad (Gujarat)	<i>ikra</i> <i>khan</i> <i>kati-khuni</i> <i>kati banal</i> <i>pal</i> <i>dhajji dewari</i> <i>tag</i> En rondins	x	x	x	x	x	x									(DESAI, DESAI, 2007) (JULISTIONO, ARIFIN, 2005 ; GRUBER, 2007) analyses de terrain 2010 Analyses de terrain 2010 (MATSUSHITA, 2004) (D'AYALA, BAURACHARYA, 2003) (DIXIT, PARALI, GURAGAIN, 2004) (DIXIT, PARALI, GURAGAIN, 2004) (SAKLANI, NAUTYAL, NAUTYAL, 1999) (HUGHES, 2000) (HIÇILMAZ, BÖTHARA, STEPHENSON, 2011) (SCHACHER, 2008) (MUGHAL, AHMED, KHILJI, ET AL., [s.d.]) (BANKOFF, 2007) (SCOTT, 1962) (TSAI, 2009) (FERRIGNI, 2005)
Indonésie	Nias, Sulawesi, Sumatera Utara		x					x									
Japon	Aceh																
Népal	Vallée de Kathmandu Kali Gandaki Solukhumbu	<i>newari</i>	x	x	x	x							x				
Pakistan	Nuristan, Balistan, vallées de Hunza Cachemire	<i>Cator ana</i> <i>cribbage</i> <i>dhajji dewari</i> <i>bhatar</i>		x	x	x											
Philippines	Vallée de Leepa Ilocos Norte, Iloilo	Lattes et/ou panneaux tressés			x							x					
Taiwan	Luzon, île de Panay		x														
Tibet			x	x	x												

4 / EUROPE

Pays	Localisation	Dénomination locale / observations	Matériaux de la structure primaire				Système porteur ponctuel				Système porteur continu				Référence principale			
			Bambou / autres végétaux	bois	Pierre	terre	Vidé	Avec remplissage			Homogène		Avec insertions					
	Région						Enveloppé	Avec parement	En éléments	En maçonnerie	En vrac	Avec dispositif interne	Avec renfort	H	H+V	Linéaires	En treillis	
Albanie	Pogradec (Korçë)		X	X	X	X			X					X				Arch. Milo Hofmann (Communication personnelle)
Bulgarie	Kaçovo		X	X	X	X			X	X	X			X				Arch. Alain Briatte-Mantchev (Communication personnelle)
Chypre			X	X	X	X			X	X	X	X						(MEDA CORPUS, 2011b) (MEDA CORPUS, 2011c)
Grèce	Ile de Lefkada		X	X	X	X	X			X	X			X				(KARABABA, 2007)
	Crète, Chioss	Grille de branches fsatsmas		X	X	X					X	X		X				(TSAKANIKI-THEOHARI, 2009)
	Macédoine Occidentale		X	X	X	X								X				(HATZITRIFON, 2004)
	Mycènes	Maçonnerie polygonale		X	X	X						X						(BEI, 2011)
Italie	Péloponnèse Santorin		X	X	X	X				X	X			X				(MEDLEY, ZEKKOS, 2007)
	Calabre, Sicile, Abruzzes	<i>Casa baraccata</i> <i>Casa intalata</i>		X	X	X	X			X	X							(BARUCCI, 1990)
	dolomites	<i>maso</i> <i>Opus craticium</i>		X	X	X	X			X	X							(MASCARI-GENOISE, 1915) (CECCOTTI, FACCIO, NART, ET AL., 2006) (PAPACCIO, 1993)
Macédoine	Campanie		X	X	X	X				X								(DECANINI, DE SORTIS, GORETTI, ET AL., 2004)
	Pouilles, Molise régions centrales et méridionales			X	X	X						X						(PIEROTTI, ULIVIERI, 2001 ; FERRIGNI, HELLY, MAURO, ET AL., 2005)
Portugal	Lisbonne		X	X	X	X				X	X			X				Arch. Milo Hofmann (Communication personnelle)
Russie	Ribatejo, Alentejo, Algarve	<i>Gaia Pombalina</i>	X	X	X	X	X			X								(SUMANOV, 2003) (FERAH, 2009)
	Sibérie, lac Baïkal, Russie Orientale	En ronds	X						X	X			X					(CORREIA, 2002) (KIVACHKO, BENIN, BOGDANOVA, 2002)

5 / MOYEN-ORIENT

Localisation		Matériaux de la structure primaire				Système porteur ponctuel				Système porteur continu				Référence principale	
Pays	Région	Dénomination locale / observations	Bambou / autres végétaux	bois	pierre	terre	Vidé		Avec remplissage		Homogène		Avec insertions		
							Enveloppé	Avec parement	En éléments	En maçonnerie	En vrac	Avec dispositif interne	Avec renfort	Intégrées	Dans la masse
Armenia	Gyumri				x	x									(MIRTYCHAN, 2000)
Iran	Glân Masouleh			x	x	x		x							(BROMBERGER, 1983)
Iraq		nattes	x												(KAKOUEI, KAKOUEI, SUBERAMANIAN, ET AL., 2012)
Ouzbékistan	Khiva, Samarkand	roseaux	x	x		x									(SAUVAGE, 2011)
Syrie	Damas, Alep			x	x	x									Archéologue David Gandreau (Communication personnelle)
	Istanbul, province de Bartin			x	x	x		x							(WEBER, 2012)
		<i>dizieme</i>		x											(MEDA CORPUS, 2011f)
		<i>himiş</i>		x											(AYTUN, 1981)
		<i>bagdadi</i>	x	x	x	x			x						
		<i>hatri</i>		x	x	x									
Turquie	Anatolie septentrionale		x	x	x	x									Analyse de terrain, 2012
				x											
															(DUGGAN, 1997)

