



HAL
open science

El Adobe. Culture sismique chilienne, étude de cas : le “ Norte Chico ”

Amanda Rivera Vidal

► To cite this version:

Amanda Rivera Vidal. El Adobe. Culture sismique chilienne, étude de cas : le “ Norte Chico ”. Architecture, aménagement de l'espace. 2016. dumas-02076847

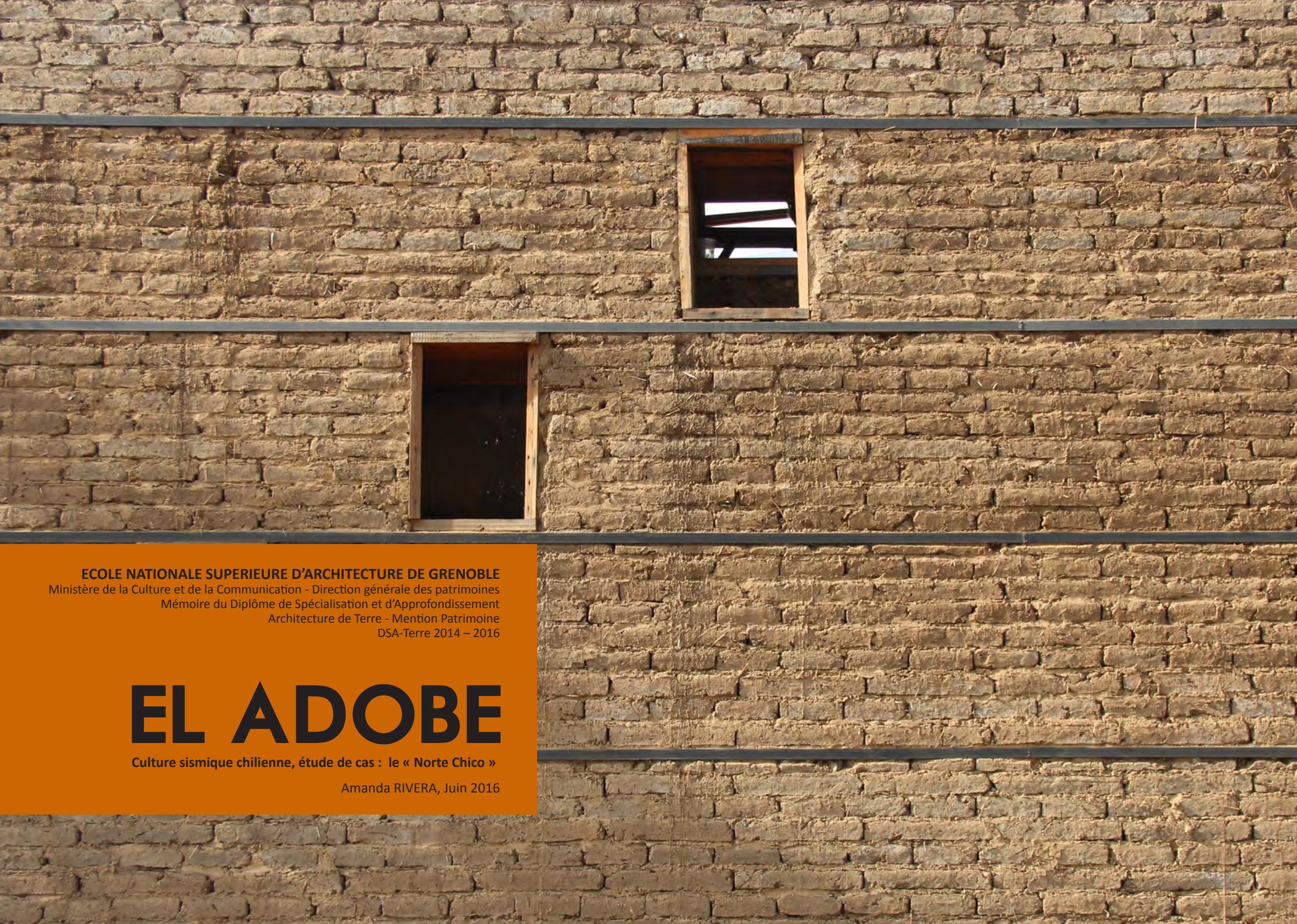
HAL Id: dumas-02076847

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02076847>

Submitted on 22 Mar 2019

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.



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE GRENOBLE
Ministère de la Culture et de la Communication - Direction générale des patrimoines
Mémoire du Diplôme de Spécialisation et d'Approfondissement
Architecture de Terre - Mention Patrimoine
DSA-Terre 2014 – 2016

EL ADOBE

Culture sismique chilienne, étude de cas : le « Norte Chico »

Amanda RIVERA, Juin 2016

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE GRENOBLE
BP 2636 - 60, avenue de Constantine - 38036 GRENOBLE Cedex 2

Diplôme de Spécialisation et d'Approfondissement – Architecture de Terre
Mention Patrimoine
DSA-Terre 2014-2016

Mémoire de DSA

EL ADOBE

Culture sismique chilienne, étude de cas : le « Norte Chico »

Amanda RIVERA VIDAL
Architecte, Chili
Grenoble, 24 juin 2016

Jury

Directeur d'études : Anne-Monique BARDAGOT

Enseignants à l'ENSAG et équipe pédagogique du DSA-Terre :
Wilfredo CARAZAS AEDO, David GANDREAU, Philippe GARNIER

Ministère de la Culture et de la Communication
Direction générale des patrimoines

Merci :

À Cristian Muñoz et Matilde Muñoz, mes compagnons dans les aventures de la terre et de la vie.

À Anne-Monique BARDAGOT, ma directrice de mémoire, pour tous ces aides et sa patience.

À Anne Lemarquis, pour son aide dans cette mémoire et dans le route de la terre.

À Marcelo Cortés pour ces réflexions sur l'adobe, pour me montrer le monde de la terre et partager sa passion.

À ma famille, qui m'appuie tout le temps.

Au Ministère de la Culture du Chili (Consejo Nacional de la Cultura y las Artes) pour financier cette recherche avec la bourse du FONDART 2015

À Natalia Jorquera, Camilo Giribas, Patricia Marchante, Carmen Gomez Maestro, Katerina Ferrada, et tous qui ont contribuer pour le cherche de l'adobe au Chili.

À CRAterre, qui a permis le développement de cette recherche et qui ouvre les portes de la terre au monde.

À tous les constructeurs en adobe d'avant, d'aujourd'hui et de l'avenir.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	9
LES OBJECTIFS	10
LA MÉTHODE	10
LA CONTRIBUTION	11
LES RÉSULTATS ATTENDUS	11
LA STRUCTURE DU MÉMOIRE	11
PARTIE 1 / ARCHITECTURE VERNACULAIRE SISMIQUE : LA RÉSILIENCE ET L'ÉVOLUTION. DÉFINITION DU CADRE THÉORIQUE	16
I. LA RÉPONSE VERNACULAIRE À LA CRISE MONDIALE	17
II. DES CULTURES SISMIQUES, LA RÉSILIENCE VERNACULAIRE	18
III. LA CONSTRUCTION EN TERRE ET LA CULTURE LOCALE	19
IV. LA CONSTRUCTION EN TERRE ET LA CULTURE SISMIQUE	19
V. LA CULTURE SISMIQUE LOCALE EN TERRE ET CONTEMPORAINE	21
PARTIE 2 / CULTURE SISMIQUE EN TERRE : LE CAS DU CHILI	26
1. DES RISQUES SISMIQUES ET LA CONSTRUCTION EN TERRE DANS LE TERRITOIRE CHILIEN	27
I. L'INDUSTRIALISATION	29
II. LA SPÉCULATION IMMOBILIÈRE	29
2. LA DIVERSITÉ GÉOGRAPHIQUE, LA DIVERSITÉ CULTURELLE	30
I. LES CULTURES ET LES TECHNIQUES DE CONSTRUCTION	31
II. NORTE GRANDE	32

III. NORTE CHICO	34
IV. ZONA CENTRAL	35
V. L'EXTRÊME AUSTRAL	38
3. LE TREMBLEMENT DE TERRE EN TANT QUE FACTEUR ENVIRONNEMENTAL DANS LA CONSTRUCTION TRADITIONNELLE CHILIENNE	40
<u>PARTIE 3 / L'ADOBE SISMIQUE :</u>	
<u>UNE CULTURE CONSTRUCTIVE MESTIZA EVOLUTIVE</u>	<u>46</u>
4. LE CONTEXTE CHILIEN DE LA CONSTRUCTION EN ADOBE	47
I. LES NORMES	47
II. L'ÉDUCATION ET LA FORMATION POUR LA CONSTRUCTION EN ADOBE	48
III. LA REPRÉSENTATION SOCIALE DE LA CONSTRUCTION EN ADOBE	51
5. LA DIVERSITÉ CONSTRUCTIVE DE LA TECHNIQUE : DES DISPOSITIFS ET STRATÉGIES SISMIQUES	53
I. LES STRATÉGIES SISMIQUES TRADITIONNELLES	53
II. LES STRATÉGIES SISMIQUES CONTEMPORAINES	59
III. LES DISPOSITIFS SISMIQUES DANS LES TERRITOIRES	61
<u>PARTE 4 / LE « NORTE CHICO », L'ADOBE ET LE TREMBLEMENT DE TERRE DE 2015</u>	<u>68</u>
6. LE TERRITOIRE, LA CULTURE ET L'HISTOIRE	68
7. LES TREMBLEMENTS DE TERRE DU « NORTE CHICO »	69
8. LE TREMBLEMENT DE TERRE DE 2015	70
9. CULTURE CONSTRUCTIVE SISMIQUE LOCALE DANS LE « NORTE CHICO »	71

I. DES CONSTRUCTIONS URBAINES	72
II. DES CONSTRUCTIONS RURALES	75
III. L'ADOBE DU « NORTE CHICO »	76
<u>CONCLUSION</u>	<u>84</u>
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	<u>86</u>
<u>ANNEXES : DES ACTIVITES PARALLÈLES ET COMPLEMENTAIRES,</u>	
<u>LE CHEMIN POUR L'ADOBE SISMIQUE CHILIEN</u>	<u>94</u>
TREMBLEMENT DE TERRE DE 2010 : L'ADOBE ET LES SÉISMES	94
FORMATIONS	94
SENSIBILISATION	96
EL ADOBE VIDÉO ÉDUCATIVE	97
ESCUELA DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA	98
EL ADOBE LA VIDÉO DOCUMENTAIRE DES CULTURES CONSTRUCTIVES	99





INTRODUCTION

La recherche sur la construction en adobe découle de la nécessité d'étudier plus profondément la valeur des bâtiments en adobe du Chili et son principal facteur : le séisme. Il dispose de deux principaux domaines d'intérêt :

- L'approfondissement des connaissances concernant les techniques vernaculaires des constructions en adobe du Chili intégrant la composante sismique, en particulier dans la zone du « Norte Chico ».
- L'étude de la culture constructive vivante, des savoirs et savoir-faire des constructeurs actuels utilisant l'adobe.

La relation entre les deux champs est en échange permanent, la recherche vise à identifier les différentes contributions et les développements dans les systèmes de construction et du bâtiment, en fondant l'étude dans un domaine particulier du Chili, qui a fait l'objet d'un important tremblement de terre en septembre 2015.

Le Chili, en tant que pays constamment soumis à des tremblements de terre, est confronté au risque permanent de perdre non seulement son patrimoine bâti, la relation avec le patrimoine immatériel, mais aussi les personnes qui détiennent la connaissance de la construction en adobe et qui ont un rôle essentiel pour le transfert des connaissances vers l'avenir. La perte potentielle de cette information signifie aussi l'impossibilité du maintien et de l'entretien des bâtiments historiques et fondateurs de la culture et de l'identité nationales.

La construction en adobe est la technique de construction principale avec laquelle ont été édifiés bâtiments les plus anciens du pays, et en même temps l'adobe est l'un des matériaux les plus mal connus et stigmatisés.

La méthode choisie pour mener à bien ma recherche se base principalement sur l'usage de la vidéo documentaire et des interviews pour l'enquête de terrain.

Les objectifs

Principal :

Établir les relations entre le patrimoine construit en adobe et les savoirs des constructeurs locaux, et comprendre la culture constructive locale et sismique liée à l'utilisation de l'adobe, en basant l'étude sur le « norte chico » du Chili.

Spécifiques :

- Étudier les bâtiments en adobe traditionnels dans la zone « norte chico » et repérer les pratiques qui puissent constituer la base de l'établissement d'une culture de la construction locale.
- Effectuer une recherche sur le territoire pour trouver les constructeurs d'adobe actuels, connaître leurs savoirs et savoir-faire ainsi que les systèmes de construction utilisés, pour établir des règles et stratégies dans la construction en adobe.
- Déterminer s'ils existent des stratégies sismiques dans la culture locale de la construction en adobe, à la fois dans l'architecture traditionnelle et l'architecture actuelle, les relations et les disparités.
- Elargir la recherche au contexte national pour vérifier les compétences des constructeurs d'adobe actuels qui travaillent la technique selon les deux formes traditionnelles et contemporaines, en distinguant leurs stratégies, techniques et connaissances, avec comme but d'esquisser une ligne de développement futur de la construction en adobe dans tout le pays.

La méthode

Il a été décidé de séparer l'étude de la phase d'introduction tout ce qui concerne le contenu plus théorique et générale de l'objet à étudier, donc dans le reste du document exposer le cas du Chili en général et en particulier le cas de la zone « Norte Chico »

La première partie introductive concentre le travail compilé à partir des sources bibliographiques consultées pour l'étude.

La méthode de recherche sur l'étude de cas est essentiellement pratique et repose à la fois sur le travail effectué par l'auteur avant de suivre la formation du DSA architecture de terre à l'ENSA de Grenoble, et par la sensibilité et l'appréciation ultérieure de la culture sismique chilienne et le cherche de réponses dans le dernier tremblement de terre éprouvé par les terres chiliennes.

Le travail repose aussi sur des entretiens et l'enregistrement audiovisuel, choisis comme une méthode qui cherche un enregistrement fidèle des expériences de terrain et des enseignements des auteurs de la construction en terre sismique chilienne à la fois traditionnelle et contemporaine.

Une autre source de collecte d'informations a été fournie grâce à des activités de sensibilisation et de diffusion de construction en terre, en particulier en adobe, dans les zones touchées par le dernier tremblement de terre, qui ont généré des informations précieuses et difficilement accessibles autrement, et ont permis d'être en mesure d'atteindre un plus grand horizon de personnes ce qui a contribué à enrichir l'étude.

La contribution

La principale contribution de cette recherche est la valorisation de la technique constructive de l'adobe, une technique aujourd'hui discréditée. Dans le cadre de ce mémoire j'ai contextualisé mon travail d'investigation au Chili, et plus précisément à la zone du « Norte Chico » qui possède un riche patrimoine de bâtiments d'adobe à deux égards : constructif et immatériel

- Constructif. Il a été identifié dans la région un grand nombre de bâtiments d'adobe qui ont eu un faible dommage après les tremblements de terre de grande ampleur, ce qui incite à examiner de manière approfondie les systèmes et détails constructifs de ces bâtiments pour en tirer des leçons.
- Immatériel. Dans la même zone, a été identifiée une forte présence de constructeurs en adobe, qui jusqu'à aujourd'hui poursuivent leur activité. Après les séismes enregistrés et la nécessité imminente, pour maintenir et réparer les bâtiments d'adobe, de valoriser les connaissances locales est essentielle au maintien de la culture locale détériorée et à la transmission de bonnes pratiques dans l'ensemble du pays.

Les résultats attendus

Le premier résultat attendu de la recherche est de créer des arguments et des études sérieuses sur la pertinence de la construction en adobe dans le territoire chilien, en faisant valoir la valeur de stratégies sismiques éprouvées lors des derniers séismes survenus dans le pays.

Le deuxième résultat attendu serait de pouvoir propager ces connaissances à l'échelle nationale et en particulier dans les enseignements dispensés dans les centres universitaires, où les études du patrimoine ne traitent généralement pas assez du risque permanent des tremblements de terre.

Le troisième résultat attendu serait de contribuer à l'appréciation de la culture locale de la zone étudiée (« Norte Chico ») et la technique de construction en adobe au niveau national, comme une technique sismique.

Le quatrième résultat attendu est pouvoir conduire à l'élaboration de l'architec-

ture vernaculaire contemporaine en adobe, multipliant les enseignements anciens et en ajoutant de nouvelles stratégies pour soutenir le système de construction traditionnelle en réponse sismique.

La structure du mémoire

La recherche est structurée du général au particulier en trois parties : le contexte global chilien, la technique de l'adobe, le cas d'étude : « Norte Chico ».

La première partie évoque le contexte de l'architecture vernaculaire sismique mondiale, les cultures locales et les architectures vernaculaires qui prennent en compte les tremblements de terre. Il est intéressant de repérer dans des cultures géographiquement éloignées, des similitudes techniques spécifiques au risque sismique et de l'efficacité avant séismes majeurs.

La deuxième partie va dans la particularité du territoire chilien, sa géographie qui détermine les façons d'habiter vernaculaire, leur relation avec le contexte et en particulier les tremblements de terre.

La troisième partie est consacrée à la technique de construction de maçonnerie de blocs de terre crue en particulier et également à la culture vernaculaire et aux normes de construction contemporaines.

La quatrième partie concerne l'étude de cas axée sur le nord du territoire de la capitale appelée « Norte Chico » comme un domaine peu étudié en termes d'architecture vernaculaire et la terre, et est également une région qui a subi un séisme majeur de magnitude (8.4) en septembre 2015 et peut révéler des stratégies sismiques dans les constructions en adobe.

1

ARCHITECTURE VERNACULAIRE SISMIQUE : LA RÉSILIENCE ET L'ÉVOLUTION. DÉFINITION DU CADRE THÉORIQUE

« Il n'est pas le plus fort ni le plus intelligent qui survivra, mais ceux qui peuvent mieux gérer le changement »

Charles Darwin. The Origin of Species, 1859

PARTIE 1 / ARCHITECTURE VERNACULAIRE SISMIQUE : LA RÉSILIENCE ET L'ÉVOLUTION. DÉFINITION DU CADRE THÉORIQUE

Aujourd'hui, l'humanité est embourbée. Il est important de s'interroger sur l'avenir du monde après la super-exploitation incessante des ressources naturelles par l'escalade vertigineuse des « besoins » des hommes dans le monde moderne. La sophistication permanente et en même temps la dénaturation de l'habitat, la complexité croissante et l'augmentation écrasante de la densité des grandes villes génèrent une dégradation de l'environnement et de la vie de l'humanité qui l'habite. Les villes modernes grandissent sans se préoccuper des incidences de leur extension, sans regarder ni en avant, ni en arrière. Les bâtiments se développent en fonction des besoins et des exigences du marché, et non pas des gens (RIVERA A. , 2009). L'inexistante réflexion quotidienne sur la réalité et les conditions dans lesquelles la majorité des personnes vivent dans les grandes villes, notamment au Chili où se manifestent des tremblements de terre, rend évidente l'ignorance de leurs forces.

Des manifestations telles que les inondations, les tremblements de terre, glissements de terrain, éruptions volcaniques ou autres, aujourd'hui appelés « catastrophes naturelles », ont un impact humain d'autant plus important que le développement des villes s'est fait sans véritable planification et dans l'ignorance du contexte. Dans le cas des tremblements de terre, après plusieurs démonstrations et des études, on peut voir que l'étendue des dommages observés a été plus étroitement corrélée avec la densité de la population, qu'avec l'âge des bâtiments, et de leur matériau de construction (FERRIGNI, 2015).

Paradoxalement, cet éloignement des racines à la recherche de la « sophistication » a généré de grandes catastrophes et a diminuée la qualité de vie de l'humanité, en particulier des dépossédés qui sont forcés à habiter dans des endroits les plus indésirables. Est-ce le fait de perdre ses racines qui entraîne l'oubli de centaines d'années de pratique et de l'expérience qui ont conduit à une grande variété de cultures constructives, de systèmes de construction et d'architectures, tenant compte des ressources disponibles, de la météo locale, des pratiques sociales et des modèles culturels (CAIMI, 2015) ? La société moderne et le mode de s'implanter sur la planète effacent le passé, non seulement les gens en général ne savent pas, mais méprisent et discréditent, en diffusant de fausses informations, les matériaux naturels universels comme la terre. Or la terre est le matériau universel par excellence, la matière première la plus abondante sur notre planète Terre, et le matériau utilisé pour les habitations depuis le début de l'humanité jusqu'à aujourd'hui, que ce soit des anciens palais ou des cabanes ou encore des constructions contemporaines incroyables. Le matériau terre représente l'avenir de l'humanité.





i. La réponse vernaculaire à la crise mondiale

Face à la crise mondiale actuelle, la recherche de réponses de développement durable trouvées dans les solutions du passé est proposée. Dans le domaine de l'habitat et la construction le regard est fixé sur la façon variée, différente et souvent belle et ingénieuse que les gens du monde entier et à travers le temps ont imaginé, conçu, utilisé et entretenu leurs environnements bâtis (VELLINGA, 2015). Ainsi l'architecture vernaculaire et traditionnelle ouvre une voie de solutions trouvées dans le passé, mais surtout une vision du monde qui a été oublié dans le monde occidental «moderne». Le vernaculaire voit le monde comme un système et reflète l'humanité dont il fait partie. Au lieu d'essayer de « conquérir » la nature comme nous, adaptons nous au climat et acceptons le défi de la topographie (RUDOFISKY, 1973). Il s'agit de réponses particulières à des contextes spécifiques, non conçues par les architectes, mais personnalisées par le constructeur-propriétaire ou la communauté constructeur, en utilisant les ressources disponibles avec les techniques traditionnelles (OLIVER, 1997).

L'architecture vernaculaire nous raconte le monde, son hétérogénéité dans des paysages, des climats, des cultures et en particulier la réponse de l'humanité à son contexte. Mettre l'accent et travailler pour mettre en évidence cette diversité devient aujourd'hui indispensable pour lutter contre l'hétérogénéité de la mondialisation, la construction vernaculaire est la façon naturelle et traditionnelle dans laquelle les communautés ont construit leur habitat. Elle participe également à un processus continu, y compris les changements nécessaires et l'adaptation continue en réponse à des contraintes sociales et environnementales (ICOMOS, 1999). L'ancestral est subsistance, n'est pas juste une réponse aux intempéries et dans le monde, est symbole de lutte et de travail que a construit technologies à la main (RIVERA A. , 2010), les technologies pertinentes et appropriées à leur contexte et donc durable dans le temps. Il existe de nombreux exemples d'architecture vernaculaire comme des cultures du monde, chaque forme vernaculaire est nécessairement locale, et est une partie importante de l'identité d'un groupe humain. L'architecture vernaculaire est « l'expression tangible d'un mode de vie » (RUDOFISKY, 1984).

À gauche. Construction d'adobe Huacas de Moche, Pérou. Source : Consuelo Miranda

ii. Des cultures sismiques, la résilience vernaculaire

Expressions de modes de vie, se moulant et apprenant de leur contexte, 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. (CAIMI, 2014). Ce sont donc les mouvements dans les territoires sismiques qui font partie de cette culture qui est exprimée à travers l'architecture, elle-même en évolution. C'est un processus continu, y compris les changements nécessaires et l'adaptation continue comme une réponse aux contraintes sociales et environnementales (ICOMOS, 1999). Seule une richesse de connaissances sur ces mouvements peut générer des architectures durables et viables dans ce contexte. 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).

Les cultures qui vivent en interaction constante avec des mouvements tels que les tremblements de terre, ont pu, au fil du temps, non seulement apprendre de ces mouvements, mais les accepter dans le cadre de son contexte, qui est la résilience, la capacité des habitats humains d'absorber les chocs et les perturbations sans modifications majeures dans leurs systèmes fonctionnels, physiques, sociaux et économiques (Dipasquale, Mecca, Özel, & Kisa Ovalı, 2014). Si l'architecture vernaculaire mondiale signifie l'évolution continue et l'immense capacité d'adaptation aux changements, l'architecture vernaculaire sismique, est une accentuation de cette caractéristique, l'architecture résiliente suppose une architecture dynamique, qui est principalement caractérisée par sa flexibilité et sa capacité d'adaptation (Dipasquale, Mecca, Özel, & Kisa Ovalı, 2014). Il est la survie et l'apprentissage de chaque mouvement et catastrophe rendant les cultures des mouvements plus forts, ce qui explique pourquoi la culture des tremblements de terre est par nature résiliente et constitue une culture locale sismique.

En outre, en raison des caractéristiques locales et particulières de chaque territoire et de la façon dont les tremblements de terre sont générés, chacune de ces cultures est locale. La combinaison de la connaissance des impacts sismiques sur les bâtiments et les comportements des usages, et la rétroaction cohérente avec

ces connaissances (FERRIGNI, 1985), génèrent la culture sismique locale. Le degré de vulnérabilité d'une communauté dépend de leur exposition physique aux catastrophes naturelles et sa capacité à absorber les effets négatifs du changement et de se réorganiser (Dipasquale, Mecca, Özel, & Kisa Ovalı, 2014), de cette façon est qu'en même temps il permettra de distinguer les différentes cultures sismiques locales qui expriment leur connaissance et leur relation à l'environnement sismique grâce à l'architecture vernaculaire sismique.

Dans les domaines de la plus grande activité sismique de la planète se produit alors un phénomène particulier, étant donné que l'apprentissage peut être plus profond en raison de l'ampleur et de la fréquence des tremblements de terre. En effet, si les tremblements de terre se suivent les uns après les autres, avec des intervalles de temps relativement court, cela permettra à une génération de transmettre leur expérience à la génération suivante par écrit ou oralement (40-60 ans), la culture sismique locale sera transférée (FERRIGNI, 2015). Chaque génération pourra alors renforcer l'apprentissage et la connaissance héritée des cultures antérieures, il renforcera la culture constructive sismique, les constructions et il développera la créativité dans la réalisation des réponses avant les événements telluriques. Il génèrera des constructions qui seront testées dans les tremblements de terre ultérieurs qu'eux-mêmes pourront voir, car c'est après un tremblement de terre, qu'une augmentation soudaine du niveau des connais-



Maison avec des dommages depuis le tremblement de terre de 2010 à Vichuquén. Avec des affiches pour appeler les voisins de Vichuquén pour sauver leur patrimoine.

sances se produit (FERRIGNI, 2015), non seulement des personnes qui ont été en mesure de le vivre, mais de toute la culture autour d'eux et qu'ils ont créé.

iii. La construction en terre et la culture locale

À son tour, la construction terre elle-même est nécessairement locale, parce qu'elle est l'expression de l'utilisation de ce qui est *sous les pieds* de la même culture qui habite ce territoire et a développé historiquement par voie orale et le mode expérientiel, les bâtiments en terre sont développés principalement par le transfert des connaissances d'origine populaire, comme tous les savoirs traditionnels, impliquent la manifestation de réponses logiques aux besoins locaux, ainsi que les conditions et les ressources offertes par l'environnement naturel (GUERRERO, 2007). Alors les conditions environnementales sont ce qui a historiquement déterminé le développement de la diversité des cultures constructives sur la planète, qui a conduit à des techniques de construction qui dressent l'architecture vernaculaire existante. L'endroit avec ses ressources et l'homme avec sa créativité ont généré une forme sans fin de la construction en terre, dont les savoir-faire et les techniques de construction ont été transférés, améliorés et perfectionnés. L'architecture vernaculaire exprime une incroyable créativité qui reflète un niveau élevé de l'intelligence collective et un processus d'expérimentation constructive qui s'est progressivement transformé en expérience. Ce



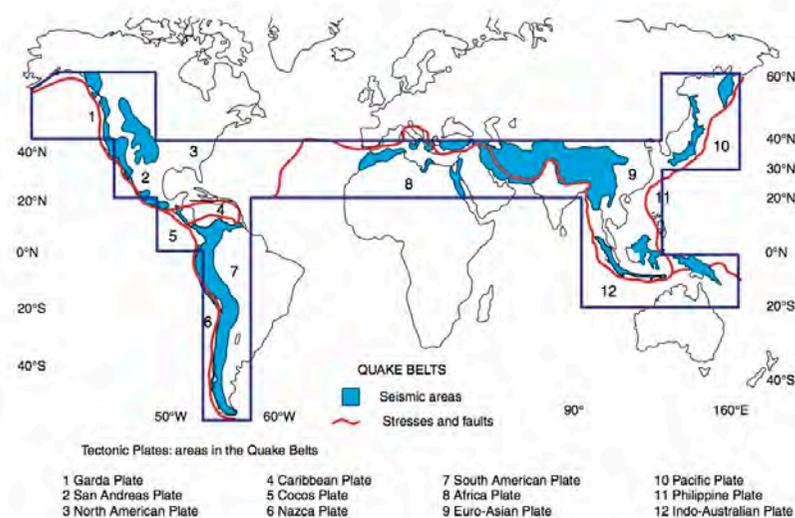
Même maison après les réparations et enduit en terre. 2016

patrimoine social et culturel démontre un haut niveau d'ingéniosité en termes d'adaptation aux ressources avec l'utilisation de leur sagesse (GUILLAUD, 2014).

iv. La construction en terre et la culture sismique

La terre, souvent classée comme un matériau fragile, est la matière première d'innombrables cultures constructives et de populations qui se sont installées et ont appris des territoires sismiques. En dépit des résultats mis en avant par toutes les simulations numériques, à savoir que la plupart des bâtiments historiques auraient dû s'effondrer, ils sont toujours là, en fait, debout. D'autre part, il est facile de reconnaître, dans les régions où les tremblements de terre sont récurrents, que les communautés locales ont nécessairement développé des techniques de construction «antisismique» (FERRIGNI, 2015), soit ont construit une culture sismique avec des ressources disponibles localement, une grande partie d'entre eux avec la terre. Ainsi comme les techniques de construction en terre sismique nées du processus d'essais et erreurs, testées après chaque tremblement de terre, et améliorées dans le temps. Alors ces constructions sont le langage du lieu, synthèse de la capacité d'une communauté d'harmoniser sa propre culture et les défis posés par le milieu (CAIMI, 2014), dans ce cas, par des tremblements de terre.

Dans la construction en terre, il y a deux grandes familles d'importance ac-



Carte de zones séismiques et plates tectoniques. Source : Paul Oliver

tuelle dans les zones sismiques et des preuves des cultures sismiques locales en terre. La première où la structure principale n'est pas la terre, mais en général des fibres végétales ou similaires qui supportent la charge du toit, qui, en complément avec la terre représentent le système parasismique. Cette technique, connue sous diverses formes et exprimée de multiples façons est l'ensemble des techniques connues et sans discussion, reconnues comme les techniques vernaculaires sismiques par excellence, puisque les fibres végétales elles-mêmes ont une grande capacité de flexibilité et donc d'absorption des mouvements générés par les tremblements de terre, qui caractérisent le système sismique. La deuxième famille de techniques sismiques en terre, sont ceux qui présentaient la complexité supérieure, car en plus de contexte des problèmes sismiques il y a la difficulté de la pénurie de ressources végétales, dont le problème sismique est accentué. Nous parlons des techniques où la terre représente, structurellement, l'élément principal et où c'est donc la terre qui a le devoir de supporter les charges du toit dans le moment statique et qui aussi le devoir, avec des éléments supplémentaires, d'absorber les mouvements dans les moments dynamiques. Cette dernière famille de techniques avec la terre porteuse est au cœur de cette étude particulière, car elle est, d'une part, la plus méconnue, et d'ailleurs représente une intelligence et un travail d'essais et d'erreurs d'un grand nombre de générations à travers le monde qui ont mis à disposition pour l'avenir leur travaux, leur créativité, et surtout la nécessité de protéger la vie de leur culture, donc leur survie dans le contexte sismique. Étant donné que nous ne devons pas oublier, que c'est la mort produite par des tremblements de terre et par des bâtiments inappropriés, qui génère la nécessité de construire des technologies en fonction de ces mouvements. Voilà pourquoi les cultures sismiques en terre représentent spécifiquement le fruit de l'union indissoluble entre un milieu naturel déterminé et une culture humaine déterminée (CATALDI, 1989), pris dans des limites mais en mesure de résoudre de grands conflits sur la planète.





v. La culture sismique locale en terre et contemporaine

Sous différentes latitudes de la planète les réponses vernaculaires et populaires sont différentes, mais jusqu'à aujourd'hui au moins un tiers de la population mondiale vit dans des constructions en terre. Ce constat nous oblige à penser l'amélioration de la construction en terre et à la penser localement. Et bien que la mode et la modernité essaient d'entrer dans le monde de la construction en terre, les particularités de chaque sol et de chaque argile sont plus puissantes que toute machine. Alors la construction en terre contemporaine ne pourrait-elle pas constituer la réponse la plus puissante à une exigence de durabilité ? Il paraît en tout cas pertinent d'effectuer un retour au matériau terre. Apprendre le maximum de ce matériau, étudier l'architecture vernaculaire d'un territoire donné, peut être en tirer des stratégies et des paramètres de conception, pourraient devenir la base d'une meilleure architecture contemporaine insérée dans son contexte physique et culturel (JORQUERA, 2014).

Ensuite, il s'agirait de mieux tirer profit des réponses vernaculaires pour l'architecture contemporaine en terre, pour que les architectes et les constructeurs contemporains puissent constituer une culture constructive sismique humble. Puisque que des techniques (en terre) ont montré leur résistance à des tremblements de terre, ces techniques peuvent être envisagées comme un moyen d'obtenir une maison sécurisée, de faire sécurisée l'habitat. Les constructeurs au Chili ont comme grand défi de construire avec la terre et surtout en adobe, des bâtiments qui résistent aux grands tremblements de terre (CORTÉS, 2016).

À la page précédente, l'église d'adobe à Nama, nord du Chili. Elle avait beaucoup de dommages après les tremblements de terre de 2005 et 2007. Dans la photo il est réparé par les habitants du village. 2011

À gauche, construction de torchis métallique du Marcelo Cortés. Source : Cristian Muñoz

2

CULTURE SISMIQUE EN TERRE : LE CAS DU CHILI

« Seuls les gens qui comprennent la nature des matériaux peuvent
faire de l'art en utilisant les matériaux »

Wang SHU, architecte

PARTIE 2 / CULTURE SISMIQUE EN TERRE : LE CAS DU CHILI

Le territoire maintenant connu comme le Chili existe en raison de la confrontation permanente de deux plaques tectoniques : la plaque de Nazca et la plaque américaine. Le glissement constant de la première sous la seconde provoque l'effet connu en géologie comme subduction, qui donne lieu à l'une des principales caractéristiques et les limites du territoire, les Andes, avec son cordon volcanique très actif. L'endroit exact où ces plaques se croisent et où le frottement se produit, et donc d'où les mouvements sismiques proviennent, est à quelques kilomètres de la côte chilienne, causant souvent des tremblements de terre qui affectent la zone côtière et qui, à plusieurs reprises, ont été suivi d'un tsunami. Le Chili est l'un des pays les plus sismiques du monde où des grands tremblements de terre se sont produits dans le passé et sûrement des grands tremblements de terre se produiront à l'avenir (CSN, 2010). On peut dire alors que le facteur sismique n'est pas seulement une partie du milieu dans lequel se trouve le territoire chilien, mais la principale caractéristique.

Voilà pourquoi les anciennes cultures qui ont habité ces territoires étaient bien conscientes de leur contexte, les populations se sont adaptées et ont développé différentes stratégies pour habiter ce pays. Les bâtiments, qui ont résisté dans les zones très sismiques, témoignent de l'ingéniosité humaine et les connaissances locales accumulées qui ont permis à l'homme de s'adapter et de survivre dans différents territoires (JORQUERA, 2014), comme indiqué dans l'explication des origines de la terre des *Mapuche*¹, où les forces de la mer et de la terre représentées par deux serpents, *Kaikai* et *Trentren* respectivement, dans leur confrontation et opposition ont généré des tsunamis et l'élévation des Andes.

1 Mapuche. Les gens de la terre (pluriel et singulier). Ensemble de groupes ethniques originaires d'Amérique du sud, leur limite au nord était la culture inca, autour de la rivière Maipo (actuelle Santiago). Au cours de la conquête et colonie espagnole il a été établi sa limite nord dans la rivière Bío-Bío (actuelle Concepción). Hautement guerrier, le territoire mapuche n'a pas été colonisé par les Espagnols, même la Couronne espagnole a eu à reconnaître sa souveraineté. À la fin du XIXe siècle, le territoire mapuche a été occupé par l'État chilien, en commençant un conflit qui reste jusqu'à aujourd'hui.

« ... Quand la terre se secoue et l'eau l'inonde, les Mapuche entendent le cri de Kaikai. Heureusement, Trentren est alerté, de sorte que, avant que Kaikai puisse faire du mal au peuple mapuche, il passe sous silence avec son bruit qui rend la terre grandir ».

Dans les régions touchées par des tremblements de terre de haute intensité et fréquents, les communautés locales ont développé des stratégies vernaculaires pour se protéger contre les risques (DIPASQUALE, OMAR SIDIK, & MECCA, 2014), comme en témoigne la mythologie, les cultures indigènes des terres au sud des Andes étaient pleinement conscientes de l'existence des tremblements de terre et de ses bâtiments les deux étaient le reflet de cette connaissance.

Aujourd'hui, un vaste territoire du sud des Andes et du grand et aride désert d'Atacama dans le nord de la Patagonie, présente des cultures constructives utilisant le matériau terre. Chacun avec ses particularités, des histoires et des origines, qui génèrent des cultures constructives spécifiques avec des systèmes de construction, dans le même temps, particulier, étant la matérialisation d'un savoir produit dans le passé et dont l'efficacité a été prouvée après des millénaires d'essais et erreurs (GUERRERO & VARGAS, 2015). On estime, selon l'inventaire des biens préparé par le Département d'Architecture du Ministère de Travaux

Au-dessus, pierre mapuche qui représente les deux serpents: TRENTREN et KAIKAI.

Source : Museo de Arte Precolombino á Santiago du Chili

Prochain page à gauche, Amérique du Sud sismicité (Plate de Nazca) de 1900 á 2013. Source : USGS

Prochain page à droite, carte de tremblements de terre du monde de 1900 á 2013 avec des tectoniques plates. Source : USGS





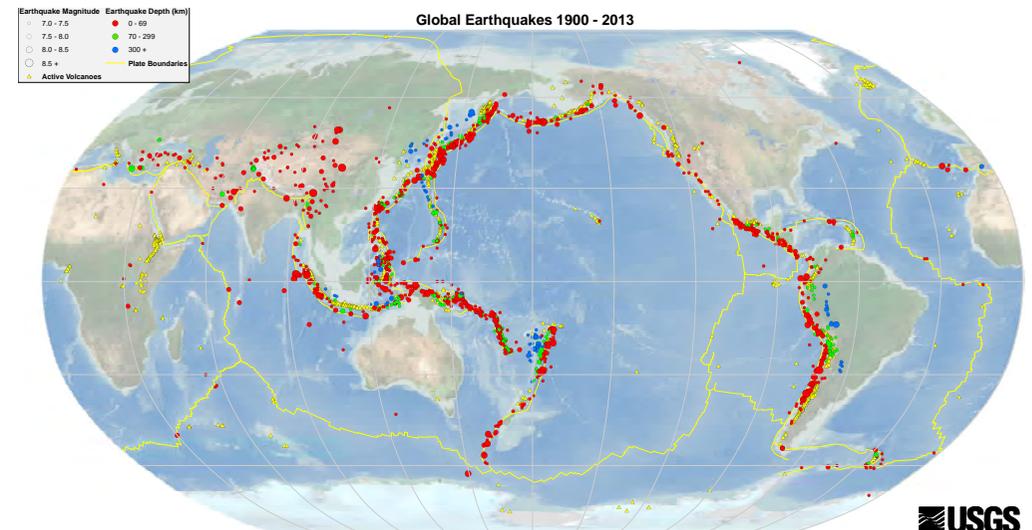
Publics² que près de 40% des bâtiments patrimoniaux sont construits dans les techniques utilisant la terre crue, prédominant adobe et des techniques mixtes bois-terre comme le *adobillo*³ et la *quincha*⁴ (Contreras, Bahamondez, Hurtado, Vargas, & Jorquera, 2011)

1. Des risques sismiques et la construction en terre dans le territoire chilien

Le risque sismique ne se limite pas uniquement à l'existence du mouvement tectonique, puisque, comme nous l'avons noté précédemment, ceci est l'une des caractéristiques du territoire, où les cultures doivent apprendre à développer des solutions ou migrer. Ils s'agissent donc des cultures qui ont décidé, ou ont pu, se situer dans le territoire sud-ouest de la Cordillère des Andes, des cultures locales intrinsèquement sismiques.

Aujourd'hui, le principal facteur de risque au moment du séisme est la grande vulnérabilité des bâtiments, qui se manifeste dans la construction en terre en raison de la diffamation systématique qui a conduit à sa méconnaissance rapide

- 2 Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas (DA-MOP)
- 3 Technique mixte (bois-terre) nommé comme un petit adobe.
- 4 « *Quincha* », mot d'origine quichua, normalement utilisé au Chili, au Pérou et en Bolivie, qui signifie paroi de branches et de terre (Benavides, 1988)





et à l'ignorance. La disparition massive et croissante des structures historiques en terre est de plus en plus observée non seulement par les forces des tremblements de terre, mais par les décisions mal informées de l'homme à la hâte de démolir le patrimoine en terre, en ignorant les possibilités de récupération de ces structures avec des techniques éprouvées et compatibles (Contreras, Bahamondez, Hurtado, Vargas, & Jorquera, 2011). Ainsi, la diffusion des matériaux modernes, apparemment plus fonctionnels et plus rapides à mettre en œuvre, remplacent la terre crue; la perte de connaissances sur le processus de construction et d'entretien a contribué à la dégradation et au remplacement de la construction traditionnelle (JORQUERA, 2012)

Au-dessus, photo de Santiago 1900. Source : Biblioteca Nacional á Santiago du Chili
À droit, quartier traditionnel en adobe à centre de Santiago avec l'avenue des nouveaux immeubles





i. L'industrialisation

La construction en terre était la base de la construction sur le territoire chilien, qui à l'origine pourrait s'identifier plus clairement avec des techniques mixtes utilisant des fibres végétales mélangées avec de la terre, ainsi que les différentes techniques de terre porteuse telles que l'adobe, le pisé et la bauge. Avec l'introduction européenne sur le territoire, la prolifération de centres plus permanents, construits également avec le même matériau abondant, la terre, mais cette fois, exprimé principalement en adobe, technique apportée par les conquérants de la péninsule ibérique. Ce n'est qu'avec l'industrialisation et l'incorporation de l'acier dans le pays, au début du XXe siècle, que la construction en terre commence son déclin. Ce fut la même industrialisation, qui, par la prolifération des installations de production a conduit à la croissance des villes par le besoin de main-d'œuvre pour l'industrie naissante, générant d'énormes migrations des zones rurales vers les centres urbains. Ces migrations, correspondant à une recherche effectuée d'amélioration de la qualité de la vie, ont apporté de nouveaux travailleurs qui se sont installés de façon précaire dans les zones entourant les centres urbains avec d'humbles constructions en terre, culture constructive de leurs origines, leur permettant de construire leurs abris dans ce nouveau contexte. Ont surgi après les camps de migrants précaires de populations rurales, tel que *la Legua*⁵, situé à une lieue de la place principale, abritait les populations migrantes du nord après la crise du salpêtre des années 1930.

Des études récentes montrent qu'il y a 100 ans, la ville de Santiago a été en grande partie construite en terre avec au moins 50% de bâtiments construits en adobe

5 La Legua. Cartier populaire qui a émergé comme un bidonville dans les années trente.

(JORQUERA, 2016), ce qui démontre la possibilité de construire des villes avec le matériau universel, et que, même après presque 400 ans d'apprentissage et erreur ils tiennent encore debout.

ii. La spéculation Immobilière

Depuis le début de 1900, et avec l'industrialisation et la migration qui alimente les grandes villes du Chili, la nécessité d'augmenter la densité était évidente. Les villes ont commencé à croître principalement à la périphérie par les masses de travailleurs qui sont arrivés, puis à l'intérieur avec la prolifération d'un type de construction notoire de Santiago connu comme *ciñes*⁶ qui ont également été construits avec des techniques de terre, mixtes, adobe et ainsi que des systèmes de maçonnerie simples. Ce type de construction, ainsi que la plupart des bâtiments urbains de maçonnerie de terre cuite ou crue et de technologies mixtes de terre et de bois, travaillent comme un système communautaire où chaque bâti n'est pas auto stable, mais trouve sa stabilité en s'appuyant aux autres constructions, ainsi l'ensemble des constructions représente un système de construction collaborative.

Cette forme de densification des villes a ensuite été remplacée par des immeubles de grande hauteur, qui règnent maintenant dans la ville. Ces constructions et le marché de l'immobilier qui les promeuvent sont l'ennemi principal de la construction en terre en milieu urbain, où les terrains sont très convoités et présentent une énorme rentabilité commerciale. Ceci est aujourd'hui la principale menace des bâtiments traditionnels, principalement en terre. D'une part, simplement à cause de la

6 Typologie de construction urbaine, vu surtout à Santiago, qui consiste en la construction de plusieurs maisons construites les unes à côté des autres avec un accueil commun sous forme de couloir intérieur.

démolition disproportionnée et excessive des bâtiments historiques représentant l'identité culturelle nationale, aujourd'hui dans le cœur central de Santiago on distingue seulement 15 bâtiments d'adobe (JORQUERA, 2016). D'autre part, la prolifération des immeubles de grande hauteur au centre des pâtés de maisons brise la stratégie sismique urbaine communautaire des constructions en terre qui agissant ensemble pour se soutenir mutuellement en développant un complexe et nécessaire cadre constructif pour leur survie. L'intervention sur un bâtiment affecte directement le comportement structurel du voisin parce qu'ils s'agroupent dans une construction continue, en particulier dans des cas comme le quartier ouest de Santiago où des bâtiments ont été démolis dans le centre du pâté de maisons et où, sur les parcelles restants vacantes, ont été construites des typologies de bâtiments ayant un comportement structurel très différent, ce qui a affecté la performance des maisons voisines (Contreras, Bahamondez, Hurtado, Vargas, & Jorquera, 2011). Cette situation est encore aggravée par la présence des différents étages souterrains dans ces constructions, un gouffre profond et une vibration permanente, à la fois dans le processus de construction et dans l'utilisation, qui attaque les bâtiments affaiblis et tout leur système avant que la protection diminuée. Cela devient la plus grande faiblesse et le principal risque de l'architecture traditionnelle en terre et de l'identité culturelle dans les villes chiliennes.

2. La diversité géographique, la diversité culturelle

Le Chili est un territoire allant du nord au sud 4329 km à l'extrémité du continent américain, il a une grande diversité de paysages et de climats, qui se reflète également dans l'architecture et les bâtiments, qui répondent à la réalité de chaque lieu, l'adaptation au climat et à la géographie (GIRIBAS & RIVERA, 2016).

En raison de cette large extension, sur tout le territoire des réalités environnementales changent radicalement, du désert le plus aride du monde (le désert d'Atacama) vers le nord, dans les champs de glace énormes dans le sud en Patagonie. Tous ces territoires marqués par deux limites incontournables : l'océan Pacifique et les Andes. Deux opposés, comme l'a mentionné la mythologie mapuche, qui sont en dialogue constant. Il est dans ce territoire étroit qui atteint à peine 90km de la mer et les montagnes à son point le plus serré.

L'architecture de terre chilienne est non seulement un héritage historique, mais aussi un moyen de construire de manière durable : la capacité de s'ajuster à des conditions météorologiques extrêmes ainsi que des économies de coûts associés, à l'utilisation abondante des ressources locales est la terre, nous permet de dire que l'architecture de terre est un patrimoine culturel et environnemental et, en tant que tel, doit être préservée, en dépit de la détérioration actuelle (JORQUERA, 2012).

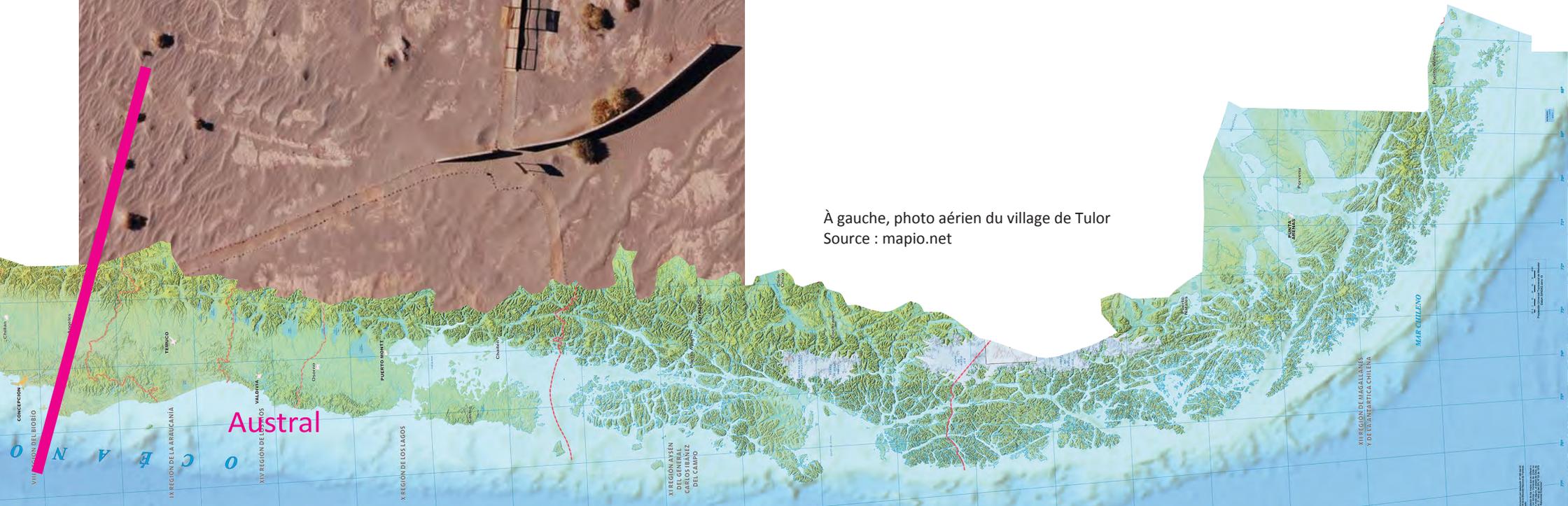
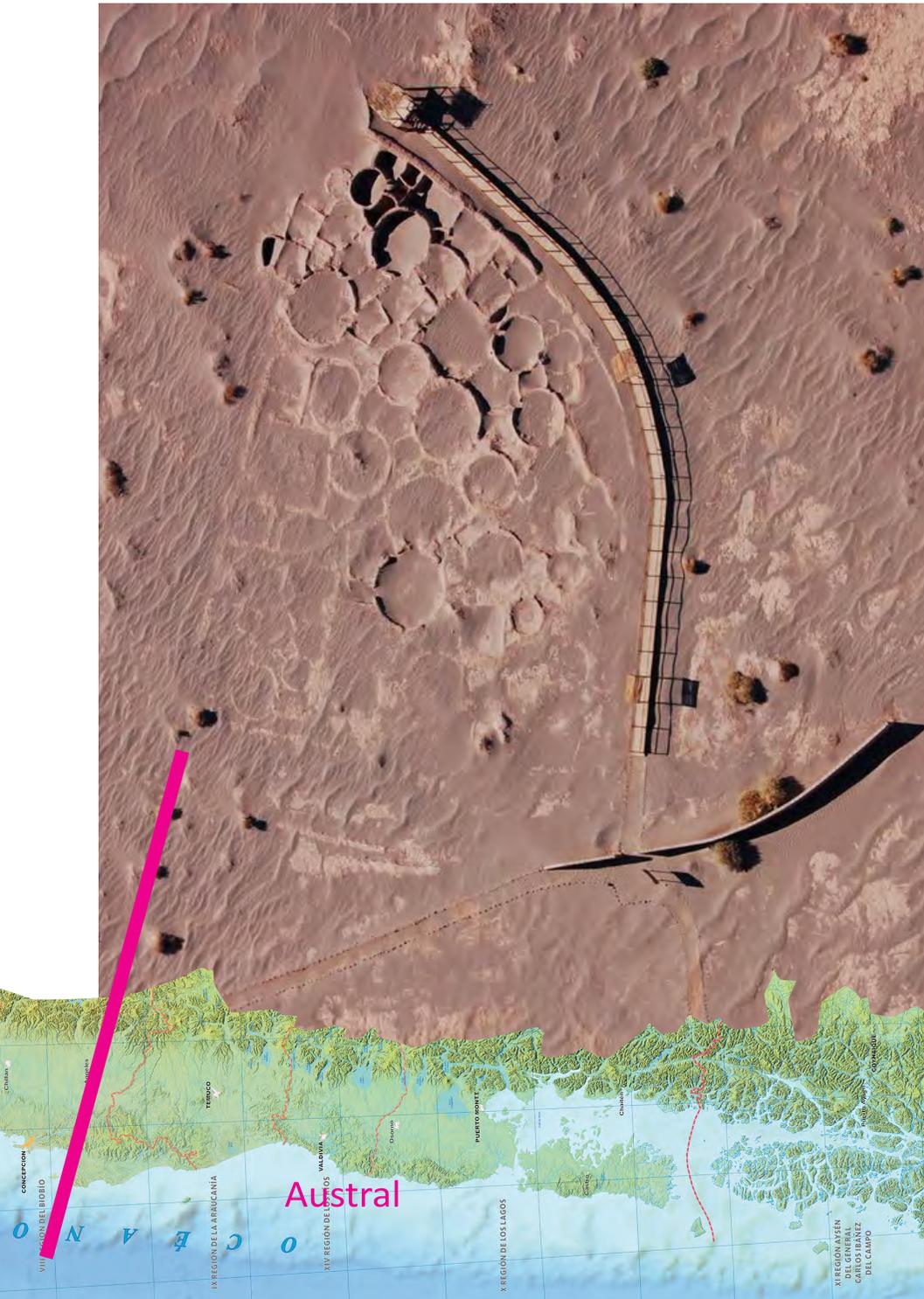


i. Les cultures et les techniques de construction

Du nord au sud, il y a différentes expressions de l'architecture populaire en terre. De l'époque la plus ancienne au nord du Chili, où la construction en terre et en pierre a été le foyer de différentes cultures qui ont peuplé ces territoires jusqu'à la période de la colonisation il y a moins de 100 ans en Patagonie australe du pays.

Pour une représentation graphique du territoire il sera divisé en quatre grandes zones géographiques : le « Norte Grande », le « Norte Chico », la « Zone Centrale », le « Extrême Austral ». Chacun de ces domaines ne représente pas une culture constructive unique ou une uniformité climatique ou environnementale. Dans le nord aride du Chili, où la pierre, la terre et le cactus sont les seuls matériaux de construction, des stratégies résistant aux tremblements de terre sont basées sur la géométrie des bâtiments. Dans le centre et le sud, où les climats tempérés et froids permettent la croissance de grands arbres, des renforts de bois sont des solutions résistance aux séismes les plus fréquentes (JORQUERA & PEREIRA, 2015), ce qui démontre l'adaptation de la culture à la diversité géographique.

À gauche, photo aérien du village de Tular
Source : mapio.net





À gauche, ruines de village de Tulo dans le désert d'Atacama avec la cordillère des Andes au fond

ii. Norte Grande

Il couvre, principalement, la zone du désert d'Atacama, qui marque son habitat et donc ses limites. En dépit d'être une frontière naturelle extrêmement hostile, et présentant les plus hauts sommets des Andes, qui dépassent 6.000msn dont le volcan *Ojos del Salado* (27°06'35"S 68°32'31"O), il était le principal accès au territoire de différentes cultures, dont celles des Inca et des espagnols, qui étaient les derniers à coloniser les peuples autochtones qui habitaient le « Norte Grande ». Cette zone se distingue en étant à l'origine peuplée par des populations sédentaires plutôt dans les zones de piémont, les agglomérations côtières représentent une vue extérieure de la nécessité d'une connectivité avec la mer car ce sont ces endroits au-dessus du littoral étaient surtout des tribus et des cueilleurs nomades avant la conquête espagnole.

Nous pouvons maintenant trouver une variété de cultures constructives qui se chevauchent en tant que couches à travers l'histoire de ces territoires, et par la superposition et le syncrétisme constructif trouvé sur le territoire.

- a. Les plus anciens vestiges constructifs archéologiques de cette zone cor-



Maison typique à Nama, dans le désert d'Atacama

respondent au village de Tulo près de la commune actuelle de San Pedro de Atacama, qui aurait soi-disant été construit avec la technique de la bauge, le seul exemplaire dans le territoire national qui aurait été construit avec cette technique.

- b. Dans le règlement *Atacameño*⁷, *Aymara*⁸ et *Quechua*⁹, la principale typologie des bâtiments trouvée est celle de l'adobe et de pierre coincée avec de la terre, où la terre n'était pas abondante ou assez « forte » pour mouler des blocs. Il convient de noter en général dans les zones de la précordillère du « Norte Grande » la terre contient habituellement un niveau élevé de limon et sa cohésion est faible, ce qui a généralement été contré avec le principe structurel de stabilité par la forme, on trouve des bâtiments avec des murs de grande épaisseur, à la recherche de la stabilité dans un principe similaire aux montagnes qui l'entourent.

7 *Atacameño*. Ethnie sud-américaine qui habitait l'intérieur du désert d'Atacama, autour du fleuve Loa (21°25'48"S 70°03'27"O) jusqu'à Copiapó (27°22'S 70°19'O)

8 *Aymara*. Agroupement de ethnies qui habitent la meseta andine, surtout autour du lac Titicaca.

9 *Quechua*. groupement de ethnies qui parlent la langue Quechua, qui habitent sur les Andes de l'Équateur jusque nord du Chili. Normalement associée avec l'Imperio des incas.



Construction en torchis de cagne à la Quebrada de Tarapacá

En utilisant ce principe, en particulier dans les bâtiments appelés *barroco-andino*¹⁰, qui se manifestent dans les temples de divinités religieuses catholiques mélangées avec des éléments de la nature, typique des croyances ancestrales. Plusieurs fois, les temples ont été construits sur des sites cérémoniels anciens. Sur le territoire les bois de grande section sont rare et s'utilisent exclusivement si nécessaire, lorsqu'il est disponible, pour l'exécution des principaux éléments de toiture. Les éléments secondaires sont généralement faits avec du cactus et d'autres éléments végétaux mineurs. Les toitures sont faites avec des éléments naturels comme « *paja brava*¹¹ » et après en incorporant de la terre comme la « *torta de barro*¹² ». La vulnérabilité sismique de cette culture constructive réside dans : les liaisons faibles entre les différents éléments de construction,

10 *Barroco andino* ou *estilo mestizo* ou *mestizo andino* est une typologie d'architecture religieuse qui s'est développée dans les Andes, avec l'incorporation de styles européens et espagnols mélangés avec des particularités locales.

11 *Paja Brava* est un type de paille qui pousse dans les hauteurs des Andes utilisée pour finir des toitures.

12 *Torta de barro* (tarte à la boue) est une technique de finition de toiture très commune dans la région désertique des Andes qui consiste à faire plusieurs couches de mélange de terre et fibres végétales. Avant la saison de pluie est ajoutée une nouvelle couche de terre.



Construction en torchis remplis avec caliche dans la salitrera Humberstone

des structures de toiture de « *par y nudillo*¹³ » qui génèrent des poussées sur les murs et de mauvais qualité des mortiers de terre employés (JORQUERA, 2014).

- c. Du règlement des villes côtières, principalement pour la connectivité maritime du territoire avec le reste du monde, en particulier après le début des exploitations de différentes matières premières, telles que le salpêtre¹⁴, puis divers minéraux, il commence la construction avec des techniques mixtes. Ce sont précisément les bateaux que viennent pour recueillir les matières premières de ce territoire comme le pin de l'Oregon et la canne de Guayaquil, qui sont utilisés dans les principaux systèmes de construction traditionnelle dans les salpêtriers du nord du Chili : le technique mixte appelée *quincha*, qui a une structure principale en pin, une structure secondaire en canne également étrangère et bourrée de matériaux locaux existants, généralement la terre, mais aussi des antécédents de remplissage d'autres éléments comme l'anhydrite

13 *Par y nudillo*, structure de toiture composée pas deux « par » diagonaux de bois et un bois horizontal dans la partie supérieure.

14 Nitrate de sodium, qui a été au XIXe siècle et au début du XXe siècle une matière première fondamentale pour l'industrie chimique européenne.

dans Pica, où il n'y a pas de terre, ou du *caliche*¹⁵ dans les salpêtrières comme *Humberstone*¹⁶, où il y a une culture constructive basée sur la combinaison des éléments industrialisés remplis avec de la terre salin de la *pampa*¹⁷ du désert (JORQUERA, 2014). Un autre exemple est Maria Elena : profils de fer incorporés aux murs d'adobes salines, comme une manifestation tangible du croisement culturel d'une architecture conçue et importée des États-Unis, mais construite avec les mains locales des travailleurs de la pampa de salpêtre (JORQUERA, 2013). Est dans les salpêtrières, où il se trouve des différentes constructions en adobe et techniques mixtes, et où ont également été observé les premiers ajouts d'éléments métalliques dans la construction en terre, comme de renforcement pour soutenir les efforts dynamiques.

15 Matériau constitué de dépôts de sels de nitrate mélangé avec de l'argile, du sable, du limon et d'autres grains, très commun dans la pampa du nord du Chili.

16 *Humberstone* (20°12'30"S 69°47'40"O) est une antique salpêtrière à côté de la ville d'Iquique au nord du Chili. Il représente la splendeur de cette activité à la fin de XIXe siècle, quand il était habité par plus de 3.5000 personnes. Il est classé comme patrimoine de l'humanité par l'UNESCO.

17 Pampa, mot provenant de la langue quechua qui signifie un endroit plat et sans végétation.

- d. Dans le « Norte Grande », il est possible de trouver des constructions en pisé, pas de façon massive et qui généralement consistent en clôtures séparant les propriétés.

iii. Norte Chico

Limité par le nord avec le désert d'Atacama dans la rivière Copiapó (27°19'00"S 70°56'00"O) et au sud par la rivière de l'Aconcagua (32°54'54"S 71°30'30"O) qui ouvre la voie vers les zones fertiles du sud, cette région est un lieu de transition et historiquement habité par des peuples regroupés sous le nom de *diaguitas* par les quechuas. C'est un territoire surtout peuplé après la conquête espagnole, mais qui représente habituellement un point de passage. Ainsi, la construction de la deuxième ville du Chili : le port de La Serena (1544), en prélude au grand désert et premier (pour ci qui vient du sud) port de ces terres (pour ci qui vient du nord).

À gauche, pisé comme mur de clôture en San Pedro de Atacama.

En bas, torchis quincha de brea au « Norte Chico », prêt du Caimanes.

Page suivante, premier est un mur *d'adobón* comme mur de clôture, le deuxième un mur en pisé contemporain entre de piliers métalliques dans une construction de Marcelo Cortés à Santiago.



Quincha et adobe sont les deux principales techniques de construction distinguées. Le premier parle de l'héritage indigène de construction de fibres mixtes et de la terre, qui nous raconte le début d'un cadre plus feuillu que le contexte précédent, où se trouvent des arbres de plus grande section qui sont capables de porter le poids de la toiture et où est la fibre qui a été utilisée comme secondaire la structure par excellence dans ce domaine : la *brea*¹⁸. La seconde technique du territoire, parlant de la colonie espagnole, qui ne s'exprime pas massivement sur le territoire jusqu'au XVIIe siècle et bien plus encore après l'indépendance.

Cette zone est le centre de cette étude, il va s'approfondir dans une section distincte sur ce territoire.

iv. Zona Central

Cette zone se caractérise principalement par l'abondance de ses ressources naturelles, qui a déterminé son apogée agricole. Elle couvre le territoire limité par la rivière Aconcagua au nord, à la frontière établie par le conquistador espagnol

18 Buisson autochtone chilien, qui pousse principalement dans la zone du « Norte Chico »

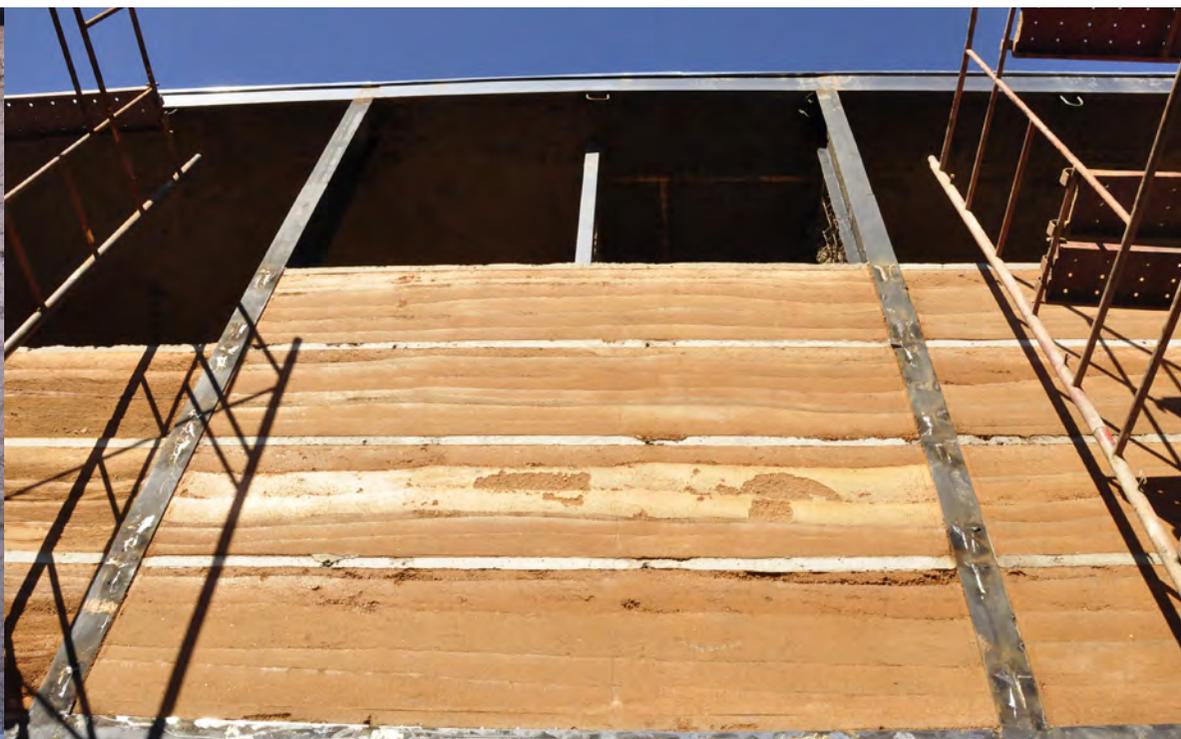
en raison de la Guerre d'Arauco¹⁹ dans le sud, le territoire de la rivière Bío-Bío (36°49'10"S 73°09'52"O).

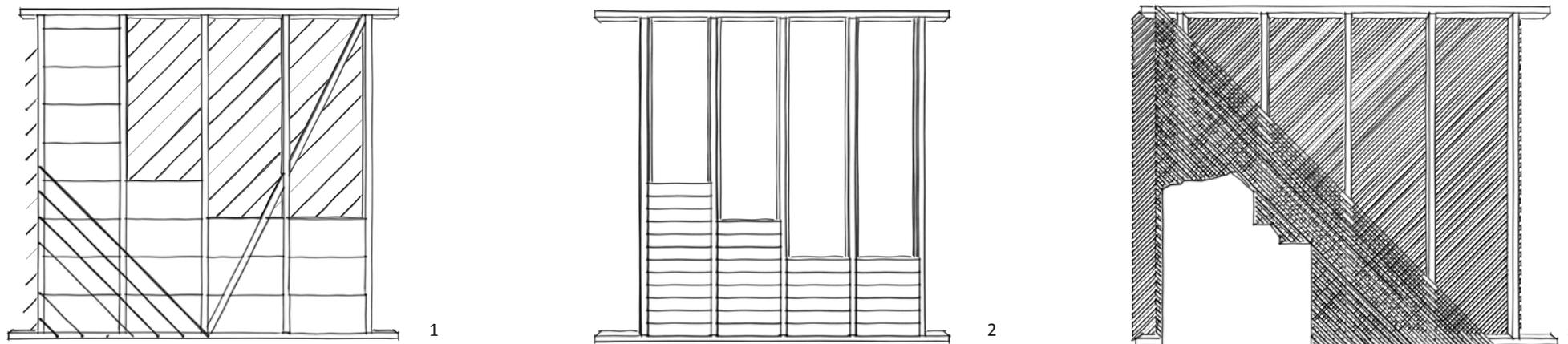
La limite nord fait une grande différence géographique et surtout l'accès à l'eau, la séparation des deux chaînes de montagnes qui caractérisent cette région crée une vaste zone connue comme la « zone central », où se trouvent les grandes zones urbaines, et où vit la majeure partie de la population. La capitale Santiago y est située. D'autre part, la frontière sud, ne fait pas une différence radicale en termes géographiques, mais marque une limite culturelle plus forte comme le début de la culture guerrière *Mapuche*. L'influence Mapuche était étendue au nord, au moins jusqu'à Santiago (33°27'S 70°40'O), couvrant toute cette région, mais sa concentration la plus élevée et la principale caractéristique du peuple qui habite le sud du rivièr Bío-Bío est sa force de combat.

Cette zone a été habitée par les différentes parties des *Mapuche*, qui ont construit principalement à partir de ses éléments végétaux leurs habitations, le *ruca*²⁰. Ce

19 Guerre de Arauco, un conflit prolongé qui a opposé les forces militaires de la monarchie hispanique et les contre alliés autochtones Mapuche. Elle a duré 282 ans entre 1536 et 1818.

20 *Ruca*, maison des mapuche.





Schémas des systèmes constructifs mixtes bois-terre. 1. Pandereta 2. Adobillo 3. Quincha. Source : vidéo éducative EL ADOBE

bâtiment ancré au sol par des pans de bois était garni de fibres végétales. Des témoins de constructions de Mapuche montrent que, après les fibres, de la terre a été incorporée comme dans la *quincha*, mais cette façon de faire n'est plus utilisée actuellement sur le territoire. En raison de la forte intensité de la conquête espagnole, nous pouvons dire que ce territoire, son architecture et sa culture sont fortement influencés dans leurs constructions et typologies urbaines par la vision européenne. Seules quelques traces de structures secondaires ou transitoires peuvent être racontées à travers des histoires de *rucas* avec de la terre. Pourtant, nous pouvons distinguer les diversités de réponses constructives sur les bâtiments des zones rurales et urbaines, ce qui représente l'apprentissage de la culture de l'éducation des autochtones et de leur environnement, et d'observer des syncrétismes constructifs culturels (MORGADO & SEGUÉL, 2016).

- a. Le pisé est un système de construction en terre massive que se trouve principalement comme une délimitation des terrains ou de l'habitat pour les animaux domestiques. Il n'a pas été vu dans l'architecture des murs de pisé de fonctionnement traditionnels pour le logement ou d'autres habitations humaines.
- b. Cependant, dans l'architecture contemporaine elle a été introduite en premier lieu pour son esthétique. Pour prendre en compte le problème sismique dans cette technique faisant appel à la compression, des dispositifs horizontaux ont été introduits pour fragmenter dans la hauteur des

modules rigides. En outre, comme une garantie contre les tremblements de terre, il est incorporé souvent aux murs en pisé contemporains des renforts horizontaux confinés à une structure verticale principale, qui fait que généralement le pisé doit se soutenir lui-même et ne pas tourner dans le moment dynamique. Ils ont également intégré certains autres paramètres de sécurité tels que la réduction de l'épaisseur des murs dans leur partie supérieure, en faisant appel à la géométrie de la stabilité.

- c. Un système dérivé de mur en pisé et près de l'adobe comme une transition du système de construction est l'*adobón*²¹. Ce système est similaire au pisé, comme il se fabrique dans le chantier et dans son emplacement final, il est un mur de proportions semblables à la précédente, ce qui est généralement autour de 50cm d'épaisseur et est également utilisé comme une frontière. Mais avec la différence que le mélange de remplissage est le même que le mélange pour la mise en œuvre d'adobe : plastique. Contrairement au mélange humide du pisé. Dans ce système, le chevauchement entre les blocs se distingue, car il a une rétraction supérieure à celle du pisé en raison de l'ajout de plus d'eau. Ce système est proche de la bauge coffrée.
- d. Le système de construction par excellence trouvé dans la fondation des villes et des villages de la région centrale est l'adobe européenne. Au fil

21 *Adobón*, comme un grand adobe.



Autres systèmes constructifs mixtes bois-terre. *Pandereta* avec des lattes en bois de Aculeo, *Quincha* traditionnelle du Vichuquen, Torchis métalliques dans construction de SurTierra à Santiago, *tabique cobquecurano*.

du temps et près de 500 ans depuis sa mise en œuvre, il a intégré des stratégies différentes, pour essayer de contourner les problèmes liés aux tremblements de terre. Des stratégies de l'adobe parasismique seront approfondies dans une autre partie, car elles font l'objet de cette étude.

- e. Comme un système complémentaire et couramment trouvée comme structure secondaire de constructions d'adobe il y a le système constructif appelé *pandereta*²² ou *adobe parado*²³ en raison de l'utilisation du même bloc d'adobe, généralement de 60x30x10 cm, posé sur chant. Cette typologie est toujours trouvée comme structure secondaire de remplissage d'une structure porteuse en bois à laquelle les blocs ne sont pas ancrés, mais liés par des fils d'acier et moins fréquemment par des lattes en bois. Ce système est utilisé de façon récurrente pour faire des divisions internes ou des étages. Traditionnellement, sa logique structurelle l'oblige à être séparée horizontalement par des piliers en bois, afin d'éviter les faiblesses de la désunion des blocs. Il a été observé plusieurs cas de mauvaise pratique de cette typologie, où, pour économiser le bois, ont été disposés plusieurs blocs horizontalement (un à côté de l'autre), générant un plus grand effort des dispositifs d'amarrage, si le fil ou le bois, le premier étant beaucoup plus fragile et il ne soutenant pas cor-

à l'eau, incorporant par exemple du plâtre ou du ciment, on trouve des preuves d'oxydation des éléments métalliques par la rétention d'humidité, ce qui crée une vulnérabilité du système de construction, car les blocs restent détachés.

- f. La grande quantité de bois transporté à bord des navires de l'hémisphère Nord au cours du XIXe siècle, a permis la création d'un système de bois porteur rempli de blocs de terre appelé *adobillo* (JORQUERA & PEREIRA, 2015). Ce système est livré avec toute sa splendeur dans les collines de la ville de Valparaiso. C'est un système préfabriqué principalement généré par l'abondance des terres propices à l'exécution des blocs de terre, mais pas au même endroit du port, mais sur les pentes de derrière, donc a été conçu une méthode qui a permis l'exécution de blocs plus petits (de 50x15x10 cm) pour faciliter le transport. Ce système consiste en l'ancrage des blocs de terre à la structure de support en bois grâce à la forme du bloc qui empêche le déplacement hors du plan de la paroi des blocs au moment dynamique. Il est essentiel nécessaire que les blocs sont ancrés aux deux côtés de la structure en bois.
- g. Ce système est répliqué dans différentes parties du pays avec quelques variantes, incorporant des appareils et du mortier entre les blocs, qui permettent la séparation de la structure verticale. Il est généralement utilisé comme la structure secondaire dans des constructions d'adobe.

22 Pandereta bien du type d'appareil sur chant, en espagnol *panderete*.

23 Adobe *parado* (adobe debout), pour dire que la position du bloc n'est pas horizontale ou couchée avec un Appareil en boutisses mais avec un appareil sur chant.

- h. Le système de construction sismique et natif pour l'excellence dans ce domaine est la *quincha*, qui, lorsqu'il est dans un territoire aux ressources végétales abondantes. Cela fonctionne avec différents bois comme structure primaire et secondaire, abondant dans les seconds éléments des matériaux de moindre résistance tels que les branches de peuplier ou de mineure section comme le coligüe²⁴. Ce système de construction ne se limite pas aux humbles constructions des peuples indigènes, mais il a été reproduit et utilisé dans les constructions d'influence hispanique, mais surtout dans les structures secondaires, telles que les partitions. Il a été utilisé dans les premières villes du territoire quand c'était les ouvriers locaux qui construisaient « nous avons fait nos maisons en bois et en paille dans la trace qui leur a donné »²⁵ (Benavides, 1988)
- i. De l'art antérieur, il a cédé la place à une forte réinterprétation par l'architecture contemporaine locale, la création de systèmes comme le torchis métallique ou *quincha metálica*²⁶, largement répandue et approuvée. Il comprend une structure primaire et secondaire de métal ; soit uniquement avec le type électro soudé plié et renforcé par des barres horizontales et diagonales, ou avec une structure principale en acier porteuse et d'une structure de maillage secondaire plié ou non. Sur toutes les variantes de cette technique, un mélange de terre et de paille est appliqué, ce mélange adhère au tissu des mailles métalliques. Avec la terre, le système se raidit et se complète.
- j. Un système particulier se trouve dans la ville de Cobquecura²⁷ (36.132576S 72.793288O), qui représente l'inflexion dans le

sens de la culture et de syncrétisme avec la culture du bois, grâce à l'incorporation massive de ce matériau. Le *tabique coquecurano*²⁸ est un mur utilisé sur les parois intérieures d'une maison d'adobe ou *adobillo*, qui consiste à être une structure en bois de grande section de support avec un perçage longitudinal à sa hauteur dans laquelle des morceaux de bois de sections irrégulières sont assemblés et sont insérés à partir de l'extrémité supérieure vers le bas de façon similaire aux blocs d'*adobillos*. Ceux-ci sont ensuite recouverts d'une masse de terre en tant que revêtement.

v. L'extrême Austral

Avant l'arrivée de l'homme blanc, les premiers habitants de la Patagonie vivaient en liaison étroite avec l'environnement, ils étaient les nomades de l'eau, voyageant d'île en île (Guzmán, 2015).

Le territoire du sud du Chili, qui se caractérise par son climat pluvieux, de l'eau abondante, par la pluie ou la fréquence des canaux, les rivières et les prises d'eau sur le continent et par la baisse des températures, qui maintient d'énormes réserves appelées « glace éternelle ». L'abondance aquifère génère des végétations abondantes qui remplissent le territoire d'arbres autochtones. Ces deux caractéristiques



24 Coligüe. Mot qui vient du langage des *mapuche* (*mapuzingun*). Il s'agit d'un type de bambou de petite dimension. Autochtones du sud du Chili.

25 Extrait de la lettre « *Cara al Emperador Carlos V* » de Pedro de Valdivia sur la fondation de la ville de La Serena, 4 septembre 1545.

26 *Quincha Metálica* (torchis métallique). Système développé par différents constructeurs à Santiago depuis les années 1980. Marcelo Cortés et Surtierra Arquitectura sont les constructeurs à qui on doit attribuer essentiellement cette technique.

27 Cobquecura, en mapuzingun, pain de pierre.





: l'eau et les arbres, ont donné lieu à une culture d'origine nomade qui circule à travers des canaux et de l'eau, demeure canoës construits de troncs évidés et principalement habitent les côtes et vivant de la pêche.

En raison de la géographie et de la végétation, l'arrivée dans ce territoire n'a pas été facile pour les colons, et les premières approches du territoire se sont faites par la mer du sud.

Le règlement final des communautés sédentaires promu par l'État chilien, n'a pas jusqu'à ce que le début du XXe siècle, de sorte que les villages de cette région sont très récents. Ils se sont installés principalement près du lac General Carrera et les villages ont été construits avec les connaissances constructives de ces communautés des régions nordiques. Ces connaissances étaient basées sur des constructions en adobe simples, mélangés avec des terminaisons toiture et fréquemment des parements verticaux de bois pour protéger les bâtiments de la pluie. Parce qu'il y a le lac, cette région a un climat tempéré, où les conditions de séchage ont permis l'utilisation de l'adobe (Cortés, 2016). Dans cette région il y a un niveau de sismicité moindre que dans le reste du pays.

Page précédant, maison de adobillo en Corinto Région de Maule.

À gauche détail de mures d'adobe avec de toiture en bois.

En bas, maison traditionnelle au centre de Cochrane dans la Patagonie.



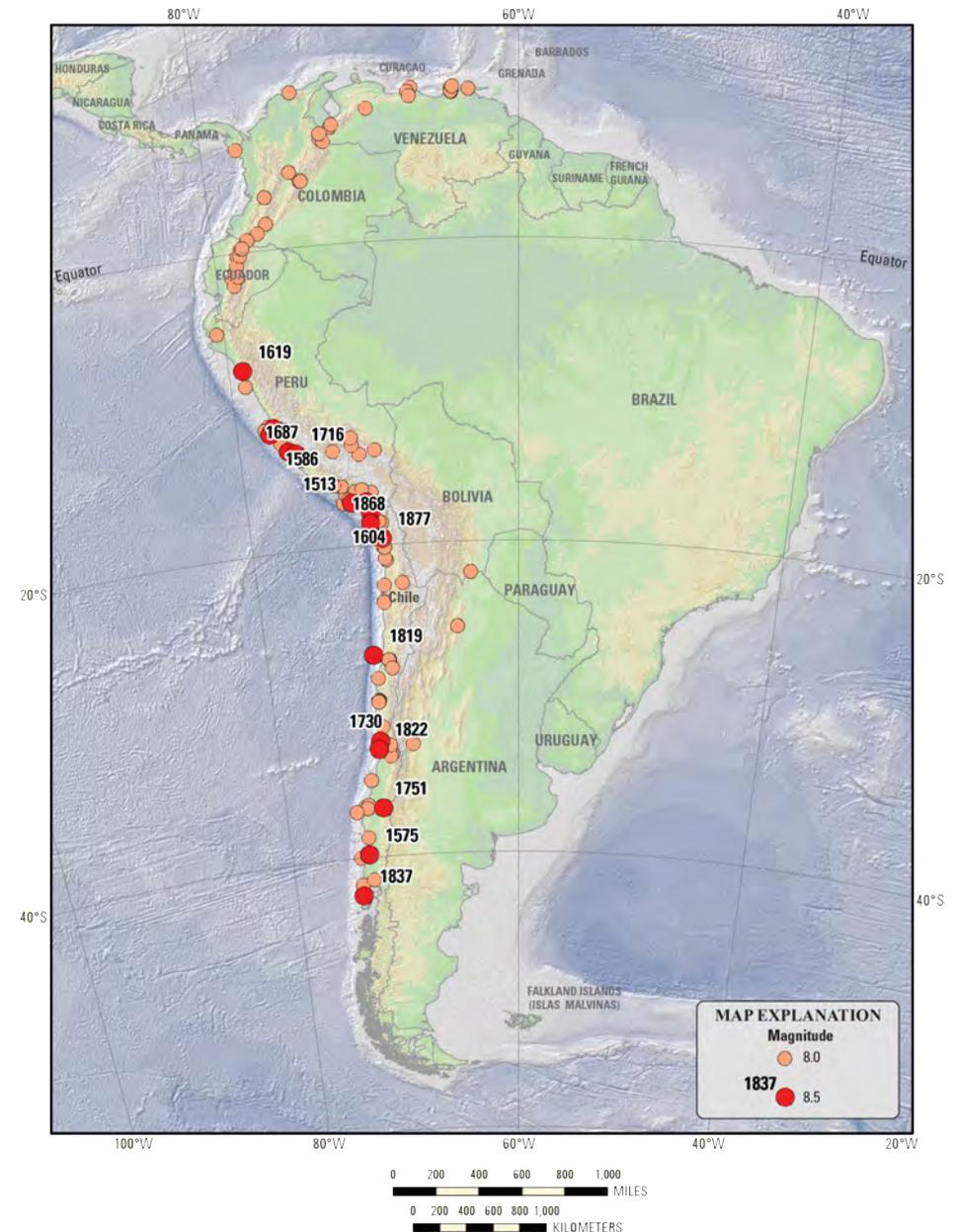
3. Le tremblement de terre en tant que facteur environnemental dans la construction traditionnelle chilienne

Au Chili, il y a eu dix tremblements de terre supérieurs à 7Mw au cours des vingt dernières années, dont quatre sont sur 8Mw et sept d'entre eux ont généré des tsunamis comme un effet du mouvement. Au Chili, l'année 1960, il y a eu le plus grand tremblement de terre dans le monde, atteignant 9,6Mw. On peut donc dire que le territoire est un lieu hautement sismique où non seulement peuvent se produire de grands tremblements de terre, mais aussi avec une grande fréquence. Toutes ces données, ainsi que des preuves de cultures constructives démontrent le renforcement des stratégies constructives sismiques par la récurrence fréquente des mouvements.

Nous pouvons dire que, au Chili, en dépit d'être l'un des pays les plus sismiques du monde, le principal risque «sismique» des constructions en terre n'est pas dans le tremblement de terre lui-même, ou dans la force libérée, mais dans la vulnérabilité de ces constructions qui s'est amplifiée au cours des 100 dernières années. Comme indiqué par le groupe d'experts qui a visité la zone centrale après le séisme 8.8Mw de 2010 : L'observation des restes après le tremblement de terre montre comme principal problème le manque d'entretien et la préservation périodique et les dommages accumulés par les précédents tremblements de terre. En ajoutant des modifications excessives dans les constructions et / ou l'existence de pratiques de construction mauvaises dans la fabrication d'origine et / ou le manque d'entretien en particulier dans les éléments en bois qui sont la plupart du temps pourris ou détériorés par l'attaque des xylophages (Contreras, Bahamondez, Hurtado, Vargas, & Jorquera, 2011). La connaissance et l'appréciation sont également la première étape pour atténuer les risques sismiques : si les maisons sont bien entretenues, récupérées et remises en état, cela diminuera sûrement les faiblesses inhérentes, assurant une meilleure réponse au tremblement de terre, puis à la conservation du patrimoine et à la sécurité des habitants (JORQUERA, 2012).

PRE-INSTRUMENTAL SEISMICITY 1500 – 1899

Deaths, tsunami, MMI VIII+, or $M \geq 8$
 $M \geq 8.5$ labeled with year



A droite, carte séismique d'Amérique du Sud avec des tremblements de terre de 1500 à 1899 avec un magnitude supérieur à 8 Mw. Source : USGS

Ceci est également vu dans la réponse constructive au phénomène du séisme dans une grande variété de techniques et de stratégies qui génère une architecture vernaculaire sismique et sécuritaire pour les habitants. Dans le pays, nous pouvons trouver une variété de techniques de construction avec la terre qui peut se séparer en deux grandes familles : les structures de bois porteuses ou d'autres matériaux comme la structure principale, et avec une structure uniquement de terre.

Les premiers sont largement reconnus comme des systèmes résistants aux tremblements de terre, leurs performances sismiques tiennent aux éléments de support et à la terre. Dans le cas du torchis, la terre apporte aussi une rigidification du système. Ici, nous trouvons la *quincha*, la *pandereta de adobe*, la *quincha* métallique, le *adobillo*, le *tabique cobquecurano*.

Dans le deuxième cas cependant, la terre est porteuse et c'est là le plus gros problème car actuellement on observe un manque d'information et un rejet du matériau. Ici, nous trouvons le pisé, l'*adobón* et l'adobe, ce dernier étant le plus massivement présent sur le territoire et le seul dans cette famille à être utilisé plus systématiquement jusqu'à aujourd'hui pour la construction de logements, que ce soit des maisons ou des grands monuments.

Le système traditionnel de Valparaíso : L'*adobillo*. En bas, en vision générale de maison avec la finition en plaque métallique. A droite, un détail du système.



3

L'ADOBE SISMIQUE :
UNE CULTURE CONSTRUCTIVE
MESTIZA EVOLUTIVE

« Dans l'adobe il existe une opportunité profondément universelle, avec des caractéristiques locales profondes, c'est une possibilité et un outil pour convertir la construction en un outil de changement efficace vers la durabilité »

Marcelo Cortés, 2016

PARTIE 3 / L'ADOBE SISMIQUE : UNE CULTURE CONSTRUCTIVE MESTIZA EVOLUTIVE

L'adobe est une technique universelle, qui, sur les différents continents, les différentes cultures qui s'y sont installées l'ont développée depuis des temps ancestraux. L'adobe est la technique la plus universelle et la plus simple puisqu'elle nécessite seulement de la terre, de l'eau et les mains des hommes. L'adobe est un bloc de terre crue moulée et séchée au soleil. Ce matériau, dans sa simplicité apparente, existe depuis deux millénaires. Il a été façonné à la main, épousant les formes organiques des doigts, de la paume, comme un témoignage du geste de l'artisan. (NORIEGA & VAUZELLE, 2014) Ceci a généré une infinité de diversités architecturales et ouvre la possibilité de créations infinies pour l'avenir. La forme actuelle de la brique d'adobe, le parallélépipède moulé, à plan rectangulaire ou carré, est le résultat d'un long processus d'évolution typologique qui a vu la brique de terre crue déclinée sous différentes formes, façonnées à la main : boules ou pains de terre, coniques, piriformes, hémisphériques, dentiformes, à plan convexe... Les plus anciennes de ces briques, façonnées à la main sous forme de pains de terre striés sur leur face supérieure, ont été découvertes par les archéologues en Palestine, sur le site de Jéricho. Elles dateraient du VIII^{ème} millénaire av. JC. Les plus anciennes briques parallélépipédiques moulées date- raient, quant à elles, du VI^{ème} millénaire av. JC. Elles ont été découvertes sur le site de Çatal Höyük, en Anatolie (NORIEGA & VAUZELLE, 2014). De la même

manière des adobes ont été trouvées dans la vallée de Casma au Pérou datant de cinq mille ans, peu avant l'apparition presque simultanément des moules en bois dans les villes de Erudi à Sumer et dans la vallée de Chicama péruvienne (GUERRERO, 2007).

Dans des contextes sismiques, les constructions en adobes ont pris une importance particulière parce que l'humanité a été en mesure de développer des systèmes sûrs en terme de sécurité à partir d'un matériau basique et précaire. Cette partie du mémoire consistera en l'étude et l'approfondissement des technologies sismiques de construction en adobe (dans l'un des pays les plus sismiques du monde), leur évolution constructive et leur contribution au développement des bâtiments durables.

À gauche, brique découverte sur le site de Jéricho en Cisjordanie, date de 8000 à 7000 ans avant Jésus-Christ. Source : CRAterre
À droite, Chullpa d'adobe, Sitani, Río Isluga.
Date de Xe siècle avant Jésus-Christ. Source :
Biblioteca Nacional de Chile



4. Le contexte chilien de la construction en adobe

Au Chili, en particulier dans le Grand Nord, il y a des signes d'anciennes constructions en adobe, une tradition d'habitats Atacameño, aymara et quechua construits avec cette technique sur le territoire même. A l'arrivée des colons européens, cette technique s'élargit considérablement et se densifie sur le territoire, initiant un apprentissage constructif qui dure depuis 500 ans.

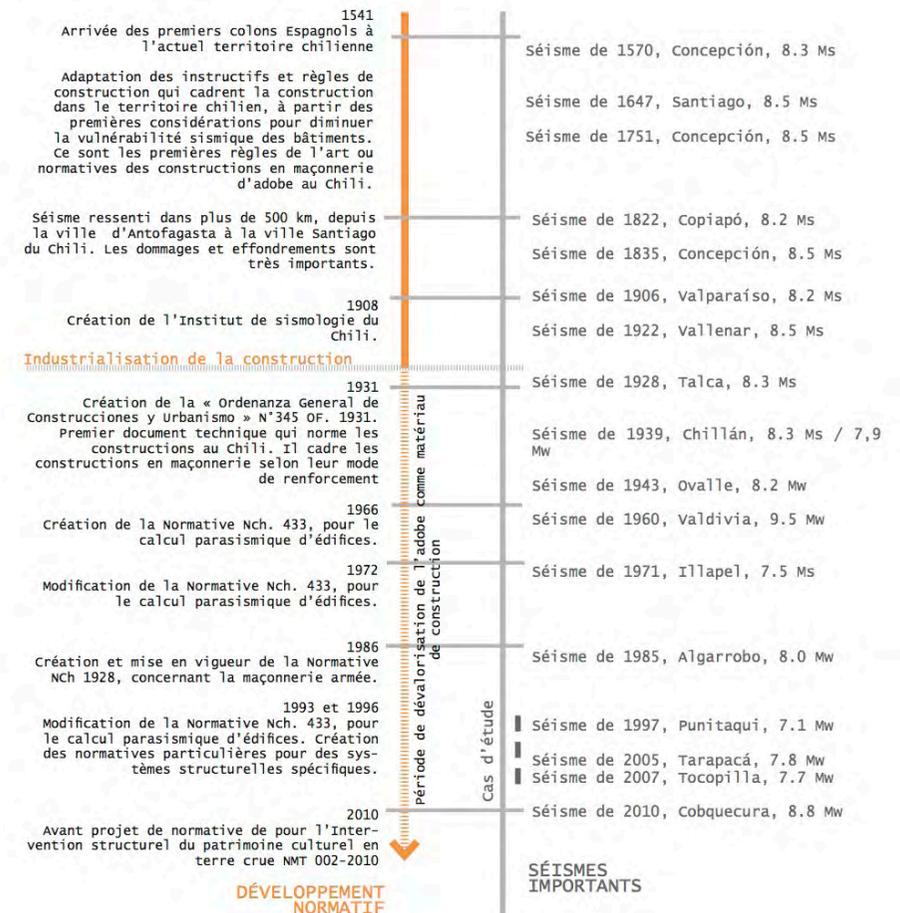
Les bâtisseurs arrivés, provenant principalement de la péninsule ibérique, une zone de faible activité sismique comparée aux côtes occidentales du continent américain, ont commencé avec la construction de noyaux urbains dans la première moitié du XVI^e siècle, et Santiago est la première ville d'installation, fondée officiellement en février 1541. Après la destruction complète de Santiago en septembre de la même année par le cacique²⁹ mapuche Michimalonco, Santiago est devenue une ville fortifiée en adobes. A partir de ce moment, ce type de construction a conduit au visage bâti national actuel, qui se manifeste aujourd'hui dans une quantité énorme de bâtiments patrimoniaux, monumentaux ou humbles, urbains et ruraux, reconnus ou non. Cette culture, à la base espagnole, a évolué en Amérique, surtout en raison de reconstructions permanentes, ceci suite aux attaques, aux inondations et surtout suites aux tremblements de terre. Ce sont ces derniers qui ont fait que les technologies de construction ont évolué et ont acquis leurs caractéristiques locales et de leurs caractères métissés.

Malgré le nombre de bâtiments construits en adobe sur le territoire chilien, le dénigrement de l'adobe a commencé avec l'apparition sur la scène nationale des matériaux de construction industrialisés. Avec eux les normes promues par un grand secteur économique et par la suite les puissantes cimenteries du pays.

i. Les normes : la construction traditionnelle et la construction nouvelle

Avec les matériaux industriels, ont commencé à émerger les normes de construction du Chili, qui ont été forgées par la force des tremblements de terre. Chaque norme relative à la construction est dépendante des tremblements de terre, les normes sont générées en réaction à la catastrophe: après le séisme de Talca en 1928 l'«Ordonnance générale de la construction et de l'urbanisme,» après le

(En bas) Graphique : Parallèle entre l'emploi historique de l'adobe en la construction et l'évolution des normes et règles de l'art parasismiques au Chili.



29 Chef des groupes pendant la guerre dans le peuple mapuche

grand tremblement de terre de Valdivia est créée en 1960 la norme sismique pour les bâtiments Nch433, après le tremblement de terre de San Antonio en 1985 est créée la norme pour la maçonnerie renforcée NCh1928 et finalement, après le grand tremblement de terre de 2010, est créée la norme Nch3332 et NTM002 qui concerne les interventions structurelles des bâtiments patrimoniaux en terre crue.

La norme chilienne NCh3332 et la norme MINVU 002, toutes deux produites par le même comité d'experts composés d'ingénieurs et d'architectes, se concentrent sur les interventions structurelles sur les constructions en terre. Les règles sont élaborées pour servir de guides pour les réparations et établir des cadres minimaux pour des interventions appropriées sur les bâtis en terre, très différentes des autres structures présentes dans le patrimoine construit du pays.

Elles sont prévues pour ce qui concerne les modifications, restauration, réhabilitation, rénovation, réparation ou de consolidation structurelle des constructions en terre (MINVU, 2013), considérées comme valeurs patrimoniales. Elles cherchent à normaliser les méthodes d'évaluation des dommages et des détériorations de la structure des constructions en terre, d'orienter les interventions sur les constructions en terre antérieures aux règles et ordonnances et d'améliorer la sécurité structurelle des constructions en terre. (MINVU, 2013)

Ces normes considèrent la valeur patrimoniale selon des critères très ouverts, permettant ainsi d'intégrer un nombre immense de constructions humbles, non classées ou reconnues.

La question des assurances est un problème juridique non résolu. Les assurances ne sont pas opérantes pour les maisons en adobe, ces restrictions injustifiées sont surprenantes dans un pays comme le Chili, où une forte proportion des maisons dans

les zones rurales et urbaines sont construites en adobe, ce matériau fait partie intégrante de la culture. (WAFER, 2010).

Ces normes constituent évidemment une grande avancée concernant les interventions sur le bâti terre existant, puisque par l'intermédiaire de cet outil juridique, est reconnue la valeur du système constructif et sa contribution à la culture locale. Mais en même temps, cela laisse une porte entrouverte par l'absence de normes réglementaires pour les constructions neuves. La terre ne serait-elle pas un matériau d'avenir ? Ou bien est-ce que les constructions en terre n'ont pas besoin de normes pour la mise en œuvre ? Si les cultures sismiques locales incluent des systèmes constructifs résistants aux séismes qui n'ont pas été formellement établis au moyen de codes, mais qui sont encore visibles sur les caractéristiques des bâtiments, le choix du site et la conception générale du territoire (FERRIGNI, 1997), alors le patrimoine chilien sismique et métisse est la norme à laquelle se référer pour la construction contemporaine en adobe.

ii. L'éducation et la formation pour la construction en adobe

Jusqu'au séisme de 2010, les bâtiments en adobe étaient très dévalorisés et se dégradait de jour en jour. S'il est toutefois possible de trouver des effets positifs à ce grand tremblement de terre, ce serait de considérer qu'il a permis une prise de conscience importante de la perte du patrimoine culturel bâti en terre crue au Chili (27% des maisons endommagées par le tremblement de terre sont construites en terre et 30% du patrimoine culturel chilien est construit principalement en adobe (HAU ESPINOSA, 2012). Puis, après le tremblement de terre qui

DIPLOMADO CONSTRUCCIÓN EN TIERRA
TRADICIÓN E INNOVACIÓN

Proyecto de intervención estructural de construcciones de tierra

Ministerio de Vivienda y Urbanismo

NTM 002

diplomados 2015

ARG-UC

VESPERTINO OTONO
curso de construcción en adobe
de 09 de mayo a 28 de junio

09-10 mayo / Materia Tierra
15 mayo / Culturas Constructivas
16-17 mayo; 05-12 y 26-28 junio / Adobe
13-14 junio / Revoque básico
19-21 junio / Gestión de Obra

Jueves y viernes / de 18h a 21h
Sábado / de 10 a 17h
Centro Patrimonial Recoleta Dominica
Av. Recoleta 683, Recoleta (Metro Cerro Blanco)
Inscripciones: www.ecot.cl / contacto@ecot.cl
Cupos limitados

Evaluación de Daños y Soluciones
Tierra

dibam



13° SIACOT Valparaíso-Chile
Material Universal, Realidades Locales
 13° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción en Tierra (SIACOT)
 28 al 30 de Agosto de 2013
 Centro de Extensión DUOC UC, Valparaíso

Convocatoria a científicos, estudiantes, profesionales y técnicos que trabajen en torno al tema de la arquitectura, construcción y construcción con tierra a participar del 13° SIACOT Chile 2013, presentando ensayos, se deberá desarrollar en acuerdo a los siguientes temas temáticos:

- El "Estado actual de las experiencias y oportunidades de desarrollo"
- "Tecnología e innovación en la construcción con tierra"
- "Arquitectura contemporánea en tierra"
- "Patrimonio y conservación"
- El "Españolismo, difusión y restauración asociada al uso de la tierra"

Fecha límite recepción de resúmenes hasta 25 de Noviembre de 2012
siacot.valparaiso2013@gmail.com

www.siacotchile2013.cl
contacto@siacotchile2013.cl

Organiza: Duoc UC, ICOMOS Chile, UdeSantiago de Chile, Fundación Jofre, etc.

ENCUENTRO NACIONAL DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

PROTIERRA CHILE
 FED. IBEROAMERICANA DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN EN TIERRA - CHILE

ENACOT 2014
 Viernes 03 /OCTUBRE
 AUDITORIUM FAU

El primer Encuentro Nacional de Arquitectura y Construcción con Tierra ENACOT 2014, tiene como objetivo propiciar el intercambio y la difusión de las actividades profesionales, académicas y prácticas realizadas en el ámbito de la arquitectura y construcción con tierra en Chile.

ENVÍO DE TRABAJOS:
 Fecha límite lunes 04 de agosto 2014 a enacot2014@gmail.com

MAYOR INFORMACIÓN EN:
<http://www.fau.cl>

INCORPORIONES
 Evento gratuito. Cupos son limitados previa inscripción hasta el 20 de septiembre del 2014 en <http://bit.ly/ArquitecturaTierra>.

Organiza: Duoc UC, ICAT, etc.



SEGUNDO ENCUENTRO NACIONAL DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

ENACOT 2016
 CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE ANCESTRAL

La construcción en tierra ha acompañado al hombre desde siempre en la creación de su hábitat. En Chile, el uso de la tierra en la construcción se remonta a épocas precolombinas, desajando de uso en las primeras décadas del siglo XX. En la actualidad, son cada vez más los arquitectos chilenos que experimentan con la construcción en tierra, en la búsqueda de una arquitectura contemporánea sustentable.

ENVÍO DE RESÚMENES DE PONENCIAS
 Fecha límite 22 de marzo

REQUISITOS:
 Se deberá realizar la inscripción al evento antes del 04 de abril en el siguiente link: <http://www.arquitecturacontierra.cl/>

LUGAR:
 Auditorio Enrique Freyre de la Universidad de Santiago de Chile. Av. Libertador Bernardo O'Higgins 2963, Santiago (Primer Estación Central).

CONTACTO:
enacot@asuchile.cl
www.enacot.cl

MAYO 26 09:00 - 18:30 HRS
 ESCUELA DE ARQUITECTURA - UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

Organiza: UdeSantiago de Chile, etc.

CURSO ELEMENTAL DE

EDIFICACION

Prof. EBELDES GUZMAN

ENSEÑA A CONSTRUIR VIVIENDAS Y EDIFICIOS A NIVEL ARTESANAL

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
 UNIVERSIDAD DE CHILE

a frappé la région de Coquimbo en 2015, les actions entreprises essentiellement par l'organisation de la société civile, les habitants des zones touchées, ont encore renforcé la valorisation de l'adobe en tant que partie intégrante de la culture nationale, ce qui a également stimulé une reconnaissance formelle au niveau académique.

En supposant que les façons de faire vernaculaires puissent nous enseigner des leçons en termes de comment mieux nous relier à notre milieu naturel et répondre aux changements environnementaux (VELLINGA, 2015), puisque la terre et en particulier l'adobe est la réponse vernaculaire par rapport à l'environnement sismique du pays, il est essentiel de reconsidérer son développement et sa technologie pour améliorer la relation contemporaine avec l'environnement.

Après le séisme de 2010, les organisations et les initiatives, de défense et surtout d'éducation sur la construction en terre en général connaissent une impulsion beaucoup plus forte :

2010. Création de l'Atelier « Ecole Fermin Vivaceta » et de la "Fondation Notre Patrimoine" en tant que fidèles militants du Patrimoine. Ils agissent au niveau politique et technique. Mises en place principalement dans Santiago ouest, mais ils ont élargi leur champ d'action grâce à la création d'un réseau des quartiers et des zones patrimoniales, ils ont déjà organisé cinq congrès sur le sujet.

2011. Création du Réseau Arcot, qui regroupe 8 universités au niveau national, réseau dirigé par la fondation Jofre et son fondateur l'architecte Marcelo Cortes qui dirige la Chaire UNESCO au Chili. Le réseau vise à promouvoir l'enseignement et la recherche, dans les universités depuis Iquique jusqu' à Concepción, un territoire qui comprend la majorité des constructions en terre du pays.

2012. Lancement du Manuel de terrain «Evaluation des dommages et solutions pour la Construction en Terre Crue» réalisé par un grand comité d'experts et la Fédération du Bâtiment du Chili (Cámara Chilena de la

Norme d'intervention patrimonial dans des constructions en terre du ministère de logement, premier diplômée en terre dans L'universidad Catolica, 13è SIACOT, 1èr rencontre nationale de construction en terre, formation sur la construction en adobe, manuel pour intervenir des constructions en terre, la 2ème rencontre de construction en terre, course élémentaire de construction des années 1980.

Construcción). Ceci marque une étape importante dans la reconnaissance de la responsabilité incontournable vis à vis du patrimoine en terre.

2012. Lancement de la vidéo éducative «El ADOBE»

2012. Création de l'Ecole de Construction en Terre Ecot

2013 Réalisation du 13^e Séminaire Ibéro-américain d'architecture et de construction en Terre SIACOT 2013 à Valparaiso, promu par le réseau ibéro-américain PROTERRA et organisé par le département de restauration du bâtiment Duoc UC. Après cet événement, le Réseau Protierra Chili national est créé.

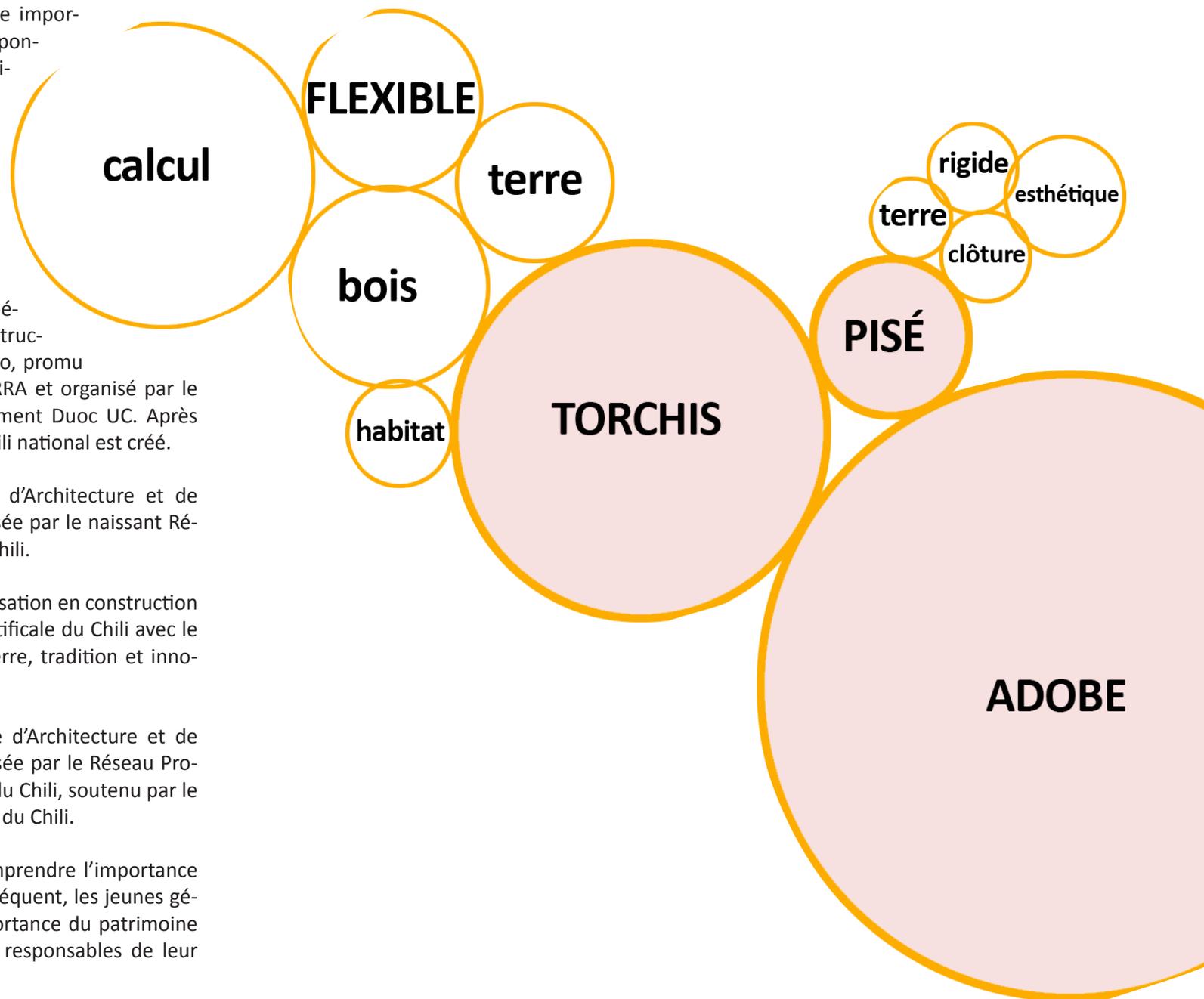
2014. Première Rencontre Nationale d'Architecture et de Construction en Terre ENACOT organisée par le naissant Réseau Protierra Chili et l'Université du Chili.

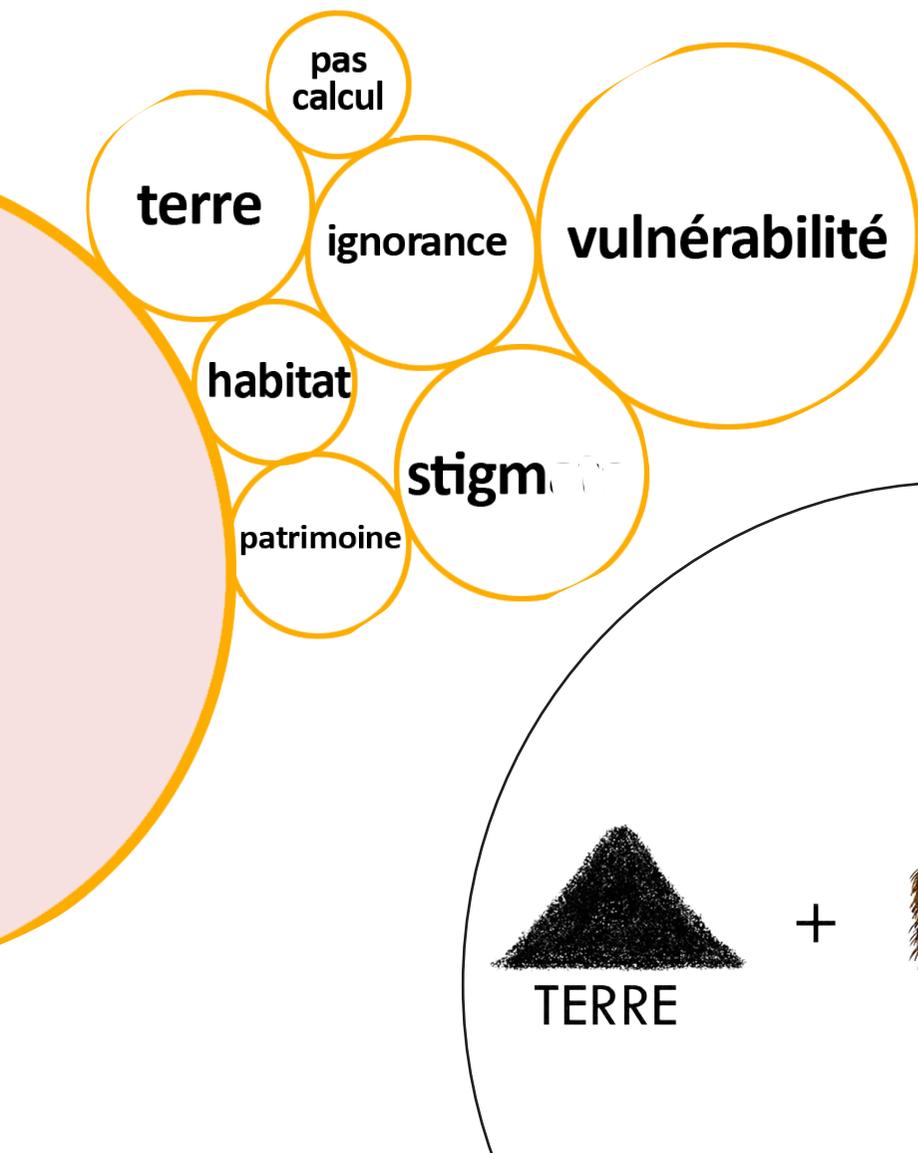
2015. Premier cours officiel de Spécialisation en construction en Terre à l'Université Catholique Pontificale du Chili avec le cours «Diplôme de construction en terre, tradition et innovation.»

2016. Deuxième Rencontre Nationale d'Architecture et de Construction en Terre ENACOT organisée par le Réseau Protierra Chili et l'Université de Santiago du Chili, soutenu par le réseau Arcot et l'Ordre des architectes du Chili.

L'éducation est le point de départ pour comprendre l'importance de la préparation aux catastrophes. Par conséquent, les jeunes générations doivent être conscientes de l'importance du patrimoine culturel, matériel et immatériel, et ils sont responsables de leur conservation (ICOMOS, 2010)

Bien qu'il existe une dette en particulier dans l'éducation formelle





professionnelle universitaire quant à la transmission d'informations sur la construction sur la terre et son importance dans la constitution du pays et de sa culture, il faut reconnaître l'augmentation des établissements d'enseignement formel et surtout informel qui diffusent les connaissances sur la construction sur la terre.

iii. La représentation sociale de la construction en adobe

L'Adobe est la technique qui a connu le niveau le plus élevé de diffusion en raison de la similitude qu'il présente avec d'autres systèmes de maçonnerie, comme la possibilité de pré fabriquer, stocker et transporter les éléments pour une utilisation ultérieure (GUERRERO, 2007), c'est la technique la plus représentée et avec le plus d'interprétations dans le monde, principalement en raison de sa simplicité et des ressources limitées qu'elle nécessite pour être appliquée. Le principal dans la construction en adobe est le transfert des connaissances, du savoir, d'un patrimoine immatériel qui permettent la diffusion de la construction. Voilà pourquoi le plus précieux de cette technique constructive et ce qui recèle la plus grande valeur est inestimable, tout le reste est pratiquement gratuit : la terre, l'eau et les mains des hommes.

C'est ainsi la construction sociale par excellence, celle qui se construit par le travail communautaire, la terre, l'eau et le soleil. La technique elle-même parle de la relation entre l'homme et son environnement, qui à partir de la connaissance des cycles naturels est capable d'établir le temps utile et les dimensions exactes des blocs à sécher dans les temps qui sont disponibles.

C'est la technique de construction en terre la plus simple sur le plan technologique, puisqu'elle requiert seulement l'ingéniosité de l'homme et quatre planches de bois ; d'autant plus que la maçonnerie est synonyme de grande rapidité d'exécution comparable à celle des matériaux industriels. L'adobe est extrêmement économique, même

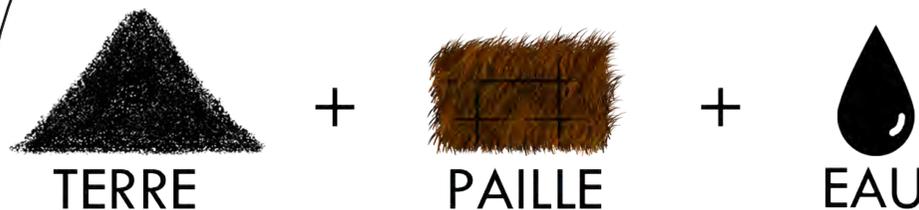


Schéma des constructions en terre au Chili et leurs caractéristiques.

Matérielles pour construire des adobes. Source : vidéo éducative EL ADOBE.

dans les pays en développement, où les blocs et la construction sont effectués presque sans outils (ANGER & FONTAINE, 2009). Ceci est ce qui rend cette technique extrêmement sociale et démocratique, où ni les moyens économiques, ni les contraintes du marché ne s'appliquent. La diffusion seule des connaissances ouvre la porte de l'habitat durable du futur à tous ceux qui peuvent et entendent façonner leur habitat avec leurs mains.



Premier église de village de Nama, construction en adobe avec de murs de 120 cm d'empeseur



5. La diversité constructive de la technique : des dispositifs et stratégies sismiques

La diversité des solutions constructives de la technique de l'adobe au Chili, est directement liée à l'environnement et aux ressources disponibles. Ainsi, se distinguent des critères basés sur la résistance, la stabilité et les comportements sismiques, qui représentent une évolution dans le développement constructif, avec les matériaux et les outils disponibles. Se distingue ainsi les stratégies utilisant des éléments en bois en tant que dispositifs qui augmentent le comportement sismo-résistant des bâtiments et augmentent également le comportement structural de la pierre, de l'adobe et des maçonneries de briques (DIPASQUALE & MECCA, 2015)

i. Les stratégies sismiques traditionnelles

On observe dans l'architecture traditionnelle, que pour le comportement correct des structures de maçonnerie simples, il y a une série de règles que les bâtiments ayant déjà subi plusieurs tremblements de terre ont suivies. Cela représente l'état de l'art et il est essentiel de donner de l'importance à l'analyse structurale complète des édifications. Par exemple, l'observation de la géométrie des bâtiments révèle que l'exigence principale est la suivante : les bâtiments doivent être simples pour une plus grande stabilité sismique. Le bâtiment doit présenter une symétrie en termes de masse et de rigidité, à la fois en plan et en élévation, pour réduire les efforts de torsion ; un faible élancement, afin de réduire la tendance au basculement ; et un plan compact avec un faible rapport entre la hauteur et la longueur, pour avoir des résistances similaires dans chaque direction. Des façades homogènes avec des étages de même hauteur et un centre de gravité bas permettent également de réduire la vulnérabilité du bâtiment. Le nombre d'ouvertures devrait être réduit, soigneusement et symétriquement distribué (CORREIA, ORTEGA, & VASCONCELOS, 2015). Chaque stratégie existe avec sa propre intelligence

et développement technologique d'un moment donné, qui progresse et évolue vers la meilleure résolution du problème généré, pour une stabilité face les tremblements de terre. Les stratégies sont complémentaires et les croiser représente un comportement d'un niveau bien supérieur face au mouvement.

a. Les murs en tant que centre du système structurel : la masse

En général, dans la construction en adobe présente dans le pays, le rapport d'élançement minimum est de 1 : 8 et généralement observé de 1 : 7 dans la plupart des bâtiments. Pour maintenir cette relation et augmenter la hauteur des bâtiments, des murs épais sont construits, 50cm d'épaisseur est le minimum dans l'architecture traditionnelle, afin d'atteindre 3,5 mètres de haut. Cependant, le plus fréquent est de rencontrer des murs d'au moins 60cm d'épaisseur ce qui permet d'atteindre au moins 4m de hauteur avec un module type d'adobe de 60x30x10cm.

Puis, à des altitudes plus élevées ou dans des endroits moins de ressources pour les renforts, les murs augmentent à 90, 120 et 150 cm d'épaisseur, des mesures résultant de la modulation et des appareillages des murs à partir du format cité précédemment. Les adobes, dans la construction traditionnelle sont toujours disposées en boutisse, la longueur du bloc devient la largeur de la paroi (MUÑOZ & RIVERA, 2012). Les stratégies de réponse sismique ont d'abord été fondées sur des relations géométriques, par la création de volumes symétriques, longs et épais avec peu d'ouvertures et des parois perpendiculaires pour réduire la longueur des murs (JORQUERA, 2013).

Il est également important de souligner l'importance de la continuité entre les murs, ce qui représente la structuration du système. Pour cette raison, dans l'architecture traditionnelle, ont été systématiquement limitées les ouvertures de portes et

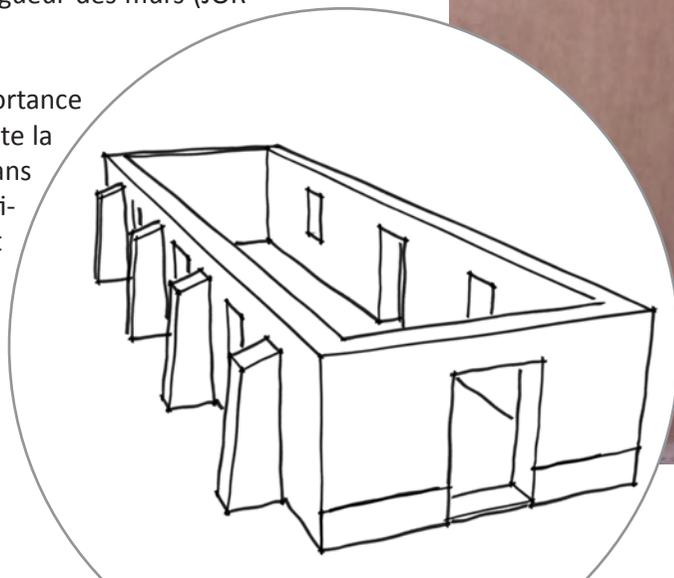
À gauche, schéma des contreforts. Source : Vidéo éducative EL ADOBE

À droit, contrefort de l'église de San Pedro de Atacama au nord du Chili après la restauration de 2015

de fenêtres, surtout aux points critiques de rencontres entre les murs, la structure doit assurer un comportement similaire à une boîte, qui permet grâce à de bons connecteurs dans les angles des murs perpendiculaires, une articulation horizontale efficace (DIPASQUALE & MECCA, 2015), assurant ainsi que la masse est la principale caractéristique du système.

b. Éléments de renforts externes de la stabilité

Les contreforts ont été les premiers éléments de renforts observés dans la construction traditionnelle pour contrecarrer les efforts des tremblements de terre, ils soutiennent les murs dans les moments dynamiques, l'empêchant de basculer vers l'extérieur, ils sont des dispositifs de stabilité. En général, ils ont été utilisés dans les cas de très longs murs qui ne disposent pas des éléments de soutien de contreventement intérieur, donc il se génère un point fragile. Cela s'observe surtout dans la construction d'églises, dans les nefs centrales. Les contreforts expriment la continuité du mur vers l'extérieur le prolon-



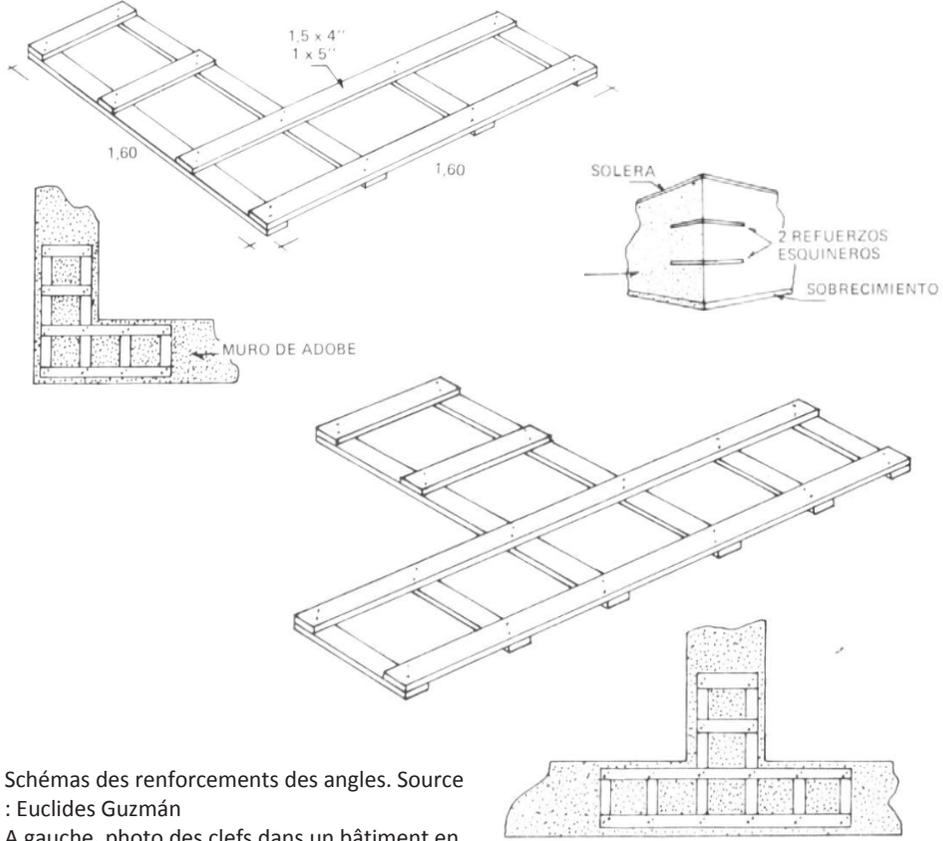


geant dans la direction perpendiculaire à celui-ci, il doit être lié à l'assemblage des rangs d'adobe de la même manière que s'entrecroisent les murs perpendiculaires.

Les contreforts possèdent une inclinaison. La partie basse est plus large que la partie haute pour qu'une poussée s'exerce vers le mur. Ceci abaisse le centre de gravité de la paroi, ce qui réduit sa fragilité.

c. Renforts comme partie du système structurel

Les systèmes de renforts sont construits avec des matériaux complémentaires à la terre, de sorte que dans l'architecture traditionnelle a surtout été observée l'utilisation du bois pour ses grandes propriétés élastiques, sa souplesse, sa légèreté et sa déformabilité sans atteindre le point de rupture, qui lui offrent une

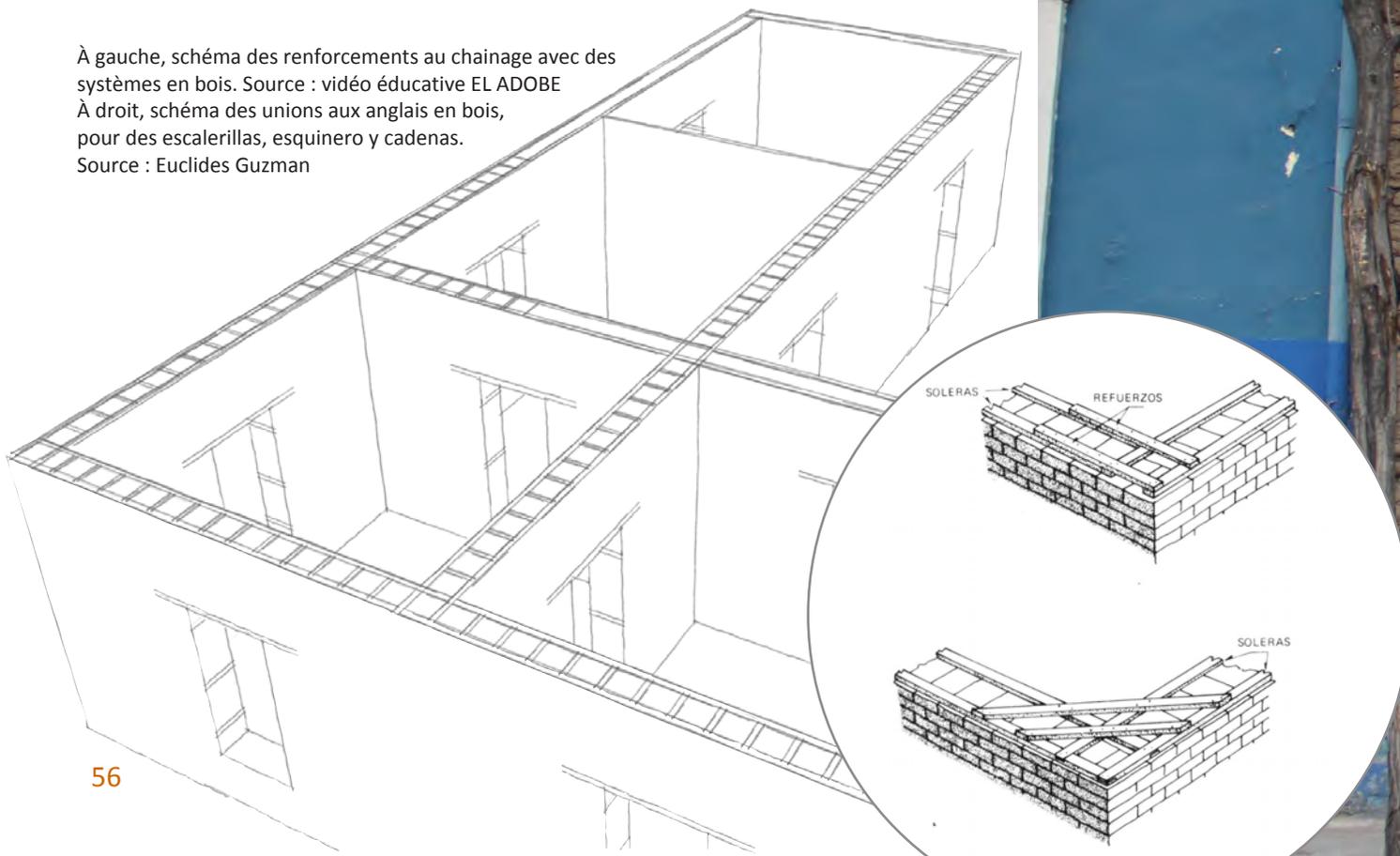


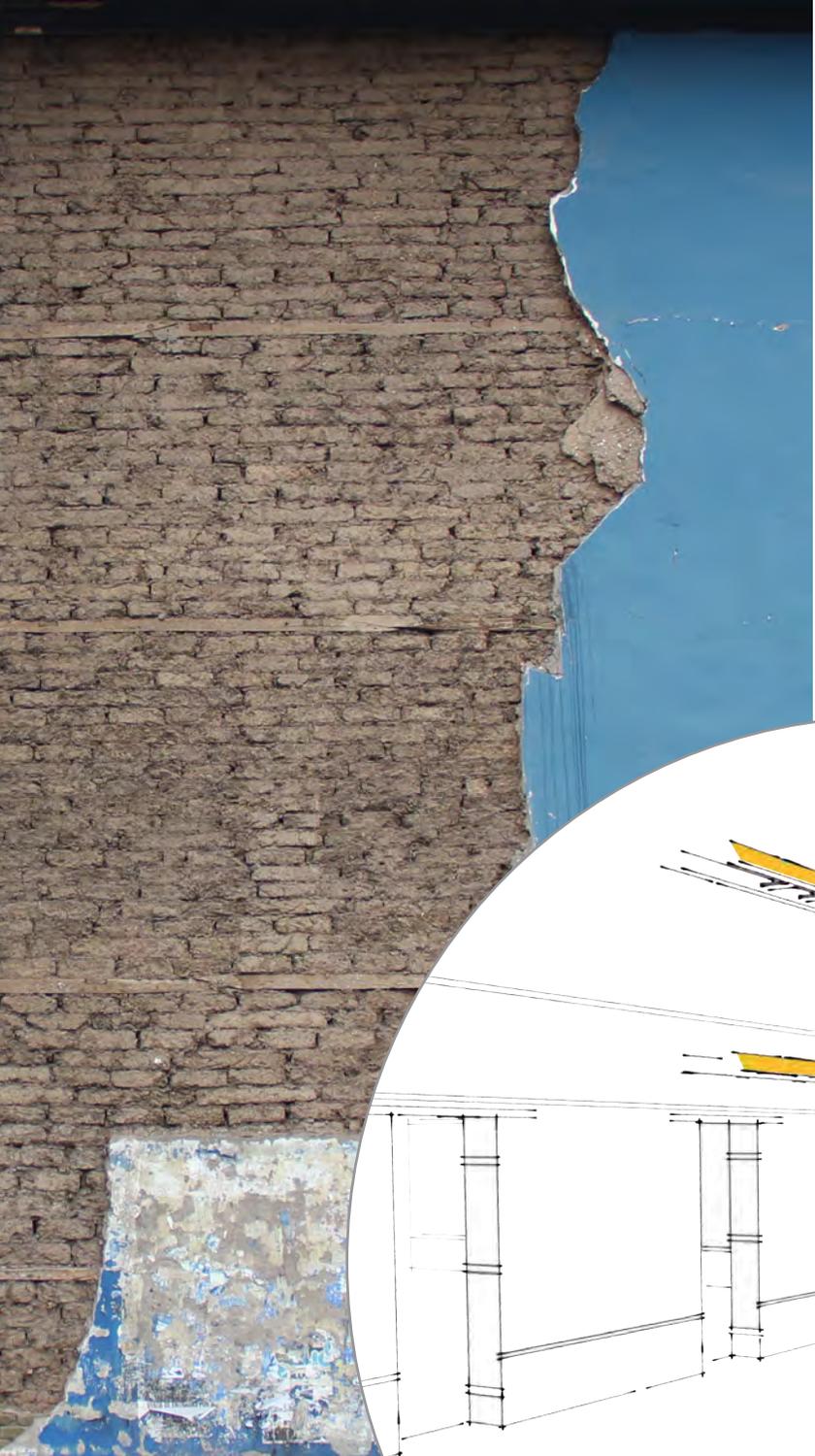
Schémas des renforcements des angles. Source : Euclides Guzmán
A gauche, photo des clés dans un bâtiment en adobe au « Norte Chico »

bonne capacité de résistance aux charges horizontales et permet la dissipation d'une grande quantité d'énergie (DIPASQUALE & MECCA, 2015), de sorte que différentes stratégies sismiques reposent sur le choix de :

1. Système de toiture. Les systèmes de toit sont toujours présents, mais pas toujours pensé dans le cadre de la stratégie structurelle de la construction en adobe. Ils peuvent apporter à la rigidification horizontale, au contreventement en façon de diaphragme et à l'homogénéisation des descentes de charges.
2. Clefs. Les clefs sont des éléments ponctuels qui renforcent l'union entre les éléments en bois de la construction avec les murs extérieurs en adobe, au niveau des planchers et des charpentes de toit. Parmi les renforts ce sont les plus précaires et réalisés avec des pièces de bois plus petits, ce qui signifie moins d'accès aux ressources pour les renforts. Elles peuvent être perpendiculaires au mur, où un bois traverse le mur, la

À gauche, schéma des renforcements au chaînage avec des systèmes en bois. Source : vidéo éducative EL ADOBE
À droite, schéma des unions aux anglais en bois, pour des escalerillas, esquinero y cadenas. Source : Euclides Guzman



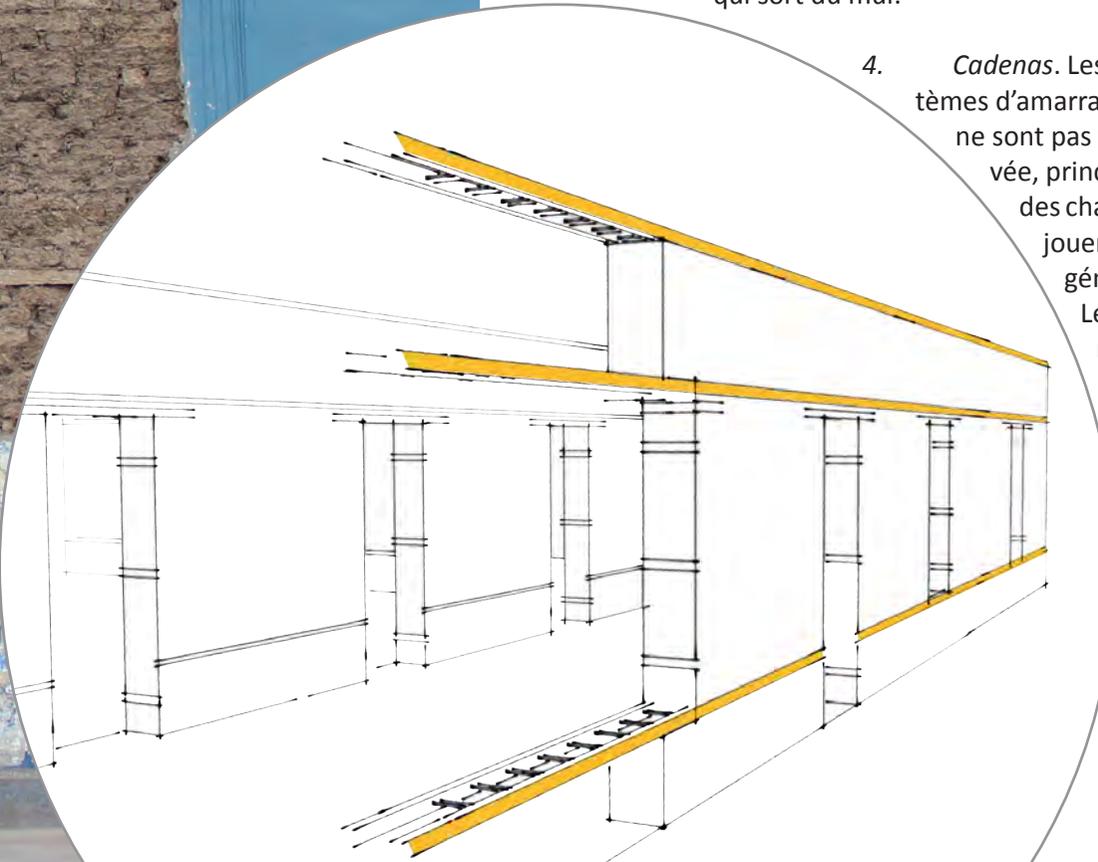


partie intérieure est unie à la structure du plancher ou de la charpente de toit, couplée par un bois de section inférieure qui la traverse pour empêcher son déplacement.

Ces clefs ont été observées aussi en diagonale, dans lequel un bois séparé de la structure en bois est conçu comme un support et est couplée de la même manière par une section de bois inférieure sur les deux points extérieurs.

Ce système est très vulnérable, puisque les bois sont exposés de manière constante à l'eau et aux xylophages ce qui entraîne un pourrissement du bois, ceci ajouté à l'absence d'entretien entraîne la disparition de la clef, aboutissant à la disparition du système de renforcement.

3. Les « *Escuadras* » (Renforcements d'angles) sont des renforts spécifiques pour les unions de murs en T ou en L. Ce sont des éléments en bois de différentes sections qui sont insérés entre les rangées d'adobe aux points les plus critiques de construction, grâce leur matérialité ils apportent de la flexibilité au système d'adobe qui, lui, fonctionne principalement par son poids. Ces dispositifs sont fréquemment observés surtout avec du bois de petite section, ils sont disposés dans la partie externe et internes du mur et reliés par des éléments perpendiculaires en bois formant ainsi une échelle horizontale. Les « *escuadras* » sont parfois renforcées grâce à un élément diagonal qui sort du mur.



4. *Cadenas*. Les chaînages sont des éléments de liaison horizontale, systèmes d'amarrage du toit avec les murs en maçonnerie de terre crue. Ils ne sont pas toujours présents, alors que leur importance a été prouvée, principalement en raison de leur contribution à la répartition des charges et effet de contreventement horizontal que pourrait jouer le toit, en plus de contribuer à l'unification du système général à l'endroit du risque majeur en termes verticaux. Les chaînages peuvent être mis en œuvre de différentes manières, la plus fréquente consiste en des petites sections de bois placées en parallèle et reliés par des éléments perpendiculaires, constituant ainsi des "échelles horizontales" situées sur le couronnement du mur.

À gauche, La libération des enduits a montré des renforcements en bois à l'intérieur du mur en adobe. Eglise La Viñita à Santiago. À droit, schéma des renforcements en bois à l'intérieur du mur et du chaînage dans le mur d'adobe. Source : vidéo éducative EL ADOBE

5. *Escalerillas*. Ces dispositifs de renforcement du bois, composés de différentes sections, comprennent généralement deux bois parallèles de petite section unis par un troisième sur le mode d'une échelle, d'où son nom. Ces dispositifs se rencontrent également avec des sections plus importantes qui atteignent la hauteur d'un adobe. Ils sont introduits aux points qui permettent de générer une continuité dans la construction. Introduit aux niveaux du plancher, du linteau et de l'appui des fenêtres. Si la pièce de bois est de section suffisante, il vient parfois remplacer les linteaux des portes et des fenêtres.

Dans les maçonneries avec des insertions horizontales en bois en forme d'échelle. Le caractère massif et rigide de ce type de structures assume une importance première (masse et rigidité). Néanmoins, les insertions confèrent une certaine flexibilité aux murs, grâce à l'élasticité du bois et à sa résistance aux forces de traction (flexibilité). Dans ces structures, la dissipation d'une partie de l'énergie sismique a lieu par le biais du frottement entre les insertions et les unités maçonnées ainsi qu'entre ces dernières (si non hourdées ou avec un mortier à faible résistance mécanique) ce qui apporte une capacité de déformation accrue à des murs dont le comportement serait autrement fragile (ductilité). De plus, lorsque des défaillances locales se produisent au sein de la maçonnerie, les insertions évitent la recrudescence des mécanismes de rupture en assurant le rôle de linteaux. (HOFMANN, 2015).

La dissipation peut s'effectuer par des mouvements à l'interface entre plusieurs éléments constructifs ; elle a donc lieu par « frottement externe ». Ce frottement est parfois favorisé par l'absence de liaisons mécaniques entre les parties en bois et celles en maçonnerie, permettant ainsi des déplacements dans les plans d'interface (HOFMANN, 2015).

Renforcement métalliques extérieurs dans les angles avec les détails en bas. Maison en adobe à Santiago.



Ce système représente la technologie majeure dans les bâtiments en adobe et qui après les grands séismes a prouvé son efficacité au moment dynamique. Et c'est également une technologie employée dans différentes parties du monde qui sont exposées aux tremblements de terre : En Anatolie centrale cette pratique semble être incorporée depuis 900 ans. Elle est également observée au Pakistan, en Inde, Turquie, Grèce, Macédoine, Arménie, Maroc, Algérie, Syrie, Népal (HOFMANN, 2015).

ii. Les stratégies sismiques contemporaines

À l'heure actuelle, sous le paradigme de la durabilité, un nouveau regard sur le patrimoine vernaculaire prend de l'ampleur, considéré comme un exemple de sage adaptation de l'architecture à l'environnement (JORQUERA, 2013), C'est la raison pour laquelle de nombreuses stratégies contemporaines de renforcement sont basées sur l'apprentissage de l'architecture traditionnelle, et tentent une réinterprétation incorporant des matériaux contemporains avec une meilleure performance, un coût moindre et une plus grande facilité de construction. Est incluse l'incorporation d'éléments métalliques comme une pratique récurrente depuis le début du XXe siècle, à la fois lors de la construction comme éléments de renforcement externes et à la fois dans les réparations ultérieures.



System de renforcement avec des maillages métalliques intégré dans le mur chaque trois adobes. Maria Elena, nord du Chili. Source : SurTierra

- a. Ainsi, dans les premières années de l'industrialisation, des armatures métalliques internes ont été incorporées, principalement suivant le principe des « *escalerilla* », qui ont été insérées à la jonction des murs perpendiculaires renforçant leur union. Il y a eu des constats d'échecs avec ce système, principalement en raison d'une insertion de longueur insuffisante ou du manque de répétition de ces éléments tout le long du mur.
- b. Ils ont également été utilisés, en tant que réparations postérieures à l'exécution de la construction, autant dans les angles que dans l'unification de murs perpendiculaires grâce à des platines en métal positionnées de part et d'autre des murs, qui sont attachés avec des tiges métalliques, souvent vissées ou soudées aux platines. L'objectif est l'unification mécanique des murs affectés par un tremblement de terre ou comme renforts préventifs. Ils ont toujours été visibles et dans de nombreux cas ils ont été plus tard retirés pour des questions esthétiques. Ceci comportant une valeur au regard de la possibilité de réversibilité souvent recherchée dans l'intervention du patrimoine.
- c. D'autres technologies sont incorporées dans les bâtiments d'adobe au début du XXe siècle, rencontrées dans les « *salitreras*³⁰ », où ont été appliqués principalement des critères de conception basés sur le comportement sismique grâce à l'incorporation de maillages métalliques "dépliés" régulièrement après un nombre défini de rangées d'adobes, générant une structure interne qui renforce l'interaction entre les murs, diminue le moment de basculement, améliore le comportement à la traction horizontale et à la performance globale de la construction au moment des mouvements sismiques. Ces maillages étaient attachés à une structure métallique que portée grand distance entre deux appuis dans les deux sens, avec une technique et un langage propre de l'architecture industrielle; ces structures sont recouvertes ou « noyées » dans les murs d'adobe en rangées doubles, tous les 60 cm de hauteur, entièrement cachés; Ces éléments constituent un système antisismique hautement efficace qui a permis aux édifices de réagir avec succès, restant debout malgré les grands tremblements de terre qu'ils ont eu à supporter (JORQUERA, 2013).

- d. A partir de l'ample recherche et expérimentation réalisée depuis les années 1980 par le laboratoire de la Pontificia Universidad Católica del Perú, au Chili ont été intégrées des stratégies de confinement des murs à partir de l'utilisation de mailles extérieures et, dernièrement, de cordes qui aident principalement à éviter le basculement des murs, comme éléments complémentaires. Ce sont des éléments qui enveloppent toute la structure de l'adobe, sans remplacer son essence structurelle ; renforcent l'unification du système constructif, le confinement, sans augmenter considérablement son épaisseur. Ils augmentent la rigidité dans le plan du mur, le renforçant par rapport à l'effort de cisaillement sismique (MUÑOZ & RIVERA, 2012). Les maillages sont disposés de part et d'autre des murs et unis par des éléments traversant. Ces interventions ont été principalement réalisées avec des maillages synthétiques connus sous le nom de geomailles et reliés entre eux par le biais du raphia. Ont également été utilisés des treillis métalliques, assemblés à partir de tiges métalliques de 6 mm en général, et ensuite soudés ou fixés par accrochage aux treillis. Dans les interventions récentes, comme l'église de San Pedro de Atacama, ont été utilisées des cordes synthétiques appelées

Renforcement extérieur avec des maillages métalliques de maison en adobe en Coinco.





drisses, qui sont entrecroisées dans le mur entrant et sortant du mur grâce à des perforations dans le mur. Toutes ces stratégies visent à lier le premier tiers fondamental (lié aux fondations) avec la couronne et le chaînage du mur, afin d'assurer la réduction des dégâts dans cette dernière section, la partie haute. Ces stratégies sont conçues et appliquées principalement sur les bâtiments patrimoniaux, ce sont des stratégies auxiliaires pour les constructions existantes et souvent avec des dégâts avérés.

- e. Depuis la découverte du comportement approprié, datant de plus de 100 ans, d'éléments métalliques incrustés dans les bâtiments en adobe et la constatation des éléments « *escalerillas* » échelles en bois largement présents dans le patrimoine national, s'est développé un système d'échelles métalliques noyées dans la construction en adobe. D'abord utilisé dans le patrimoine, soit dans la reconstruction d'éléments de la construction ou l'application de ceux-ci comme couronnements ou des éléments auxiliaires, l'utilisation de ces dispositifs passe dans les nouvelles constructions en maçonnerie crue. La technologie consiste en l'incorporation de treillis soudés entre les rangées d'adobes. Ceux-ci peuvent être fixés à des treillis extérieurs placés sur les deux faces des murs. Ils peuvent également être fixés au mur grâce à une barre métallique en L qui assure l'ancrage et de l'autre côté attachés à un treillis sur la face du mur. Une autre façon de faire consiste à utiliser deux angles métalliques en forme de L qui assurent un ancrage des deux côtés du mur,

À droit, maison contemporain en adobe avec des renforcements de maillages métalliques à l'intérieur du mur, avec le détail de la construction. Maison de l'Architect Marcelo Cortes à Santiago.

unis grâce au treillis métallique horizontal, imitant ainsi le fonctionnement de « *escalerillas* », ce système a également été utilisé en couronnement de murs.

iii. Les dispositifs sismiques dans les territoires

Dans le Grand Nord où la terre est caractérisée par une présence élevée de limons et faible d'argiles, les adobes seront moins cohésifs et plus fragiles. Et, bien qu'il existe des espèces végétales qui pourraient être ajoutées à ces adobes, elles ne sont pas abondantes, de sorte que l'aide de la fibre est également marginale.

Les éléments en bois de grande dimension sont rares aussi, de sorte que les principaux outils constructifs, surtout dans la construction du baroque andin, sont basés sur la résistance et la stabilité : peu d'ouvertures, une forte épaisseur des murs et l'incorporation permanente de contreforts.

Dans le «Norte Chico» en revanche, d'une part se développe une culture constructive en adobe postérieure à l'architecture baroque andine du Grand Nord et d'autre part l'architecture coloniale de la zone centrale, de sorte que sont pris en compte les enseignements suite aux dégâts causés par les séismes qui ont surtout affectés la zone centrale durant la colonie.

Et d'un autre côté il s'agit d'un territoire qui possède de vastes ressources en argiles et en fibres, ainsi qu'un bon accès (par rapport au grand nord) au bois de sections supérieures. Donc, les stratégies de conception, même si elles prennent en compte la résistance et la stabilité, s'appuient principalement sur les critères basés sur les comportements sismiques avec la présence importante de renforts horizontaux en bois.

Ces renforts se trouvent sur tout le territoire, à la fois sur des bâtiments monumentaux, sur les domaines patronaux, sur les bâtiments ruraux et urbains modestes, ce qui représente un système développé pour métaboliser, et non pas aller contre les mouvements, favorisant la déformation (FERRIGNI, HELLY, Mendes Victor, PIEROTTI, RIDEAUD, & TEVES COSTA, 2005), générant l'interrelation entre les éléments constructifs et le bâtiment.

La zone centrale est la principale zone d'interventions et d'inventions sur les bâtiments en adobe. C'est là où il y a le plus d'expérimentation constructive sur le territoire national, puisque ce fut le territoire principalement peuplé pendant la période coloniale et encore actuellement.

Sont visibles dans les bâtiments l'expression des différentes stratégies décrites ci-dessus, depuis les bâtiments les plus anciens qui fondent leurs stratégies sur des critères de solidité et de stabilité, avec une incroyable épaisseur de murs, limitant les ouvertures et incorporant des contreforts. Preuve en est la plus ancienne édification du pays : l'église et le couvent de San Francisco.

On constate dans les constructions ultérieures l'incorporation de la stratégie « *escalerillas* » des échelles horizontales, avec des bâtiments de deux étages en adobe avec des épaisseurs de murs de 90 cm, comme l'ancien couvent de la Recoleta Dominque ou à l'église Viñita. Cette région très peuplée, et qui concentre les plus grandes ressources du pays, reçoit ainsi la diversité technologique notamment pendant l'apogée de la construction en adobe.

La partie sud du pays présente également des bâtiments en adobe, c'est une zone de moindre sismicité, et comme les constructions sont de moindre envergure, la technologie sismique est inexistante, avec même la possibilité de trouver des bâtiments sans linteaux, les éléments en bois se limitent à la protection de la pluie, mais en aucun cas sont appliqués aux stratégies sismiques.

L'église San Francisco au centre de Santiago.

Page suivant, clocher en adobe dans le village de Belán au extrême nord du Chili. Source : Camilo Giribas





4

LE « NORTE CHICO », L'ADOBE ET
LE TREMBLEMENT DE TERRE DE 2015

*« Vernaculaire est l'architecture du peuple et par le peuple,
mais n'est pas pour le peuple »*

Paul OLIVER, 2003

PARTE 4 / LE « NORTE CHICO », L'ADOBE ET LE TREMBLEMENT DE TERRE DE 2015

6. Le territoire, la culture et l'histoire

Au Chili, est appelé « NORTE CHICO » la zone géographique entre le grand désert d'Atacama et la vallée Centrale. Ce territoire, entre aridité et fertilité, fait plus de 700 km de longueur entre la rivière Copiapo dans le nord (27°19'00"S 70°56'00"O) et la rivière Aconcagua au sud (32°54'54"S 71°30'30"O).

Cette zone est principalement habitée par une variété de villages de densité moyenne et basse, répartis dans la vallée transversale entre les montagnes de la côte et les Andes. Cette zone est caractérisée par sa transition, par une partie de sa géographie entre le désert et la fertilité ; et d'autre part entre la zone la plus peuplée du pays et l'une des moins peuplée. Il traverse trois régions du Chili : la région sud de la région d'Atacama, toute la région de Coquimbo et la région nord de Valparaiso.

Ce territoire a été habité depuis 10.000 avant JC, où environ 2000 avant JC les premiers peuples sédentaires, agriculteurs et potiers se sont établis et ont travaillé les métaux abondants dans la région. Jusqu'à l'arrivée des Espagnols et depuis environ 95 AD, ce territoire a été largement peuplé par des peuples sédentaires dans les vallées intérieures, appelées *diaguitas* par les quechuas, qui a été dominé par l'empire Inca.

À gauche, carte de la zone « Norte Chico » avec des villes et villages et les années de leur fondation.

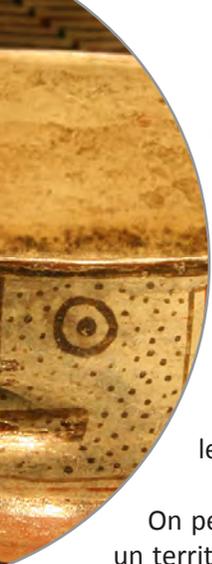
À droit en haut, céramique diaguita. Source : Museo de Arte Precolombino

Sur le territoire il y a des traces de constructions pré-hispaniques défensives surtout là où était reconnue la qualité des terres à cultiver. Dans la vallée de Copiapo il y a encore des restes de *pucara*³¹ défendant cette terre de qualité agricole exceptionnelle, même chose dans la colline Mauco située sur le côté nord de l'embouchure de la rivière Aconcagua (Benavides, 1988).

La principale ville actuelle du territoire est de La Serena, qui à son tour est le plus ancien, et représente la deuxième ville espagnole du Chili, fondée pendant la colonie par ordre du conquistador Pedro de Valdivia en 1544. Cette ville a été érigée afin de faciliter et d'assurer la communication terrestre du Chili avec le Pérou (Benavides, 1988), elle a été la capitale de la vice-royauté du Pérou à laquelle appartenait ce territoire maintenant chilien. Le premier temps de la colonie a attiré leur attention sur les guerres du sud et l'importance de la ville de Santiago. Dès la seconde moitié du dix-huitième siècle, l'exploitation minière majeure de l'or, l'argent et le cuivre est générée, établissant ainsi la future planification urbaine. Une autre activité d'une grande importance et richesse est l'agriculture, en particulier dans les vallées de Coquimbo, Elqui et Aconcagua, qui aujourd'hui encore reste importante. Diverses circonstances ont contribué que pendant le XVIIIe siècle la zone centrale de la Capitainerie générale puisse consolider sa vocation agricole, en fournissant les ressources nécessaires à la mise en place permanente de groupes de propriétaires fonciers et des travailleurs agricoles, des vallées du Norte Chico à la limite la zone de paix, à la hauteur de Chillán et Concepción (Benavides, 1988). La terre a toujours été utilisée en tant que membre fondateur. Au début de la tradition autochtone, comme dans La Serena qui était un petit village qui pouvait consister seulement en un ou deux ranches en murs de *quincha* avec de la boue et des toits de roseaux,

31 Mot quechua que fait référence aux constructions de fortification. Mot utilisé par tous les cultures des Andes centrales (de l'Equateur jusqu'au Chili)



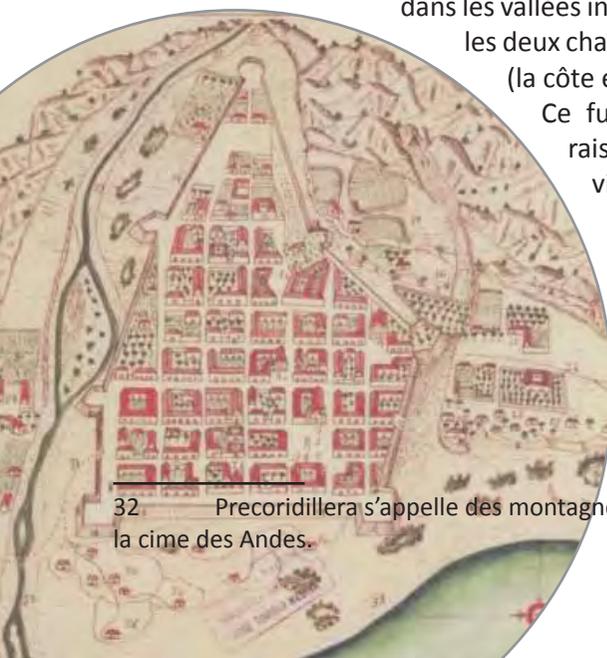


et des huttes de chaume seulement (CONCHA, 1871). L'adobe a ensuite été introduit. En Copiapó la première église en 1733 était en adobe avec des toit de planches de mélèze (Benavides, 1988) et le mur d'enceinte défensive de la ville de La Serena construit en 1680. L'adobe, pièce d'argile et de paille séchée au soleil, est l'instrument ductile de toute la construction rurale, basée sur la gestion empirique du comportement des matériaux contre les séismes (Benavides, 1988).

On peut alors parler d'un territoire qui était initialement un territoire de passage, de connexion avec le sud du territoire de l'extérieur par mer ou par terre. Que ce soit pour le premier port du Chili, La Serena ; comme la « porte du désert » dans lequel Copiapó a été formé, parce qu'il a marqué la limite des deux steppes désolées qui ont entravé l'arrivée dans le pays : l'Atacama et les hauts plateaux qui a dû traverser pour atteindre les vallées les deux versants fertiles des Andes (Benavides, 1988). Et il avait en outre la croissance en raison de l'exploitation minière et l'agriculture. C'est pour ces deux raisons que le règlement du territoire a été généré principalement dans la *precordillera*³² des Andes ou dans les vallées intermédiaires entre les deux chaînes de montagnes (la côte et les Andes).

Ce fut alors, cette floraison tardive des villages, principalement dans le XVIIIe siècle, la principale raison de leur excellence constructive. Puisque la connaissance

32 Precordillera s'appelle des montagnes moins hautes que la cime des Andes.



des bâtiments en adobe et des tremblements de terre ont été testés pendant 200 ans, principalement sur le territoire de la vallée centrale. Les bâtiments qui sont dans les nouvelles villes expriment la splendeur de la nouvelle culture constructive sismique engendrée sur le territoire métisse du Chili.

7. Les tremblements de terre du « Norte Chico »

Ainsi, comme le reste du territoire qui se dégage de la Cordillère des Andes à la mer, dans le présent territoire chilien, le « Norte Chico » a été secoué en permanence par des tremblements de terre qui ont détruit les villages à des moments différents. La première ville hispanique du territoire a été complètement détruite dans le tremblement de terre de 1604, à partir de là a commencé une série de reconstructions et d'apprentissage.

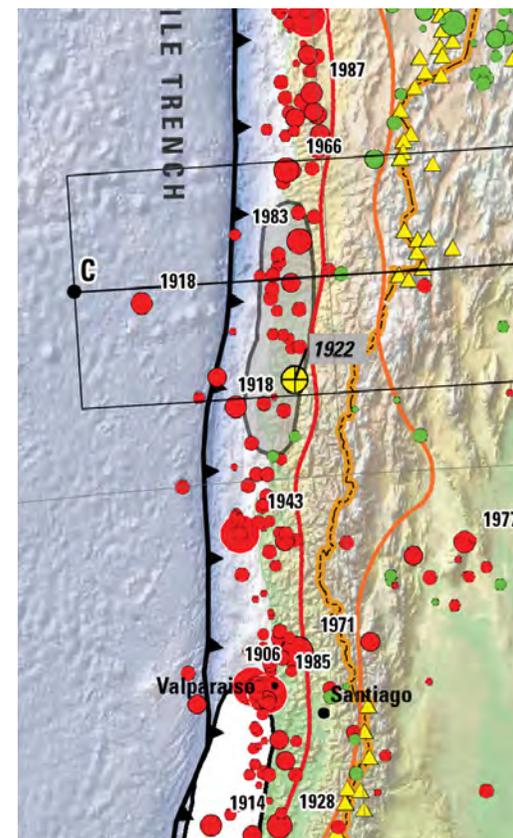
Comme nous l'avons dit plus haut la tardive construction des zones peuplées du « Norte Chico », pourrait expliquer l'incorporation massive des stratégies constructives sismiques éprouvées depuis déjà 200 ans sur le territoire de la vallée centrale, en particulier à Santiago, exprimant l'évolution de l'architecture du Chili, comme la culture de construction sismique.

Différentes sources, y compris l'USGS³³, NOAA³⁴, CSN³⁵, montrent la fréquence des tremblements de terre de grandes amplitudes subis par les territoires depuis 1570. Depuis cette date, sur le territoire, il y a eu quarante-neuf grands trem-

33 United States Geological Survey

34 National Oceanic and Atmospheric Administration (US Department of Commerce)

35 Centre sismologique national, qui dépend de l'Université du Chili.



Carte séismique de la zone de « Norte Chico » de 1900 à 2013. Source : USGS

À droit en bas, carte de La Serena comme ville fortifiée avec des grandes murs d'adobe pour prévenir les attaques et saccages des pirates. Source : Biblioteca Nacional

blements de terre, dont sept ont dépassé 8Mw³⁶, les premiers enregistrements étaient en 1604 et 1634 les deux dans la Serena, sans information sur leur ampleur, mais par contre donnant des informations sur leurs terribles conséquences. Il est possible de distinguer les tremblements de terre de Papudo en 1703 avec 8,7Mw, de Valparaiso en 1822 avec 8,5Mw, de Vallenar en 1922 avec 8,7Mw, et le dernier de Canela en 2015 avec 8,4Mw.

Depuis les années quarante, précisément en 1943, que en la région il n'avait pas un tremblement de terre de grande ampleur, qui, à ce moment-là a atteint 8,2Mw dans la ville de Ovalle (30°35'00"S 71°12'00"O), passant 72 ans et cinq tremblements de terre sur 7Mw. Sur le territoire, c'est précisément le dernière d'entre eux, celui de Punitaqui (30°56'S 71°13'O) du 14 Octobre 1997, le dernier de grande ampleur dont on se souvient.

8. Le tremblement de terre de 2015

Après 18 ans et l'influence des quatre grands tremblements de terre dans différentes latitudes du pays, il y a un enseignement. Les grands tremblements de terre au nord, en 2005 à Tarapacá (19°35'31"S 69°07'12"O) et en 2007 à Tocopilla (22°11'20"S 69°50'35"O) ont causés de grands dommages, en particulier dans l'important patrimoine construit en terre, mais à cause de la distance avec la capitale et d'autres centres urbains, et le dépeuplement des zones rurales, ils ont été facilement oubliés. Il a fallu le tremblement de terre de Cauquenes (35°54'32"S 72°43'59"O) en 2010, qui a atteint 8,8Mw, a touché la zone la plus peuplée du pays, en particulier dans les centres urbains d'un plus grand intérêt économique et administratif, et qui a généré des conséquences réelles pour les constructions en terre, pour que deux normes concernant l'intervention du patrimoine en terre soient définies, que les subventions de l'Etat pour la réparation du patrimoine monumental et humble soient appliquées, et surtout qu'il y ait une reconnaissance, implicite, de la terre comme matériau de construction faisant partie du patrimoine.

36 Échelle de moment magnitude (MW) est une échelle logarithmique utilisée pour mesurer et comparer les tremblements de terre.

Photos des activités fait par des associations pour mettre en valeur l'architecture en adobe de Canela comme la ville de l'épicentre de tremblement de terre de 2015. Une maison typique, des bénévoles et la présentation de la vidéo éducative EL ADOBE. Source : Francisco Tacussis





Dans ce contexte, le dernier séisme majeur qui a frappé le « Chico Nord » a eu lieu le 16 septembre 2015. Il avait une magnitude de 8,4Mw ; mais paradoxalement, il a produit peu de dommages, à la fois matériel et dans la vie. Bien que l'ampleur de l'événement n'est pas synonyme de puissance destructive, il est un fait que la force de la culture de la construction locale est précisément l'un des principaux facteurs de diminution des risques sismiques, ce que le territoire a exprimé dans toute sa splendeur et surtout dans les renforts internes représentant des éléments de bois présents à l'horizontal dans la construction.

D'autre part, les subventions gouvernementales pour la réparation des maisons et l'expérience d'organisations indépendantes ou dépendantes de l'Etat ont contribué à une action rapide sur le territoire. Alors que le travail de la mise en valeur du patrimoine bâti en la terre, et surtout en adobe, commence et que certains bâtiments ont déjà subis de nombreux tremblements de terre.

Le tremblement de terre a eu son épicentre dans les côtes de la commune de Canela (31°38'13"S 71°44'28"O), Région de Coquimbo, étant le village du même nom le plus proche de l'épicentre, ce qui explique pourquoi la plupart des actions ultérieures du tremblement de terre ont eu lieu dans ce village : des travaux bénévoles, des séminaires, des fresques murales en terre, des ateliers enfants, la fête de l'Adobe, entre autres.

9. Culture constructive sismique locale dans le « Norte Chico »

C'est précisément ce dernier tremblement de terre qui a exposé la richesse d'une culture constructive sismique, en faisant tomber les enduits de ciment l'adobe a émergée à nouveau. Le tremblement de terre a permis de révéler les évolutions techniques de ces constructions du XVIIIe siècle à nos jours. La culture constructive est en constante évolution, il est une connaissance qui se réinvente, qui intègre de nouveaux paramètres dans sa transformation, l'adaptation qui a réussi à apprendre de la nature et est l'amélioration de tous les temps (LEMARQUIS & RIVERA, 2014).

Séquence de photos de destruction de patrimoine bâti en terre en Canela épiceutre du séisme 8,4 de septembre 2015. Maison en terre après le tremblement de terre, site sans maison un moins après et une maison d'émergence l'as remplacée.



Nous prendrons le territoire le plus proche et affecté par ce dernier tremblement de terre pour entrer dans cette culture constructive avec des cas particuliers, à la fois en examinant des bâtiments et en rencontrant et en interrogeant des bâtisseurs. Le territoire est à la fois la plus peuplée du « Norte Chico », peut-être en raison de sa proximité de la ville principale de La Serena. La zone d'étude se situe entre la vallée de l'Elqui ($29^{\circ}53'40''S$ $71^{\circ}16'30''O$) dans le nord et la vallée de Choapa ($31^{\circ}37'40''S$ $71^{\circ}33'30''O$) au sud, et il inclut des zones rurales et urbaines. Il inclut dans ce territoire le Limari Valley et toutes les vallées transversales de ce territoire montagneux. La première planification officielle de ce territoire date de 1680. Ce territoire était géré à l'époque par l'Eglise catholique et soutenu par la couronne espagnole qui avait établi trois paroisses : Andacolo, Sotaquí et Barraza (FERRADA & SEGOVIA, 2007) qui sont des monuments maintenant déclarés national pour être précisément les plus anciens encore debout.

Les aspects esthétiques de la simplicité sont une caractéristique de l'architecture de ce territoire, qui n'a pas un style fort, ni de fines décorations. Sa définition simple, presque rudimentaire est détenue dans une langue de l'environnement contextualisée et les ressources disponibles (FERRADA & SEGOVIA, 2007), le « projet » ne comprend pas de changement de niveaux, ni de grandes portées entre deux appuis intérieurs ou des ouvertures excessives et est

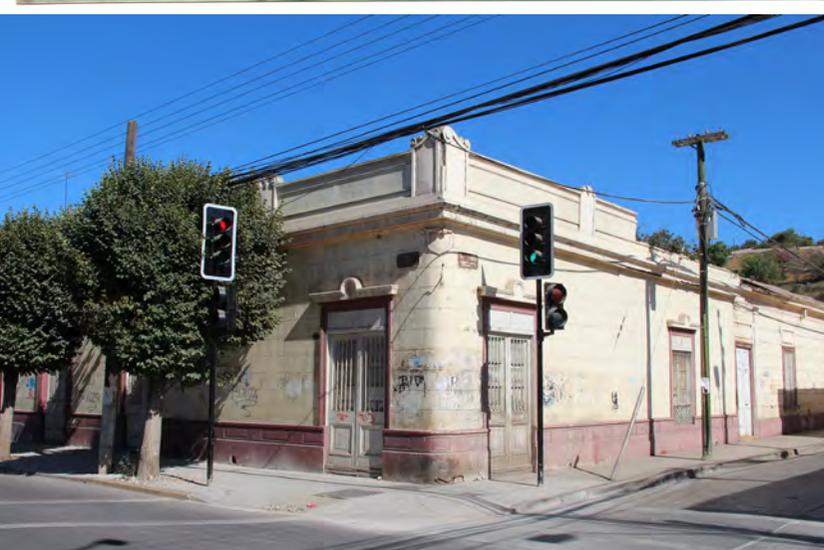
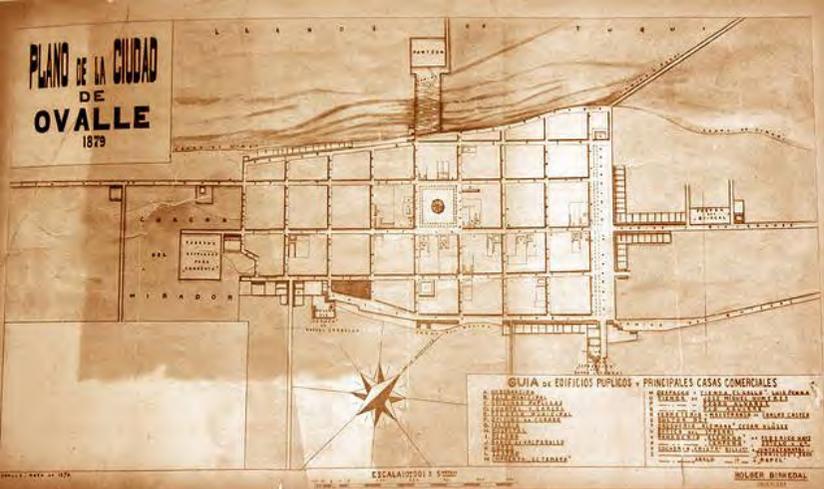
généralement limité à développer un succession de boîtes interrompues régulièrement par des parois transversales destinées à rigidifier la structure globale (Benavides, 1988), qui montre une conception claire de l'esthétique fonctionnelle.

Il y a une grande disparité technique entre les constructions des zones urbaines et celles des zones rurales et dans la connaissance exprimée dans les bâtiments et tous les savoirs vivant portés par la communauté sur la construction (LEMARQUIS & RIVERA, 2014).

i. Des constructions urbaines

Sur ce territoire sept grands centres urbains se distinguent : Illapel, Canela, Combarbalá, Punitaqui, Monte Patria, Ovalle et Vicuña. Dont seulement trois restent en meilleure condition de maintenance avec des interventions réduites qui peuvent nous guider vers une lecture de sa planification et de la stratégie structurelle initiale, qui sont Combarbalá (1757), Ovalle (1831) et Vicuña (1821). Ce sont principalement les villes intérieures, loin de la côte, et historiquement liées par le chemin de fer qui a cessé dans les années 1970.

Leurs fondations datent de la seconde moitié du XVIIIe siècle et du début du XIXe siècle, aussi les constructions urbaines de ce territoire sont contemporaines de celles de la zone centrale, en particulier de Santiago d'Ouest également construites avec adobe et avec la même structure logique: le principal est la stabilité sur la base du travail commun de construction de chaque pâté de maisons, la continuité des hauteurs, la stabilité avec les mêmes grandes épaisseurs de murs et les renforts intérieurs avec parois transversales régulières.

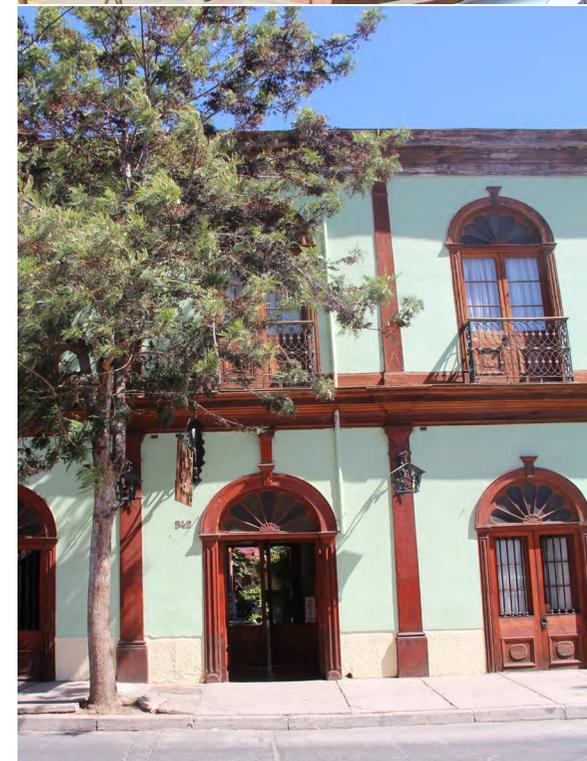


Parmi ces trois villes, la plus modeste Combarbalá, fondée par les claims miniers des colonisateurs et l'évangélisation catholique, est dans une zone où abondent des terres violettes qui donnent une particularité à ses bâtiments. Ses constructions démontrent également que la pratique de stratégies massives mentionnées est évidente, et dans les bâtiments importants, comme l'église, ont été observés l'incorporation d'éléments horizontaux à l'intérieur du mur, qui ne sont pas répétés dans les maisons habitation. Il est observé en plus la construction récente de maisons construites aussi en adobe dont les bâtisseurs sont encore vie et dans certains cas pratiquent encore le travail avec la terre.

La ville de Vicuña dont l'économie est plutôt agricole, joue un rôle de capitale de « Valle del Elqui », et intègre aujourd'hui aussi le tourisme. Dans la ville des stratégies de structuration urbaine sont répétées, mais commencent à s'exprimer certains styles et des ornements dans les bâtiments d'adobe. En général pas de bâtiments de grande hauteur sont vus, à l'exception des temples religieux.

La ville d'Ovalle a aujourd'hui une grande importance administrative dans la région et peut être appelée comme une seconde capitale régionale. Malgré qu'elle soit une ville de taille moyenne, elle a su maintenir un patrimoine historique en relatif bon état. Les bâtiments anciens diffèrent dans ce cas par une préoccupation pour l'ornementation des bâtiments, une augmentation de la hauteur totale sans arriver à l'étage. Dans ce cas, en plus des stratégies de stabilité urbaine, on peut voir l'incorporation d'éléments horizontaux à l'intérieur de murs non seulement dans les monuments, mais dans les maisons,

À gauche, carte de Ville de Ovalle du 1879. Source : Biblioteca Nacional de Chile. Photo des rues de Ovalle dans le XIXe siècle. Source : Biblioteca Nacional de Chile. Photo actuelle en face au place principal de Ovalle (2016)
À droit, photos après le tremblement de terre dans la ville de Vicuña. L'église et une maison dans le centre ville.



dont les fonctions aujourd'hui sont principalement à caractère commercial et administratif.

Aucunes de ces trois zones urbaines bénéficient d'une protection juridique en vertu de la réglementation en vigueur dans le pays, et c'est précisément après un tremblement de terre, comme 2015, que ces zones urbaines ont la plus forte vulnérabilité pour faciliter la destruction de biens avec cette justification.

Voilà ce qui est arrivé, en général dans d'autres zones urbaines du territoire : Illapel (1754), Canela (1891), Punitaqui (1785) et Monte Patria (1750), où leurs centres historiques ont été complètement démembrés en cassant la première règle de leur structure : la continuité structurelle et le travail commun avec les autres bâtiments sur le pâte de maisons. En raison de leur nouvelle utilisation comme centre commercial, les bâtiments d'adobe ont été attaqués dans un autre de ses principes de base : la massivité de sa structure principale. Ainsi, la création de grandes ouvertures s'est terminée dans des cas comme Illapel, par l'effondrement de la structure des constructions. Dans Monte Patria et Punitaqui des phénomènes similaires se produisent, mais dans des cas où la dégradation des bâtiments étant plus avancée il était déjà beaucoup plus difficile de lire la ville dans son ensemble.

Canela est un cas spécial, il s'agit de l'une des dernières villes fondées sur le territoire, et se trouve hors de l'axe ferroviaire. Aujourd'hui c'est une ville d'étape vers

l'intérieur. Elle maintient seulement une rue avec des maisons en adobe et une église qui n'a pas d'importance particulière soit historiquement ou constructive. On n'observe pas de présence massive de stratégies d'éléments horizontaux, une moindre importance est accordée aux fondations, par contre on constate un tournant vers de nouvelles constructions en adobe, et la présence jusqu'à aujourd'hui de constructeurs qui gardent la pratique.



En haut, maison après le tremblement de terre de 2015, avec dommages générée par l'eau et témoigne par le mouvement séismique

En bas, état actuel dans le centre ville de Combarlabá. Photo de février 2016



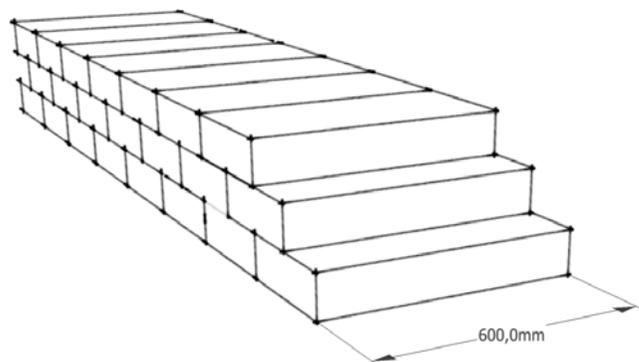
ii. Des constructions rurales

Le système du *quincha* a été largement utilisé pour la construction de logements. Ce système, dans lequel une structure primaire portait le toit de chaume, fermeture avec la canne habituellement placée verticalement, qui est couverte avec de la boue sur les deux côtés (Benavides, 1988), ces bâtiments sont beaucoup plus précaires, à la fois dans son habitat et sa construction et l'entretien. Ceux qui restent aujourd'hui dans ces constructions sont principalement les travailleurs saisonniers gardant les troupeaux de chèvres dans la précordillère. L'évolution observée de ce système est l'incorporation de bâtiments d'*adobe en pandereta*, avec deux variantes, fil métallique ou amarrage en bois. Tous ces systèmes mixtes sont utilisés comme structures secondaires dans les bâtiments d'adobe.

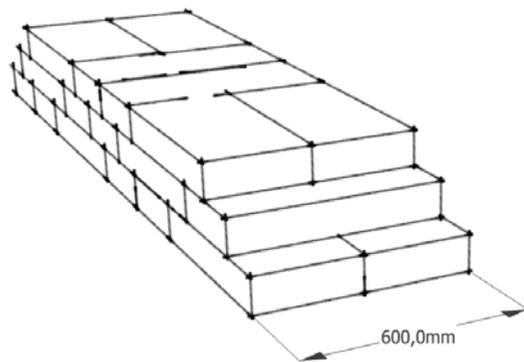
Les matériaux proviennent principalement de la ferme elle-même. Des pierres rondes pour les fondations; de la terre et de la paille pour « couper » des adobes³⁷; du bois pour travailler les poutres, les linteaux, les appuis, les piliers et les encorbellements; et aussi pour les centres, les portes et les fenêtres. Avec de l'argile d'une certaine qualité sont fabriquées des tuiles et des

37 *Cortar adobes* (couper des adobes) est la façon dont les personnes locales nomment l'action de mouler des adobes.

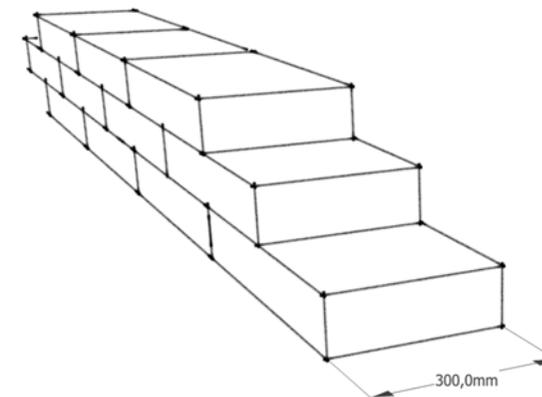




Appareil en boutisses ou de *cabeza* ou *botado*



Appareil à l'anglaise



Appareil en panneresses

briques pour les planchers. Le *povillo*³⁸ et la chaux couvrent à la fin l'adobe et assurent l'unité et la bonne présentation mis dans une expression simple, sans ornements (Benavides, 1988). Les bâtiments d'adobe présents sur le territoire rural fondent leur caractéristique structurelle d'être auto-stables, de ne pas faire partie d'un ensemble. Les murs d'adobes extérieurs ont des épaisseurs variant entre quatre-vingts centimètres et un mètre vingt, ce qui assure une excellente isolation thermique et génère un poids propre suffisant pour résister aux efforts sismiques aux conditions du raidissement à intervalles réguliers avec des parois transversales et le lourd système de toiture (Benavides, 1988).

iii. L'adobe du « Norte Chico »

Comme indiqué dans le chapitre précédent (Page 53), les stratégies traditionnelles se structurent en trois familles pour répondre à la résistance par la masse, dont la stabilité peut être renforcée par des éléments externes et les éléments de renforcement interne. Il convient de mentionner que tous ces éléments ne sont pas mutuellement exclusifs, et ils se manifestent habituellement ensemble en ajoutant, augmentant ainsi la bonne performance du bâtiment.

38 *Polvillo* signifie la poussière, fait référence un type de terre très fin pour faire des finitions.

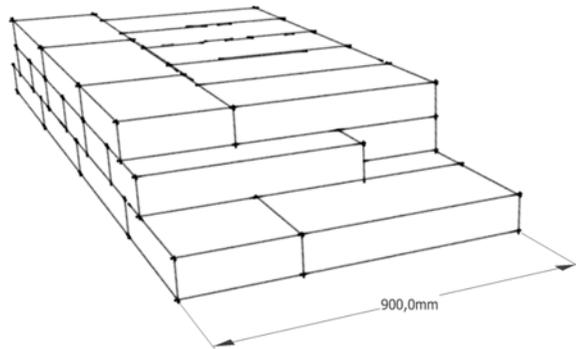
a. Résistance de masse

La réponse à la première stratégie est généralisée et elle est donnée par l'épaisseur des murs, pour lesquels des solutions différentes observées se basent sur la taille et l'agencement des blocs de terre à l'intérieur des murs.

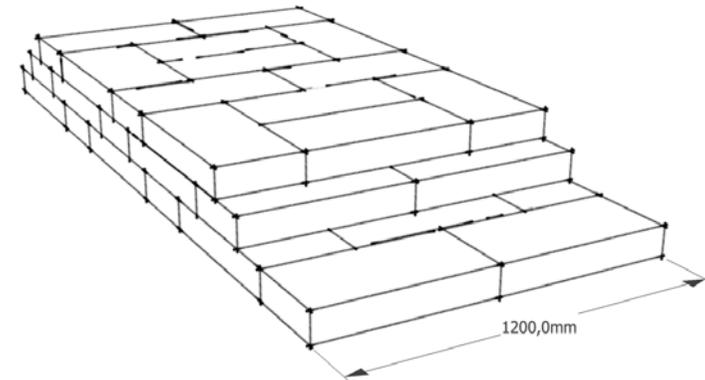
Sur le territoire, on distingue généralement des blocs de deux tailles : de 70x35x10 cm et celles de 60x30x10 cm. Les blocs de la première taille se trouvent dans les temples et les *haciendas* anciennes (FERRADA & SEGOVIA, 2007). Les blocs de la seconde taille sont plus massifs et ont les mêmes dimensions que les adobes de la région centrale du pays. En général, les blocs sont de grande dimension en raison de l'épaisseur à atteindre par les bâtiments rencontrés pour respecter la première règle de base de l'architecture en adobe : la sveltesse de relation 1/8. Ainsi, l'exécution des travaux est simplifiée pour ne pas avoir à développer également des stratégies de verrouillage des blocs dans le mur.

Cinq dispositions d'ordre interne des blocs sont observées sur le territoire :

1. Appareil en boutisses ou de *cabeza* ou *botado*. C'est l'appareil le plus courant dans les immeubles d'habitations urbaines et rurales. Il consiste en la position des blocs d'adobe en transformant la longueur du bloc dans la largeur du mur. Elle se reflète dans les murs de 60 à 70 centimètres d'épaisseur, plus de stuc peut atteindre 70 à 80 cm et peut construire des bâtiments de 4 à 5 mètres de haut sans grande difficulté ou risque structurel, qui est la hauteur moyenne de la construction dans la région, et



Appareil de *traba* 90cm



Appareil de *traba* 120cm

la zone centrale. Il faut distinguer qu'il existe différentes formes de liens joints des murs, qui manifeste une culture et des stratégies complexes de renforcement dans ce point fragile.

2. Moins fréquemment l'appareil à l'anglaise, qui entrelace les adobes entre la largeur et la longueur, atteignant également des épaisseurs le long de l'adobe, va donc aussi entre 60 à 70 cm, sans tenir compte des terminaisons observées.
3. L'appareil de *traba*³⁹. Dans des grands monuments, églises en général, où les murs facilement dépassent les sept mètres de haut, il était nécessaire d'augmenter l'épaisseur des murs pour obéir à la règle de la résistance, l'appareil en *traba* peut atteindre entre 90 et 120 cm d'épaisseur, comme un amarrage d'adobes doubles. Ils peuvent être disposés dans une ligne longitudinale et transversale, inversant l'ordre de cela dans le prochain cours, et donc atteindre 90 cm d'épaisseur. Ou installer deux adobes sa longue et puis quatre à sa largeur, et l'investissement du cours suivant et alternent avec deux largeur et un long. Il est évident que dans ce réseau interne des murs, il est beaucoup plus complexe, en particulier au moment de l'union des murs.
4. L'appareil en panneresses, où les blocs sont utilisés en transformant la

largeur du bloc dans la largeur du mur. Cela génère un élargement de murs bas (30cm), afin de répondre à la proportion minimale (1/8), ne peut atteindre plus que 240cm d'hauteur, cela est vérifié dans le terrain. Ce système d'appareil est observé dans la construction la plus récente dans la région, qui sont construits jusqu'à aujourd'hui et représentent la technologie la plus précaire. Les joints des murs de ce type d'engin sont très fragiles en raison de la faible union, qui ont échoué après les derniers grands tremblements de terre.

Exposition qui exprime la disposition des adobes à l'intérieur du mur, avec une épaisseur de 90cm et adobes de 60x30x10cm. Source : ECoT



³⁹ *Traba* est le mot espagnol pour dire amarrer, l'appareil en *traba* fait référence à l'amarrage interne du mur avec l'addition des blocs qui s'entremêlent pour assurer la stabilité de la maçonnerie.

Detaille de l'église de Barraza, où il y a une continuation des bois de l'intérieur du mur vers les contreforts



b. Stabilité par des éléments extérieurs.

Pour répondre à la deuxième famille de stratégies il est observé une présence de bâtiments qui basent leur stabilité dans les éléments extérieurs, avec l'incorporation des contreforts dans plus grands temples ou les plus anciens.

Les seules deux églises dans les endroits visités qui ont des contreforts. À droite l'église San Vicente Ferrer de Ovalle construite l'année 1847. À gauche l'église San Antonio del Mar de Barraza construite en 1795.



c. Renforts.

1. Culture des « *escalerillas* »

« *Escalerillas* », sont appelés systèmes d'amarrage dans l'intérieur du mur, où deux bois parallèles sont disposés avec des unions intermédiaire en forme d'échelle, pour générer un continué horizontal, habituellement sur les linteaux, dans les planchers et comme couronnement des murs. Ceci est expliqué plus longuement dans la page 58.

Ces bois sont incorporés même dans les grands temples où ils viennent remplacer les éléments de stabilité utilisés avant, tels que des contreforts. Bien qu'il y ait eu des cas, comme Barraza, où les contreforts sont amarrés aux parois longitudinales aussi avec des *escalerillas* intégrées.

On voit clairement, surtout dans la vallée du Limari et Elqui l'incorporation massive des éléments horizontaux dans les constructions rurales et humbles, ce qui suppose d'une part sa construction tardive et d'autre part le degré de perfectionnement et la diffusion de techniques constructive avec les caractéristiques sismiques. Ces deux vallées ont principalement des activités agricoles avec un boom en particulier au cours du XIXe siècle, par rapport à d'autres régions du pays où les éléments végétaux sont aussi ou plus abondantes que dans le « Norte Chico », l'utilisation du bois est remarquable et leur technologie sismique, en présence de *escalerillas* et d'autres éléments de renforcement d'angle que le soutien dans le moment sismique. Ils peuvent

Des maisons dans la zone qui présentent des *escalerillas* comme system principal dans le domaine urbain ou rural. Maison avec un étage près de Tulahuén, maison à Tulahuén, détail dans une maison à Cogotí, maison à Mialqui, Maison et magasin près de Carén, et maison à Paihuano







être observés souvent des bâtiments avec un étage en adobe, en gardant toujours les proportions de la sveltesse des murs d'au moins 1 : 8 avec des murs au moins 60cm d'épaisseur dans les bâtiments traditionnels.

2. La dégradation de la culture constructive

Malgré l'incroyable réponse de la technologie sismique des éléments horizontaux à l'intérieur des murs, ceux-ci sont les premiers à avoir disparu de constructions ultérieures, au point même de prévenir par les constructeurs locaux lorsqu'ils sont consultés sur les renforts. Ils sont restés quelque peu des renforts ou supports de coin (page 57), qui ont été évalués par certains

Dans les pages précédentes, des églises avec des escarellillas comme système de renforcement intérieur, dans des domaines urbain ou rural. Inmaculada Concepción de Monte Grande, Nuestro Corazón de María de Ovalle, Nuestra Señora de las Mercedes de Carén, De la Inmaculada Concepción de Cogotí 18, De la Hacienda Serón, San Francisco de Borja de Combarbalá et Nuestra señora de la Merced de Mialqui.

En bas, maison à Canela. Il s'observe la disposition des adobes avec l'appareil en panne- res et de renforcement avec des clefs qui sont en très avancé état de pourriture par l'eau.

À droit en haut, maison avec un étage en adobe nouveaux (1980). Avec l'appareil en panneresses et sans renforcement sauf l'structure du plancher et des linteaux en bois.





constructeurs actuels, incorporant essayant même comme une méthode de réparation et de reconstruction.

En raison de la stigmatisation de la terre de la construction et la précarisation de la profession des constructeurs en adobe, en particulier au début du vingtième siècle, les bâtiments de cette époque ont perdu deux éléments (les *esquineros* et renforts horizontaux), conduisant à un renforcement plus précaires : les clefs (page 56). Ils aident relier les murs de périmètre en adobe avec des murs perpendiculaires et la structure du toit avec des éléments d'amarrage en bois, qui est exposée en permanence à des insectes, étant sa plus grande vulnérabilité, en plus d'être fait former généralement précaire, qui ne garantit pas son fonctionnement dans le moment dynamique. Il y a eu de nombreux cas, en mauvais état et d'autres qui ont échoué à moment dynamique parce que vous pesez les murs avec le mouvement sismique est supérieure à la capacité de préhension de ce système.

Les réponses actuelles construction en pisé dans le « Norte Chico »

Au cours des années 80, en raison de la crise économique vécue dans le pays, le programme de POJH⁴⁰, qui visait à maintenir les chefs de famille occupés, a été mis en œuvre. Dans le « Norte Chico », en particulier en Canela (31°24'S 71°27'O), la principale occupation des employés de ce programme a été la construction de maisons, généralement pour eux-mêmes. Il est à ce moment, en raison de la rareté économique qu'il n'y avait pas plus que le matériel local et de la technique d'Adobe, qui a été relégué aux anciens bâtiments, il joue un rôle particulier. Avec une nette influence de bâtiments en maçonnerie simples un type de technologie constructive plus précaire départ, en raison de la perte progressive de la connaissance de celui-ci. Cette fois toutes sortes de renforts en bois sont éliminés, peut-être couplée à la déforestation et à la sécheresse progressive du territoire. Le bois utilisé uniquement pour l'exécution des linteaux et des plafonds. Règles de base de la construction en adobe demeurent : l'élancées, la géométrie simple, la portée entre

40 Programme d'emploi pour les chefs de famille mis en œuvre entre 1982 et 1988.

deux appuis petites et linteaux underrun. Bien qu'ils changements radicalement de construction traditionnelle, l'élancement de 1 : 8 est maintenue, mais dans ces bâtiments l'économie est évidente lorsque vous essayez de diminuer la quantité de blocs d'adobe, avec un appareillage en panneresses, où la largeur du bloc devient également la largeur de la paroi (30 cm), donc les hauteurs des bâtiments ne dépassent pas 240 cm de hauteur. Ce sont ces règles qui ont contribué à la bonne conduite de ces bâtiments contre les tremblements de terre en Septembre à 2015.

Le patrimoine vivant

Malgré les différents changements et dégradations des technologies sismiques on peut repérer, sur le territoire, de nombreuses personnes ayant une expérience dans la construction en adobe. Certains d'entre eux ont construit leurs propres maisons, d'autres ont été engagés pour fabriquer des adobes⁴¹, d'autres construisent avec des briques et d'autres savaient tous les domaines du métier. Les connaissances traditionnelles ont l'inconvénient que, après avoir été transférées par voie orale et par des expériences de vie d'une génération à l'autre, rarement il a des documents qui permettent la caractérisation et la diffusion. En outre, comme les autres coutumes populaires, il est fréquent qu'avec le temps des influences ou des modifications extérieures finissent parfois à faussent leurs bases d'origine (GUERRERO, 2007). Aujourd'hui, les constructeurs adobe du « Norte Chico » gardent la connaissance vivante du choix de la terre, du mélange avec de la paille, de l'incorporation des éléments dans le mélange comme le *guano*⁴², de la fabrication des blocs, de l'importance de l'ancrage généreux et apparemment des proportion; mais n'est pas transmise la culture de les « *escalerillas* », vu dans le patrimoine à titre exceptionnel, et qui par sa massivité, et une bonne exécution contitue une bonne réponse sismique.

La situation actuelle du monde nous rappelle tous les jours la né-

41 *Cortar adobes* (couper des adobes) c'est la façon dont les personnes nomment cette activité.

42 Déchets animaux

CONCLUSION

cessité de rechercher des solutions de développement durable, pour assurer la survie de notre planète. Dans le secteur de la construction, il est également impératif de répondre à ce dilemme. En examinant les réponses données autrefois il est possible de trouver des indices pour aider à tracer un nouveau chemin, sans idéaliser ces solutions, et en les adaptant aux modes actuels de vie.

La terre a été présente dans ces solutions dans la plupart des pays de la planète, et dans le cas du Chili pendant des milliers d'années, en réponse à des contextes divers et surtout avec des constants tremblements de terre.

La culture actuelle qui se perche sur le territoire chilien est métisse, elle est le résultat du mélange des populations indigènes et des européens qui sont arrivés au XVI^e siècle, l'architecture et la construction parlent du même métissage, qui a forgé un patrimoine bâti, vernaculaire, qui a donné des réponses techniques aux plus grands tremblements de terre de la planète qui affligent souvent le territoire. Ceci a formé une culture constructive locale qui a construit l'architecture vernaculaire sismique affinée en 4 siècles.

Au cours des 100 dernières années, après l'industrialisation et l'incorporation de matériaux industrialisés, la dévalorisation des matériaux indigènes ancestraux dans le domaine de la construction, la terre, a été massive. Cela a généré une dégradation non seulement du patrimoine bâti qui a été massivement abandonné et maltraité, mais encore et surtout de la culture constructive qui avait pris deux siècles à acquérir des connaissances qui s'étaient consolidées C'est précisément la dégradation des savoirs ancestraux transmis entre les générations et construits collectivement, la plus grande perte pour la culture et l'identité nationale ; sans connaître notre histoire nous ne pouvons pas construire l'avenir. Au Chili le patrimoine vivant est dégradé, il a rompu le lien dans le transfert et la continuité de l'information. Il n'y a pas une continuité pour innover et pour s'adapter aux nouvelles conditions d'une culture déjà ancrée.

Mais il faut noter que la culture de l'adobe n'est pas morte. Le dépôt précieux du patrimoine immatériel de la construction en adobe du « Norte Chico » et du Chili est émoussé, mais il est vivant. Il y a encore dans le pays et avec une plus grande présence dans le « Norte Chico » une culture de constructeurs d'adobe, qui ont perdu des éléments importants de cette culture sismique locale, mais

dont la totalité n'a pas complètement disparue. La culture constructive est là où comprendre et savoir voir les anciens bâtiments devient essentiel, de lire les dispositifs incorporés dans l'architecture traditionnelle qui a permis des développements constructifs et structurels dans les endroits les plus sismiques de la planète est le moyen de contribuer à l'avenir.

Raviver et rétablir l'intelligence constructive ancestrale du patrimoine, élargir les connaissances des constructeurs en adobe sur le territoire ; et donc incorporer à nouveau cette intelligence à la construction, est aussi une façon de comprendre l'évolution d'une culture constructive.

Aujourd'hui, les constructeurs contemporains commencent à reprendre les enseignements vernaculaires et de les faire partie de ces propres enjeux structurels et esthétiques. Massifier cette connaissance jusqu'à ce qu'il repose sur les constructeurs locaux est le devoir d'aujourd'hui. Retour aux épicentres des tremblements de terre, creuser l'adobe, montrer leurs possibilités visuelles et spatiales contemporaines, il est urgent et essentiel de démontrer les possibilités futures d'une technique de construction sismique, durable, sociale et de l'avenir, ayant besoin principalement de ce qui se trouve sous les pieds, les propres mains et soutenir une culture de tradition éprouvée pendant des siècles avant des grands tremblements de terre.

BIBLIOGRAPHIE

ALVAREZ, N. (2012, septembre). Tierra Efímera, sensibilisation au grand public. *Mémoire du Diplôme de Spécialisation et d'Approfondissement – Architecture de Terre Mention patrimoine d'École Nacional Superior d'Architecture de Grenoble*. Grenoble, Rhône-Alpes, France: CRAterre-ENSAG.

ANGER, R., & FONTAINE, L. (2009). *Bâtir en terre : du grain de sable à l'architecture*. Paris: Belin.

Benavides, A. (1988). *La arquitectura en el Virreinato del Perú y en la Capitanía General de Chile*. Santiago, Chile: Andrés Bello.

BLAITT, R. (2007). Una tradición constructiva del Norte Chico. (E. ARQ, Ed.) *ARQ*, 65, 20-21.

BLONDET, M., TORREALVA, D., & VARGAS, J. (2007). *Casas sismorresistentes y saludables de abode reforzado con geomallas*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

CAIMI, A. (2014). *Cultures constructives vernaculaires et résilience. Entre savoir, pratique et technique : appréhender le vernaculaire en tant que génie du lieu et génie parasinistre. Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université de Grenoble*. Grenoble: Unité de Recherche AE&CC, Laboratoire CRAterre - ENSAG.

CAIMI, A. (2015). *Assessing local building cultures for resilience & development*. Villefontaine: CRAterre Editions.

CATALDI, G. (1989). Attualità del primitivo e del tradizionale in architettura. In *Quaderni di studio sulle tipologie e sulla architettura delle origini*. Firenze: Alinea.

CHAZELLES, C.-A., KLEIN, A., & POUSTHOMIS, N. (2011). Les Cultures Constructives de la Brique Crue. *Échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue*. 3. Toulouse: Éditions d'Espérou.

CONCHA, M. (1871). *Crónica de La Serena*. La Serena.

Contreras, S., Bahamondez, M., Hurtado, M., Vargas, J., & Jorquera, N. (2011). La arquitectura en tierra frente al sismo: conclusiones y reflexiones tras el sismo en Chile del 27 de febrero de 2010. *Conserva* (16).

Contreras, S., Bahamondez, M., Hurtado, M., Vargas, J., & Silva, N. (2011). La arquitectura en tierra frente al sismo: conclusiones y reflexiones tras el sismo en Chile del 27 de febrero de 2010. *Conserva* (16).

CORREIA, M. (2014). *Versus. Lessons from vernacular heritage to sustainable architecture*. Grenoble: Éditions CRAterre /ESG / UNICA / UNIFI / UPV.

Correia, M. R., Lourenço, P. B., & Varum, H. (2015). *Seismic Retrofitting: Learning from Vernacular Architecture*. London: Taylor & Francis Group.

CORREIA, M., DIPASQUALE, Letizia, & MECCA, S. (2014). *Versus Heritage for Tomorrow. Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture*. Firenze: Firenze University Press, Università degli Studi di Firenze.

CORREIA, M., ORTEGA, J., & VASCONCELOS, G. (2015). Seismic-resistant building practices resulting from Local Seismic Culture. In CORREIA, LOURENÇO, & VARUM, *Seismic Retrofitting: Learning from Vernacular Architecture* (pp. 17-22). London: Taylor & Francis Group.

CORTÉS, M. (2016, Mayo 27). Adobe sísmico en Peñalolén. (A. RIVERA, & C. MUÑOZ, Interviewers)

CSN. (2010). *SISMICIDAD Y TERREMOTOS EN CHILE*. Centro de Sismología Nacional. Santiago: Universidad de Chile.

Darwin, C. (1859). *The Origin of Species by Means of Natural Selection*. London.

Dethier, J. (1986). *Architecture de terre ou l'avenir d'une tradition millénaire*. Paris: Edition du Centre George Pompidou.

DIPASQUALE, L., & MECCA, S. (2015). Local seismic culture in the Mediterranean region. In CORREIA, LOURENÇO, & VARUM, *Seismic Retrofitting: Learning from Vernacular Architecture* (pp. 67-76). London: Taylor & Francis Group.

Dipasquale, L., Mecca, S., Özel, B., & Kisa Ovali, P. (2014). Resilience of vernacular architecture. In M. Correia, L. Dipasquale, & S. Mecca, *VERSUS: HERITAGE FOR TOMORROW Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture* (pp. 65-73). Florence: Firenze University Press.

DIPASQUALE, L., OMAR SIDIK, D., & MECCA, S. (2014). Earthquake resistant systems. In M. Correia, L. Dipasquale, & S. Mecca, *VERSUS: HERITAGE FOR TOMORROW Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture* (pp. 233-239). Florence: Firenze University Press.

DOAT, P., HAYS, A., HOUBEN, H., MATUK, S., & VITOUX, F. (1979). *Construir en terre*. Grenoble: CRAterre.

Fathy, H. (1980, december 9). The Right Livelihood Award Acceptance Speech. *web*. Enskede, Sweden .

Fatty, H. (1973). *Architecture for the poor. An Experiment in Rural Egypt*. Chicago: University of Chicago.

Fernandes, M. (2012). ARCHITECTURE DE TERRE LA CONSERVATION ET L'AVENIR. In C. THEMA (Ed.), *Asamblea Nº 2, 2012. Documentation du patrimoine* (pp. 142-151). Bruxelles: ICOMOS.

FERRADA, K., & SEGOVIA, D. (2007). *Agua, Tierra y Paja. Construcciones de adobe en el Limarí*. Santiago: CNCA.

FERRIGNI, F. (1985). *La Cultura Sismica Locale*. Ravello: Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali.

FERRIGNI, F. (1997). *Local Seismic Culture, Ancient Buildings and Earthquakes*. European University, Centre and Council of Europe.

FERRIGNI, F. (2015). Vernacular architecture: A paradigm of the local seismic culture. In M. Correia, P. Lourenço, & H. Varum, *Seismic Retrofitting: Learning from Vernacular Architecture* (pp. 3-9). London: Taylor & Francis Group.

FERRIGNI, F., HELLY, B., Mendes Victor, L., PIEROTTI, P., RIDEAUD, A., & TEVES COSTA, P. (2005). *Ancient Buildings and Earthquakes. The Local Seismic Culture Approach: Principles, Methods, Pontentialities*. Ravello: EDIPUGLIA.

FREY, P. (2010). *Learning from Vernacular: Towards a New Vernacular Architecture*. Lausanne: Actes Sud.

GARNIER, P., MOLES, O., CAIMI, A., GANDREAU, D., & HOFMANN, M. (2011). *Aléas naturels, Catastrophes et Développement local*. Grenoble: CRAterre-ENSAG.

GIRIBAS, C., & RIVERA, A. (2016). *Exposición Arquitectura de tierra en Chile, adobe y más*. Retrieved 2016, from Escuela de Construcción en Tierra ECoT: <http://ecot.cl/adobe-y-mas-exposicion-en-alemania/>

GUERRERO, L. F. (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. *Apuntes*, 20, 182-201.

GUERRERO, L. F. (2014). *Reutilización del patrimonio edificado en adobe*. Xochimilco: Universidad Autónoma Metropolitana.

GUERRERO, L. F., & VARGAS, J. (2015). Local seismic culture in Latin America. In CORREIA, LOURENÇO, & VARUM, *Seismic Retrofitting: Learning from Vernacular Architecture* (pp. 61-66). London: Taylor & Francis Group.

GUILLAUD, H. (2014). Socio-cultural sustainability in vernacular architecture. In M. Correia, L. Dipasquale, & S. Mecca, *VERSUS: HERITAGE FOR TOMORROW Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture* (pp. 49-55). Florence: Firenze University Press.

Guillaud, H., & Houben, H. (1989). *Traité de construction en terre*. Parigi: Editeur Parentheses.

Guzmán, P. (Writer), & Guzmán, P. (Director). (2015). *El botón de Nácar* [Motion Picture].

HAU ESPINOSA, S. (2012). *Réflexions sur la conservation du patrimoine culturel en adobe et sa vulnérabilité sismique Le cas du patrimoine religieuse en adobe au Chili*. Grenoble: CRAterre-ESAG.

HOFMANN, M. (2015). *Le facteur séisme dans l'architecture vernaculaire. Un décryptage entre déterminants culturels, typologies structurelles et ressources cognitives parasismiques*. Lausanne: Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

Hosta, J., Caimi, A., Ferreira Mendes, M., Le Gall, O., Garnier, P., & Moles, O. (2016). Assessment Tools for Local Building Cultures: A Case Study in Nepal. *International Conference on Earthquake Engineering and Post Disaster Reconstruction Planning* (pp. 57-67). Bhaktapur: Khwopa Engineering College & Khwopa College of Engineering.

ICOMOS. (1999). *CHARTER ON THE BUILT VERNACULAR HERITAGE. Ratified by the ICOMOS 12th General Assembly, in Mexico, October 1999*. ICOMOS, Mexico.

ICOMOS. (2010). DECLARACIÓN DE LIMA PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DEL PATRIMONIO CULTURAL. *INTERNATIONAL SYMPOSIUM 2010 ICOMOS*. Lima: ICOMOS.

JORQUERA, N. (2011). LOS DAÑOS AL PATRIMONIO CONSTRUIDO EN TIERRA LUEGO DEL TERREMOTO DE CHILE 2010. MITOS Y VERDADES DEL COMPORTAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE TIERRA. *Cátedra. La Arqui-*

tectura construida en Tierra. Tradición e Innovación (pp. 121-130). VILLANUEVA: ETS Universidad de Valladolid.

JORQUERA, N. (2012). *Culture costruttive in terra e rischio sismico. Conoscenza delle architetture cilene e valutazione della loro vulnerabilità al sisma*. Firenze: Università degli di Firenze Italia.

JORQUERA, N. (2013). Chilean earthen building cultures. Local strategies of environmental adaptation. *Proceedings Earth USA 2013*, (pp. 102-107). Santa Fe.

JORQUERA, N. (2013). El patrimonio vernacular, fuente de saberes tecnológicos y de sostenibilidad. *Taller Sur congress proceedings*. Valdivia: CORDERO.

JORQUERA, N. (2013). Patrimonio industrial en tierra cruda: la salitrera de María Elena, un modelo constructivo mixto. *digitAR - Digital Journal of Archaeology, Architecture and Arts* (1).

JORQUERA, N. (2013). PATRIMONIO INDUSTRIAL EN TIERRA CRUDA: LA SALITRERA DE MARÍA ELENA, UN MODELO CONSTRUCTIVO MIXTO. *digitAR* (1), 22-31.

JORQUERA, N. (2014). Aprendiendo del Patrimonio Vernáculo: tradición e innovación en el uso de la quincha en la Arquitectura Chilena. *De Arquitectura* (29), 4-11.

JORQUERA, N. (2014). Culturas constructivas que conforman el patrimonio chileno construido en tierra. *AUS* (16), 30-35.

JORQUERA, N. (2014). Estrategias vernaculares de sismorresistencia del patrimonio arquitectónico chileno. (H. Ascui, Ed.) *Arquitecturas del Sur*, XXXII (46), 18-29.

JORQUERA, N. (2016). El uso de la tierra en ámbito urbano y sísmico. El caso de la arquitectura tradicional de Santiago de Chile. *2do ENACOT 2016*. Santiago: Universidad de Santiago de Chile.

JORQUERA, N., & BAGLIONI, E. (2011). Cobquecura, a particular Chilean earthen town. The heritage values and the damage from Chilean 2010 earthquake. In Q. WILSON (Ed.), *Earth USA Proceedings*, (pp. 190-199). Santa Fe.

JORQUERA, N., & PEREIRA, H. (2015). Case study: Vernacular seismic culture in Chile. In Correia, Lourenço, & Varum, *Seismic Retrofitting: Learning from Vernacular Architecture* (pp. 105-106). London: Taylor & Francis Group.

LACOSTE, P., PREMAT, E., CASTRO, A., SOTO, N., & ARANDA, M. (2012). Tapias y tapiales en Cuyo y Chile (Siglos XVI-XIX. *Apuntes*, 25 (2), 182-199.

LANGENBACH, R. (2015). The earthquake resistant vernacular architecture in the Himalayas. In CORREIA, LOURENÇO, & VARUM, *Seismic Retrofitting: Learning from vernacular Architecture* (pp. 83-92). London: Taylor & Francis Group.

LEMARQUIS, A., & RIVERA, A. (2014). Escuela de Construcción en Tierra ECoT. Traspasando y creando conocimientos en tierra. In N. JORQUERA, & H. PEREIRA (Ed.), *Actas del 1er Encuentro Nacional de Arquitectura y Construcción con Tierra* (pp. 90-95). Santiago: Facultad de Arquitectura y Urbanismos de la Universidad de Chile.

Maestro, G., & Carmen. (2014). *CASONA DE CHANCO*. Valencia: Laboratorio Hilberseimer, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia.

MARIÁNGEL, P., & VEGA, M. E. (2013). *Entre gredas y adobes*. Concepción, Chile: CETSUR.

MAY, J. (2010). *Casa hechas a Mano y otros edificios tradicionales*. Blume.

Milton, K. (1996). *Environmentalism and Cultural Theory: Exploring the Role of Anthropology in Environmental Discourse*. London: Routledge.

MINVU. (2013). *Norma Técnica Minvu 002*. Santiago: Minvu.

MORGADO, P., & SEGUEL, L. (2016). Sincretismo cultural constructivo en la arquitectura de tierra de Cobquecura. *2do ENACOT 2016*. Santiago: Universidad de Santiago de Chile.

MUÑOZ, C., RIVERA, A. (Writers), MUÑOZ, C., & RIVERA, A. (Directors). (2012). *EL ADOBE video educativo* [Motion Picture]. Chile.

NORIEGA, G. F., & VAUZELLE, D. (2014). *JEUX d'adobes une pédagogie autour de la brique de terre crue*. Grenoble: ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE GRENOBLE.

OLIVER, P. (1969). *Shelter and Society*. Londres: Barrie & Rockliff: the Cresset Press.

OLIVER, P. (1997). *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Cambridge: University Press.

OLIVER, P. (2003). *Dwellings*. (A. Rivera, Trans.) London: Phaidon.

OLIVER, P. (2006). *Built to Meet Needs Cultural Issues in Vernacular Architecture*. Oxford: Architectural Press.

PIEROTTI, P., & ULIVIERI, D. (1998). *Le culture sismiche locali*.

RAPOPORT, A. (1969). *House Form and Culture*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

RAPOPORT, A. (1976). *The mutual interaction of people and their built environment : a cross-cultural perspective*. The Hague: Mouton.

RAPOPORT, A. (2003). *CULTURA, ARQUITECTURA Y DISEÑO*. Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya.

RIVERA, A. (2009). *ANCESTRAL CITIES ANCESTRAS SUSTAINABILITY Cases in undeveloped countries still living vernacular architecture*. RIBA Norman

Foster Travelling Scholarship. London: RIBA.

RIVERA, A. (2010). *Asentamientos Ancestrales Sustentabilida Ancestral, bitácora de viaje*. Concepción: Universidad del Bío-Bío.

RIVERA, J. C. (2012). El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales. *Apuntes* , 25 (2), 164-181.

RUDOFISKY, B. (1973). *Arquitectura sin arquitectos: breve introducción a laarquitectura sin genealogía*. Buenos Aires: Eudeba.

RUDOFISKY, B. (1984). *Constructores prodigiosos: apuntes sobre una historia natural de la arquitectura con especial atención a aquellas especies que tradicionalmente son relegadas o de plano ignoradas*. Mexico: Concepto.

VELLINGA, M. (2011). The end of the vernacular. Anthropology and the Architecture od the Other. *Etnofoor* , 23, 171-192.

VELLINGA, M. (2015). Vernacular Architecture and sustainability: Two or three lessons... In Mileto, Vegas, G. Soriano, & Cristini, *Vernacular Architecture: Toward a Sustainable Future* (pp. 3-8). London: Taylor & Francis Group.

WAFER, R.-P. (2010). *L'ADOBE, UNE SOLUTION DURABLE POUR LA CONSTRUCTION D'HABITATIONS ÉCOLOGIQUES DANS UNE ZONE À FORTE ACTIVITÉ SISMIQUE COMME LE CHILI*. SHERBROOKE: CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE.

YAMÍN, L., PHILLIPS, C., REYES, J. C., & RUIZ, D. (2007). Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. *Apuntes* , 20, 286-303.

« [La] tradition joue un rôle créatif important, car il est seulement par tradition, respectant et en développant le travail des générations passées, que chaque nouvelle génération peut faire des progrès positifs en vue de résoudre un problème »

Hassan Fatty, 1973

ANNEXES: DES ACTIVITES PARALLÈLES ET COMPLÉMENTAIRES, LE CHEMIN POUR L'ADOBE SISMIQUE CHILIEN

Tremblement de terre de 2010 : l'adobe et les séismes

Le séisme de 2010 a été le plus grand tremblement de terre qui a frappé le centre du Chili après 25 ans. La plus forte densité de population et la concentration du pouvoir productif, économique et politique dans le pays devrait se rappeler que cette zone est située sur des plaques se rencontrant et du sol qui se déplace.

Pour les autorités et les habitants du territoire, et également beaucoup de professionnels, l'adobe est apparu par dessous des épais enduits de ciment et les bâtiments ont manifesté leur réalité constructive : la terre, et surtout : l'adobe.

C'est dans ce contexte que nous nous sommes rendus dans le territoire sinistrée et en même temps une approche de la matière a commencé avec une série d'actions de sensibilisation et de formation des communautés touchées et mêmes dans les universités. Il s'agissait également du meilleur contexte pour apprendre, pour connaître des constructions en adobes du pays, connaître les failles, les faiblesses, les types de dommages et surtout ses énormes forteresses.

Formations

En collaboration avec l'architecte Marcelo Cortes, la Fondation Jofré et l'Université du Bío Bío, nous avons commencé une série de sessions de formation dans les zones touchées d'intérêt patrimonial avec des bâtiments en adobe et à la fois près de l'épicentre du tremblement de terre. Nous nous concentrons les efforts dans deux endroits : Cobquecura et Vichuquén. Ces deux expériences ont été très différentes.

A Cobquecura est s'assisté principalement par un intérêt de l'université, son intérêt patrimonial (Zona típica⁴³) et sa proximité de l'épicentre.

Il s'a appelé les enseignants et les autorités, ils ont réussi à obtenir un bâtiment à intervenir, ont été appelés étudiants de la même université et deux ateliers ont été organisés pour apprendre sur la réparation des bâtiments d'adobe.

En Vichuquén, par contre, ce sont les voisins qui se sont organisés et ont appelé des « experts ». Ils ont obtenu les ressources, les infrastructures, ont convoqué les autorités, les professionnels locaux et surtout les maçons.

La première expérience (de Cobquecura) n'a pas avancé, la graine ne peut germer dans la terre sans être fécondée. Cependant, la seconde (Vichuquén) a été le point de départ de l'un des procédés les plus réussis de la reconstruction après le tremblement de terre de 2010.

Vichuquén. Tous les constructeurs du village et les professionnels de la quasi-totalité de la région ont assisté. La formation a été réalisée en trois étapes. La première était l'évaluation globale des maisons endommagées, avec la visite du village, des conférences, des expositions et des évaluations collectives des dommages. La deuxième étape était la réparation d'un bâtiment où ont été faites des injections de terre dans les fissures, l'installation des mailles électro soudées et une couche de base en terre. La troisième étape était de donner une valeur à la terre locale et sa diversité chromatique. De la terre locale a été récoltée et ils ont appris à faire des finitions fines en terre. A l'issue de ce processus qui a duré cinq mois, tous les participants ont été certifiés par l'Université des compétences acquises et l'une des premières représentations du spectacle *Tierra Efímera* a clôt cette formation le jour du patrimoine culturel du Chili.

43 *Zona típica* - quartier typique - est une dénomination de protections du patrimoine par la loi de monument et implémenté par le Conseilles de Monuments Nationaux (CMN) du Ministère d'Education.



Sensibilisation

En plus des formations, des stratégies différentes ont été mises en œuvre pour faire de la sensibilisation autour de la terre et mettre en valeur la construction en adobe.

Des formations basiques pour évaluer des dommages dans des bâtiments en adobe ont été faites, et les gens ont visité le village patrimonial en adobe de Rere pour l'évaluation.

En Juin de la même année, après le tremblement de terre, a eu lieu le premier atelier de finitions et la première fresque de terre dans l'université, pour faire en sorte que la matière terre entre dans le domaine universitaire.

La fresque *Manque* de la Villa Grimaldi où le collectif *Terrón* est né avec sa première intervention urbaine en terre a été réalisée.

L'année suivante a été organisé le 1er Salon des Technologies de Construction en Terre qui a présenté de nombreuses expériences d'architectes et de constructeurs en terre, que cela concerne l'architecture traditionnelle, la restauration ou l'architecture contemporaine. Ce salon a généré une exposition de deux semaines, de nombreuses conférences et tables rondes, auxquelles ont assistés des professionnels étrangers et des autorités nationales du logement qu'ils devraient prendre des décisions sur la reconstruction.





EL ADOBE vidéo éducative

Après différents ateliers de formation aux maçons et professionnels dans différents contextes sur diverses techniques (travaux nouveaux, les réparations, les évaluations, etc.), nous avons constaté l'incapacité d'atteindre tous les endroits nécessaires dans le temps nécessaire. Nous voyons l'absence des informations nécessaires sur les interventions dans les bâtiments en terre et surtout en adobe. Il est après beaucoup d'apprendre et de travailler, nous avons décidé de créer un outil pédagogique qui transcende notre travail physique, donc la vidéo éducative EL ADOBE est née pour atteindre tous des endroits où on n'a pas eu ; d'une façon pédagogique, simple et directe. Il est construit à travers l'expérience des constructeurs traditionnels et contemporains, où le savoir ancestral et des moyens contemporains et sûres pour intervenir patrimoine est mis en valeur.

Pour ce faire il était impératif d'apprendre plus sur l'adobe, sur sa logique structurelle et nous devrions explorer d'autres territoires, l'enregistrement des stratégies et connaître les techniques de construction. Il est important de décomposer chaque procédure de construction pour relier facilement. Il est dit que la dernière étape de l'apprentissage est d'enseigner, nous devrions aller voir la construction d'adobe pour la transférer dans un langage simple, de fois des enseignants qui sont seulement dans les bâtiments.

Ce travail a été fait en collaboration avec un professeur spécialiste de l'audiovisuel Cristian Muñoz, des conseils constants de l'architecte et constructeur Marcelo Cortes et des suggestions de l'Ingénieur Gerardo Fercovic.

Page précédant en haut, atelier des enduit terre dans le cadre du 1er Salon des Technologies de Construction en Terre à Santiago, 2011.
Page précédant en bas, fresque de terre fait au département de construction dans l'université du Bío-Bío

En haut, formation de maison pour construire de maison nouveaux en terre dans le cadre de la reconstruction d'une zone traditionnel de Santa Cruz (région du Maule)
En bas, plusieurs copies de la vidéo éducative EL ADOBE à être distribué.

Escuela de Construcción en Tierra

L'idée du développement de la vidéo éducative vient de la nécessité de transmettre des savoirs ancestraux de façon permanente. Il s'agit de sauvegarder la connaissance de la construction en terre et de l'offrir au plus large public possible. Toutes ces connaissances que nous avons ignorées dans la connaissance formelle il était nécessaire de les divulguer. Ainsi, il est né à l'initiative de l'École de la Construction en Terres ECoT, qui, avec l'architecte français Anne Lemarquis a commencé comme la première initiative éducative nationale dédiée à la terre, une institution qui est devenue aujourd'hui une référence, qui a développé des initiatives l'éducation dans diverses universités du pays, a collaboré dans les bâtiments neufs et patrimoniaux, il a formé des maçons, des professionnels et a fait partie d'une série d'initiatives au niveau national, parmi lesquels l'13^e SIA-COT 2013, le 1^{er} ENACOT 2014 et 2^e ENACOT 2016.



Des activités de formation dans l'école de construction en terre ECoT. Formation enduit terre et chaux à Chanco, fresque en terre dans le cadre du 2eme ENACOT à Santiago, formation de construction en adobe, élaboration du mélange pour les adobes, des étudiants en faisant l'exercice Carazas.



EL ADOBE la vidéo documentaire des cultures constructives

Au début du travail de mémoire, j'avais prévu de réaliser une vidéo documentaire comme l'œuvre centrale, qui devait commencer dès le début du mémoire et être au centre du processus d'étude, en étant l'outil privilégié de l'accomplissement du travail.

Toutes les visites de terrain et d'innombrables entretiens avec différents acteurs de la construction en terre traditionnelle et contemporaine dans presque tout le territoire national ont été enregistrées, ainsi que le cumul des matériels d'étude de l'adobe du désert à la Patagonie. Cependant, il n'a pas pu établir les bases de linéaments aux bons moments pour le développement d'un matériau de qualité suffisante pour avoir un produit prêt à être exposé dans le cadre de la soutenance du mémoire. Mais d'autre part, il ouvre une porte à un projet qui sera mis en œuvre à court ou à moyen terme.

On pourrait dire que l'appréciation du exprimé dans ce document va tenter de traduire à travers l'histoire des acteurs adobe construction chili dans un documentaire vidéo.





www.amandarivera.cl

