



HAL
open science

Une approche prospective du pisé

Quentin Chansavang, Hugo Gasnier

► **To cite this version:**

Quentin Chansavang, Hugo Gasnier. Une approche prospective du pisé. Architecture, aménagement de l'espace. 2012. dumas-02006216

HAL Id: dumas-02006216

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02006216>

Submitted on 4 Feb 2019

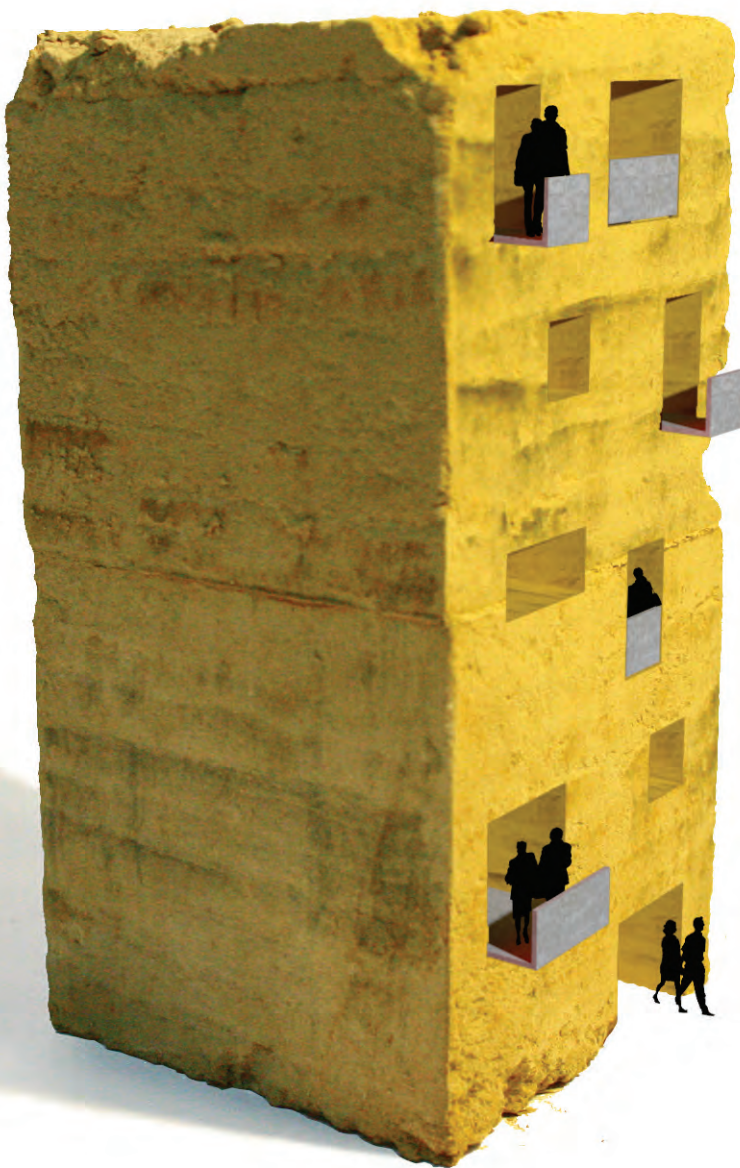
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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.

école nationale supérieure d'architecture de grenoble

Quentin Chansavang + Hugo Gasnier \\\ architectes

Une approche prospective du pisé



Nous remercions :

L'ensemble de l'équipe du CRAterre pour leur enseignement, et la disponibilité dont ils ont toujours su faire preuve. Nous tenons à remercier tout particulièrement Patrice Doat de nous avoir dès notre première année fait entrer dans ce monde de la terre par son enseignement, et de nous avoir transmis sa curiosité et sa manière de penser pendant huit ans. Nous n'oublions pas Jean-Marie Le Tiec pour son aide précieuse et son soutien pour tous nos travaux, Anne-Monique Bardagot pour nous avoir suivi et aidé depuis nos études d'architecture sur notre production écrite et particulièrement pour la rédaction de ce mémoire, ainsi que dans la mise en place de l'enseignement en Master 1 ; nous remercions Romain Anger, Laëtitia Fontaine et Alba Rivero Olmos de nous avoir distillé leur savoir scientifique sur la matière depuis plusieurs années. Nous remercions aussi Arnaud Misse pour son aide, notamment pour les illustrations de ce mémoire, mais aussi l'ensemble des documents que nous avons réalisés.

Nos camarades et futurs confrères de DSA pour l'ambiance et l'échange au sein de la promotion, et particulier Juliette Goudy et Marc Auzet avec qui nous partageons déjà le Solar Decathlon, l'amour de la Chine et du pisé.

L'équipe pédagogique AE&CC, pour nous avoir inculqué les notions de cultures constructives à travers la propédeutique matériaux nous ayant entraînés dans ce DSA, et Pascal Rollet pour son engagement et son courage dans la pédagogie, qui nous ont permis de notamment de participer au Solar Decathlon qui a été un moment fort de notre formation et de notre vie.

Nos compagnons du Solar Decathlon, confrères et amis Cédric, Grégory, Maxime et Olivier pour leur soutien dans la vie privée comme professionnelle.

L'université de XI'AN pour nous avoir accueillies, Mu Jun pour son amitié, sa vision sociale de l'architecture et l'opportunité de découvrir et de travailler en Chine qu'il nous à offert.

BaseHabitat, en particulier Martin Rauch pour sa connaissance du matériau et ses précieux conseils, Anna Heringer pour son esprit communicatif et son approche sensible d'une architecture proche de l'homme, et Dominique Gauzin-Müller pour ce qu'elle nous a inspiré à travers ses ouvrages, et pour sa disponibilité, ses encouragements et sa sympathie.

Mais nous n'oublions pas Alice, Alireza, Carolina, Cornelia, Dominik, Espen, Franco, Franz, Johanne, Hannes, Laurence, Ligia, Nikolina, Pouya, Rasmus, Sascha, Sophie, Sourabh, Sulava, Hiep, Ulli, Urs, Valentin et Zoona qui nous ont fait vivre un merveilleux workshop, tant sur le plan pédagogique que humain.

Adrien, Anthony, Armand, Catherine, Cécile, Céline, Dora, Dorian, Élodie, J-B, Julie, Julien, Keven, Lilian, Maëva, Marcel, Matthieu, Mélody, Morgane, Rachel, Ummuhan, Victoria et Yohan pour leur dévouement physique et mental, leurs qualités d'architectes, et parce qu'ils ont été « excessivement » sympathiques pour la conception et la construction de la cuisine d'été des Grands Ateliers de l'Isle D'abeau.

A Brussels Cooperation pour l'organisation du Workshop en Belgique. En particulier Ken De Cooman pour son amitié, son énergie qui l'a mené à porter le projet de la maison de chasse en Belgique, grâce à l'aide de Seba et Nicolas.

Nous remercions aussi Adam, Alex, Alice de nouveau, Alice Vaillant, Anthony, Arthur, Carole, Cécile, Cleo, Delphine, Dominik encore, Dora, Etienne, Eveline, Kinder, Fra, Freek, Jasper, Jurgen, Kaat, Koen, Marie-Laure, Marielle, Michal, Paulo, Peter, Philip, Saci, Sophie, Tom et Vale, encore.

L'équipe D'exNdo pour leur accueil lors du stage, Thomas Jusselme pour avoir été un maître de stage patient, et son regard lucide sur les questions énergétiques.

*Flore, Alice et Delphine pour leur aide lors de la construction de la cabane de lecture.
Sheryne pour son aide et ses idées précieuses sur la relation au territoire et au paysage.
Julie pour nous avoir aidés pour L'ATEX et l'implantation de la cuisine d'été.*

Nos familles et nos amis pour leur soutien et pour nous avoir suivis.

Enfin, nous nous remercions mutuellement pour nous être supportés depuis maintenant huit ans, et pour les années à venir.



école nationale
supérieure
d'architecture
de grenoble



Quentin Chansavang + Hugo Gasnier \\\ architectes
Une approche prospective du
pisé

Mémoire du Diplôme de Spécialisation et d'Approfondissement – Architecture de Terre 2010 - 2012

Jury

Directeur d'études

Patrice Doat, architecte, conseiller scientifique au laboratoire CRATERRE-ENSAG, professeur à l'ENSAG ;

Personnalité extérieure invitée

Frédéric Moy, architecte, gérant de la société Heliopsis ;

Enseignants à l'ENSAG et équipe pédagogique du DSA-Terre

Hubert Guillaud, architecte, CEAA-Terre, directeur scientifique du laboratoire CRATERRE-ENSAG, professeur à l'ENSAG ;

Jean-Marie Le Tiec, architecte, DSA-Terre, chargé de recherche, CRATERRE-ENSAG ;

Romain Anger, Docteur, ingénieur, DPEA-Terre, chargé de recherche, CRATERRE-ENSAG.

Sommaire

Introduction	7	Évolution de la pensée technique et architecturale	113
Connaissance scientifique de la matière	9	La pensée technique	114
Première approche de la terre	10	Les outils	114
À l'école	10	La production de la matière première	116
L'approche scientifique	12	Stratégie de production nationale	118
La formation du DSA	12	Thermique	120
La matière en grains	13	La pensée architecturale	122
Les argiles comme liant	15	La relation homme, site, territoire	122
Densifier la matière	16	Législation	124
Reformuler	17	Valoriser les savoirs	126
Mise à l'épreuve d'un savoir-faire scientifique pour l'architecture	19	L'éloge de la simplicité	130
Carte des projets	20	Rencontres et influences	132
Chronologie	22	Martin Rauch	133
Solar Decathlon Mardid, Espagne.	24	Anna Heringer	134
Earthworks Gmunden, Autriche.	32	Mu Jun	135
300\$ house Villefontaine, France.	46	Le Tiec et Misse	136
Earth School XI'AN, Chine.	54	Ken De Cooman	137
Pedothèque Orléans, France.	72	Romain Anger & Laëtitia Fontaine	138
Maison individuelle Australie.	80	Dominique Gauzin-Müller	139
Maison de chasse Aalst, Belgique.	82	Heliopsis	140
Cabane de lecture Muttersholtz, France.	90	Caracol	141
Cuisine d'été Villefontaine, France.	98	Naoki Kusumi	142
Desert Dream Far West, USA.	106	Patrice Doat	143
Quelques chiffres	110	Conclusion	145

Ce mémoire présente une réflexion sur l'évolution de la conception architecturale et de la construction de bâtiments en pisé. Il repose sur plusieurs expériences de chantiers où nous avons constaté qu'à travers une bonne connaissance de la matière en grains et des techniques de mise en œuvre du pisé il est possible de faire du pisé à partir de n'importe quelle terre prise sur le terrain d'implantation du projet.

De même nos expériences de chantiers décrites dans notre mémoire nous confortent dans l'idée, qui nous a été inculquée pendant notre passage dans le master AE&CC de l'ENSAG, que la pratique de la construction en pisé permet de mieux appréhender la conception architecturale.

Aujourd'hui, le transfert des connaissances se développe à une échelle internationale. Cependant, chaque région du monde conserve ses spécificités culturelles, géographiques, climatiques ou encore économiques. Si aujourd'hui la production de l'habitat tend à s'internationaliser, en ignorant les qualités locales de chaque lieu, mais en favorisant un système unique qui connaît ses limites. Ce système est principalement basé sur l'utilisation du béton considéré comme un matériau symbole de modernité ou de richesse dans des régions du monde qui pourtant possèdent encore des cultures constructives locales.

Aujourd'hui, avec la prise de conscience concernant les enjeux environnementaux dans le domaine de la construction, le choix des matériaux prend une place prépondérante. En effet, dans la course aux différentes normes et labels environnementaux, les bilans carbone et énergie grise sont des enjeux pour demain. C'est au travers de ces bilans que les matériaux vont être valorisés, et que l'on peut comparer l'énergie nécessaire à la production d'un ciment et celle nécessaire pour simplement extraire de la terre, ainsi que l'impact que représente le recyclage de ces matériaux.

La matière terre omniprésente sur notre planète représente à coup sûr une alternative à la généralisation de l'utilisation des liants hydrauliques. Elle peut être considérée comme un matériau disponible partout (et sous nos pieds), mais c'est aussi un matériau local puisqu'on peut trouver différentes terres et techniques de construction. À l'échelle de la planète il s'agit du matériau qui possède le meilleur bilan énergie grise puisqu'il peut être récolté sur site en limitant le transport, pour être mis en œuvre directement.

Traditionnellement, les habitants construisaient en pisé dans les régions où la terre du sol a naturellement la bonne composition. Mais pouvons nous construire en pisé en dehors de ces régions ? La technique du pisé doit-elle rester localisée sur les territoires où la terre est considérée comme bonne à construire ?



Introduction

Nous nous sommes posé cette question après nous être imprégnés des recherches sur la matière en grains menées par Romain Anger et Laetitia Fontaine. Au travers de l'exposition intitulée « Grains de bâtisseurs », ils ont mis à disposition du grand public leurs connaissances sur le sujet, issues de plusieurs années de recherche. C'est en partant de ces données que l'on peut envisager différemment la construction en terre et notamment la technique du pisé. En partant de la connaissance de cette matière première on peut réinterpréter et remettre en question l'usage du pisé généralement limité aux régions où la terre est « bonne à piser ». On se rend compte que l'étude scientifique à une petite échelle (celle de la matière) peut avoir une influence considérable à l'échelle de l'architecture et même du territoire.

C'est d'ailleurs dans cette optique qu'une démarche proche d'une Recherche & Développement, accompagnée d'activités de transmission de connaissances sur la matière, est mise en place l'Atelier Matière A Construire (AMACO), qui laisse augurer de belles perspectives en terme d'innovation et de diffusion des savoirs.

En tant qu'architectes, nous nous sommes attelés à mettre à l'épreuve les résultats de ces recherches scientifiques à l'échelle de la construction. Le chantier est l'endroit propice à cette mise à l'épreuve, car les données obtenues par les recherches peuvent s'avérer plus ou moins pertinentes, voire utiles à la construction.

De plus, le chantier permet par la suite de faire un retour sur ces informations scientifiques appliquées directement à la construction. Un processus d'aller et retour sert ainsi à préciser et affiner la connaissance de la matière terre alors mise en œuvre.

Mais le chantier est aussi un lieu de pédagogie. Ce que l'on peut appeler « chantier école » est à notre avis un très bon moyen de transmettre un savoir ou un savoir-faire, mais aussi de mieux appréhender le matériau dans le cadre d'une expérimentation. Cette appréhension du matériau par le « faire » permet à l'architecte de choisir un ou des matériau(x)

en bonne « intelligence constructive » et au service du projet architectural.

Dans la continuité de notre formation d'architecte à l'école de Grenoble et notamment au sein du Master Architecture Environnement & Cultures Constructives, ces deux années de DSA (d'apprentissage, d'expérience et de pratique) nous ont amené à poser l'hypothèse : les progrès réalisés dans la connaissance de la matière terre permettent d'envisager son usage de nouvelles façons et c'est en partant de ces nouveaux usages du matériau que l'on peut développer une architecture durable contemporaine.

Dans un premier temps, nous ferons état des connaissances actuelles sur la matière terre pouvant avoir une influence sur la manière d'envisager la conception et la construction en pisé. Ces connaissances vont nous permettre de nous poser la question de comment peut évoluer la technique du pisé. Puis, à travers les différentes missions réalisées pendant ces deux années d'études, nous montrerons comment nous avons mis à l'épreuve ce savoir-faire scientifique récemment développé et approfondi. Enfin, au-delà du retour après chantier, nous discuterons des différentes évolutions possibles pour la pensée technique mais aussi architecturale de la construction en pisé.



Connaissance scientifique de la matière

Le Traité de la construction en terre qui a été édité pour la première fois en 1989 fait état des différentes techniques de construction en terre, et des terres qui s'y rapportent. On y retrouve la pensée selon laquelle on peut construire en terre partout, mais qu'à chaque terre et chaque contexte sa technique de construction. Ce n'est que treize ans plus tard que des ingénieurs (Romain Anger et Laëticia Fontaine) se sont intéressés à la terre en tant que matériau de construction, à l'échelle de la matière. En tant qu'architecte, notre première approche du matériau relevait plutôt du sensible et de l'esthétique. Les qualités que nous leur attribuons correspondent à une esthétique de surface, l'épaisseur des murs, l'acoustique, la lumière, ou encore la thermique.

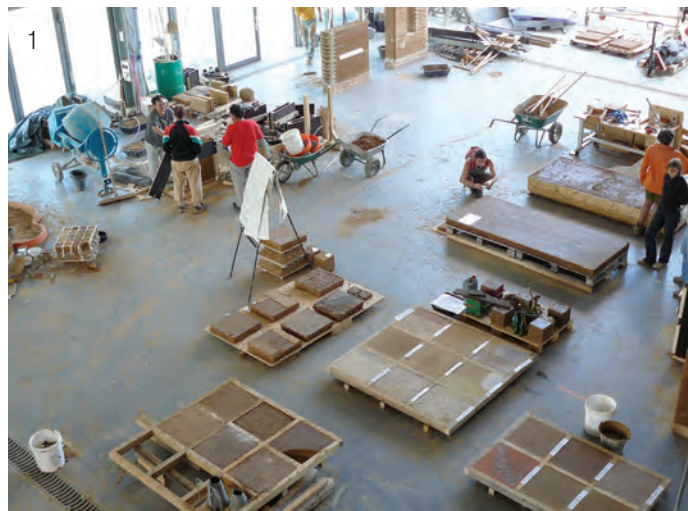
* Première approche de la terre

▼ A l'école

Dès notre arrivée à l'école d'architecture, nous avons été baignés dans l'architecture de terre, notamment grâce à l'enseignement de Patrice Doat en première année, qui a pour habitude de faire intervenir des étudiants d'années supérieures, en particulier les étudiants du DSA Architecture de Terre. Avec les différents Festivals Grains d'Isère, nous avons pu apprécier les différentes qualités de la terre crue mise en œuvre.

Aujourd'hui, nous savons qu'il existe une multitude de formes que peut prendre la terre crue selon la technique de mise en œuvre et la qualité de la terre.

Toujours en tant qu'architectes, mais à une échelle plus large que la finition, l'aspect qui nous a séduit est la poétique de la terre, l'idée que le mur est réellement la continuité du sol, dans sa couleur, sa texture, son odeur. Le bâti montre clairement que la terre située sous nos pieds est utilisée pour construire. D'un point de vue plus constructif, la terre est un matériau qui subit peu de transformation, d'autant plus qu'il s'agit d'une transformation que l'on contrôle complètement sans se soucier de la provenance d'adjuvants ou autre, contrairement à l'acier, le béton, la brique cuite, et même le bois. Ces matériaux plus ou moins écologiques sont tous produits par des industries, ce qui nous oblige à croire le producteur quant à la provenance de leurs composants.



1 / Ensemble des ateliers du Festival Grains d'Isère 2009.

2 / Pisé.

3 / Bauge texturé avec un textile.

4 / Terre coulée lissée.

5 / Accorche d'enduit japonais.

6 / Terre / chanvre coulé.

7 / Enduit terre / chanvre.

8 / Terre lavée.

9 / Coupole en terre cuite .



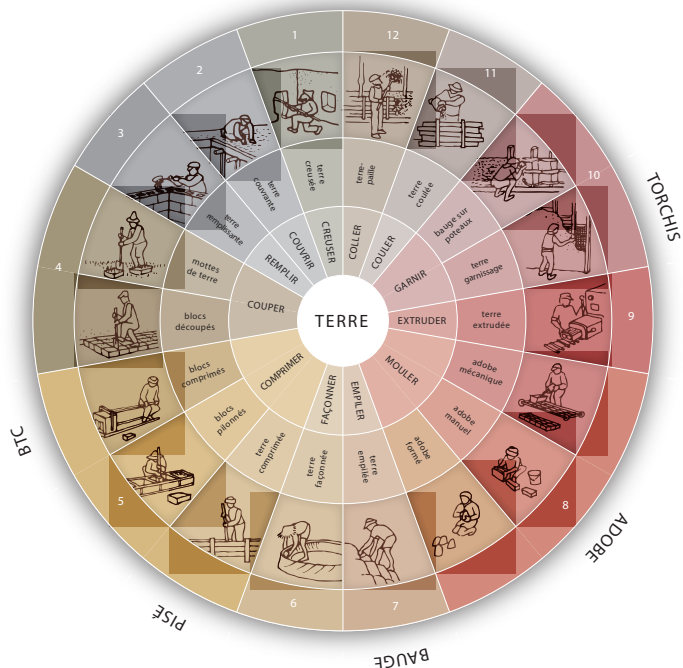
* L'approche scientifique

▼ La formation du DSA

Si nous avons abordé l'aspect technique de la terre à travers le Solar Decathlon pour notre Projet de Fin d'Etudes en architecture, nous avons réellement été formés pendant cette première année de DSA sur les qualités et le comportement de la matière terre. Les tests de terrain et de laboratoire mais aussi et surtout les cours de Romain Anger et Laëtitia Fontaine intitulés « la terre, matière première ».

Avant toute chose, la donnée essentielle enseignée est la correspondance entre une qualité de sol avec une technique de construction. Ajouté à cela vient l'état de la matière terre en fonction de la technique. A ce moment là on comprend clairement à quel point la construction en terre est liée à la culture et l'environnement local. En reprenant le diagramme ci-contre (cf. roue des techniques) on voit qu'on ne peut pas construire en adobe ou en bauge dans une région aride, et qu'on ne pourra pas construire en pisé si le sol est uniquement composé de fines. On tire ces conclusions du Traité de la construction en terre qui résulte d'une étude approfondie du patrimoine du bâti en terre de toute la planète. Mais le savoir scientifique sur la matière terre plus récemment développé est venu modérer ces propos.

1 / Terre creusée ; 2 / Remplissage ; 3 / Adobe ; 4 / Terre empilée ;
5 / Pisé 6 / Enduit ; 7 / BTC ; 8 / Torchi.



Roue des technique : **bâtir en terre**, Romain Anger et Laëtita Fontaine, éditions Belin, 2009.

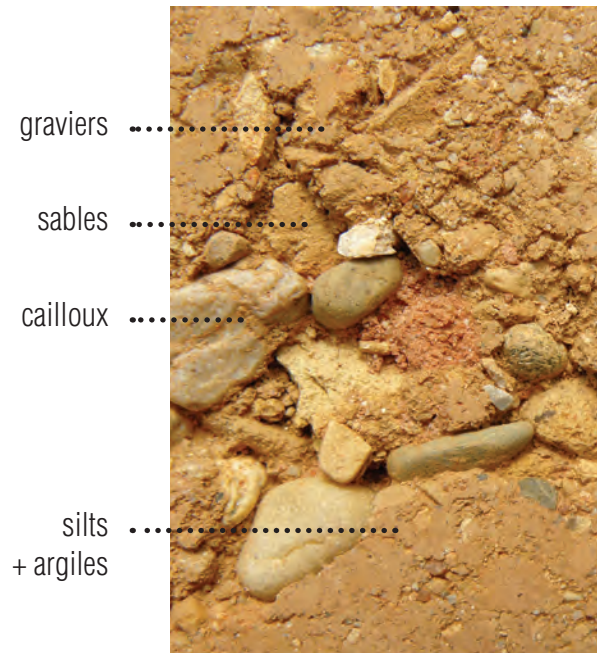


C'est ce qui fait l'objet de la partie scientifique des cours de DSA. Ces cours ont été dispensés dans un ordre précis qui permet de comprendre la matière terre de manière scientifique, mais compréhensible par tous.

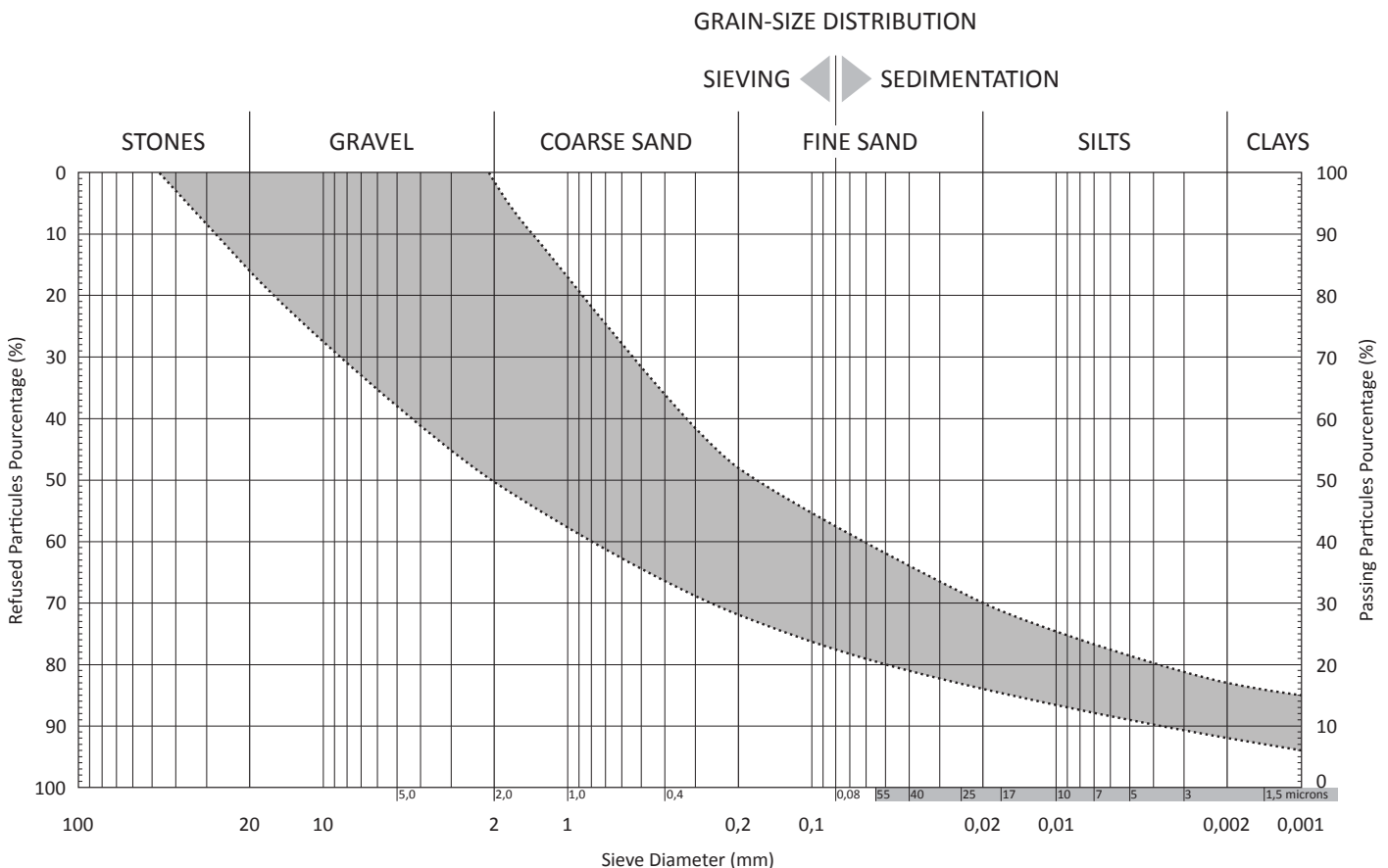
▼ La matière en grains

Il est important de comprendre que la matière terre est composée de grains de tailles différentes, et nommés en conséquence : cailloux, graviers, sables, silts et argiles. Les différents ateliers montrent très simplement comment le mélange de grains de tailles différentes est plus dense que le mélange de grains de même taille. Cette démonstration limpide est ensuite ramenée à des théories scientifiques relatives à l'empilement des grains. Ainsi on connaît plusieurs formes d'empilement de grains déjà caractérisées.

On retrouve dans le traité de construction en terre un fuseau (cf. courbe du pisé) qui représente, les proportions de chaque taille de grain optimum pour avoir un bon empilement. Cette courbe découle de l'analyse d'un ensemble terre à piser naturellement bien proportionné.



Spectre granulométrique du pisé: traité de construction en terre, Hubert Guillaud et Hugo Houben, éditions Parenthèses, 1989.



▼ Experience n°1

« Remplir les vides »

Extrait de **Bâtir en terre**, Romain Anger et Laëtita Fontaine éditions Belin, 2009.

«Deux récipients de même volume sont remplis l'un avec du gravier, l'autre avec du sable. Les deux types de grains sont mélangés et les récipients sont à nouveau remplis avec ce mélange. On obtient un ensemble plus compact, de volume total inférieur à celui des grains pris séparément. Dans la matière en grains, $1 + 1$ n'est pas égal à 2 !»

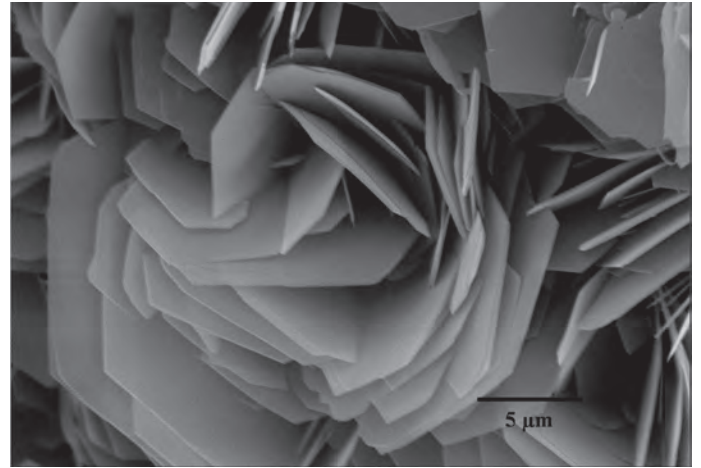
Cette expérience permet très simplement de comprendre que la matière en grain est constituée de grains et de vide. on peut les remplir à condition de choisir la bonne proportion de chaque taille de grain.

1 / 1 volume de gravier + 1 volume de sable.
2 /, 3 /, 4 / et 5 / On mélange les deux volumes.
6 / On obtient 1,5 volume.

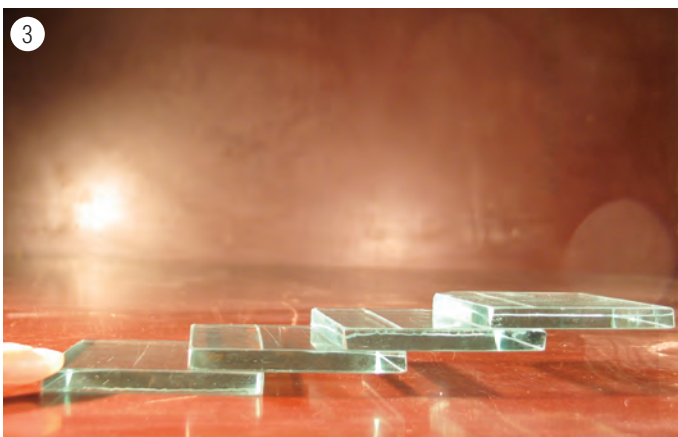
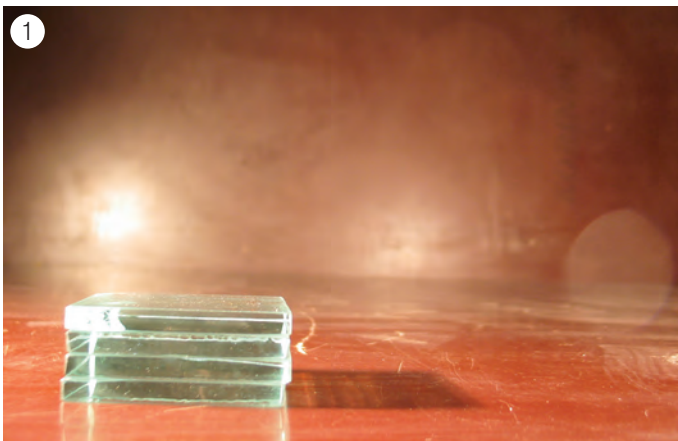


▼ Les argiles comme liant

La seconde partie de cet enseignement nous explique comment ces grains tiennent ensemble. Ils sont liés uniquement par deux éléments agissant ensemble : l'eau et l'argile. L'argile sous forme de micro plaquettes mélangées à l'eau va lier les plus gros grains entre eux grâce à une force de succion entre les plaquettes provoquée par l'eau. A ce moment là on comprend l'intérêt de posséder une terre argileuse pour construire, dans l'optique de se passer de ciment, un matériau énergivore et dont la production émet une grande quantité de CO₂. La thèse de Romain Anger soutenue en 2011 traite précisément de ce sujet.



ensemble de plaquettes d'argiles (source bâtir en terre)



▼ Experience n°2

« Entre deux surfaces planes, ça colle mieux »

Extrait de **Bâtir en terre**, Romain Anger et Laëtita Fontaine éditions Belin, 2009.

«Un peu de buée suffit à coller des plaques de verre entre elles. En effet, les forces capillaires sont beaucoup plus importantes dans le cas d'objets plans plutôt que sphériques, car la surface de contact est alors beaucoup plus étendue. Ces mêmes plaques sont impossibles à décoller sans les faire glisser l'une sur l'autre. Ce déplacement face contre face est responsable de la grande plasticité des argiles.»

1 / De la buée est placée entre des plaques de verre.
2 / Elles résistent à la traction.
3 / On peut les désolidariser en les fiasant glisser.

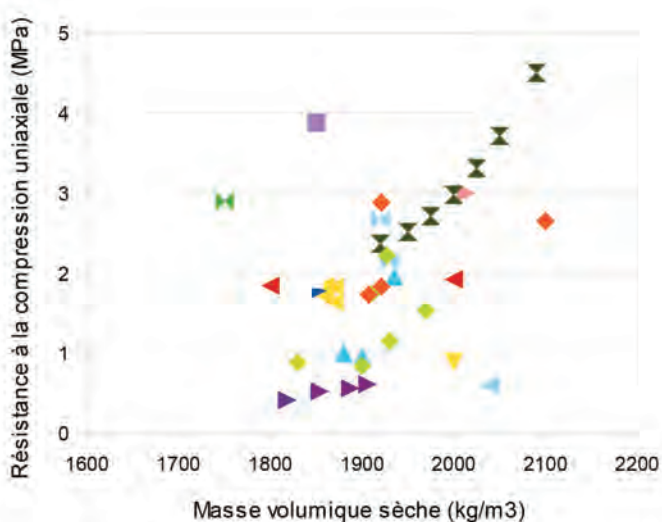
▼ Densifier la matière

Ces données étant acquises, les enseignants nous expliquent à quel point les recherches pour le béton de ciment peuvent être bénéfiques à la terre, tant le matériau est proche dans sa composition. C'est dans cette optique qu'à l'image des industriels du béton nous avons appris à « reformuler » une terre pour la rendre plus dense et plus propice à la construction. Par la suite nous constaterons que plus une terre est dense meilleure sera sa résistance à la compression. La courbe tirée du rapport C2D2 ci-contre montre l'évolution de la résistance à la compression d'une terre en fonction de sa masse volumique sèche. On constate que les résistances à la compression mesurées vont de 0,4 à 4,5 MPa ce qui est bien plus faible qu'un béton de ciment, mais évoluent de manière exponentielle à mesure que la masse volumique sèche augmente.

Presse pour test à la compression uniaxiale.



- [Azeredo2007a]
- [Barras2010]
- [Bui2008]
- [Bullen1991]
- [Fontaine2004]
- [Hakimi1996]
- [Jaquin2009a]
- [Kouakou2009]
- [Maniatidis2007]
- [Maniatidis2008]
- [Mollion2009]
- [Morel2003]
- [Olivier1994]
- [Pkla2000]
- [Pkla2003]



Courbe montrant la relation masse volumique sèche et résistance à la compression, extrait du C2D2

▼ Reformuler

En passant par l'inévitable étape de l'analyse granulométrique de la terre, il suffit d'ajouter en bonnes proportions certaines tailles de grains pour améliorer la matière. Pour trouver ces proportions, nous dessinons la courbe granulométrique issue du test, de la terre de base et des grains que l'on veut y ajouter. Cette opération est vérifiée à petite échelle par un test de compaction en pisant cette terre dans un moule de base carrée (10 x 10 cm) et de hauteur 20 cm. Lors de l'exercice de DSA les résultats nous ont semblés satisfaisants mais pas marquants, Ce qui nous a amené à nous poser la question de l'efficacité de cette technique à l'échelle du chantier. (images courbes avant et après reformulation)

Sans réellement connaître sa technique de reformulation, nous savons déjà que Martin Rauch, grand spécialiste autrichien du pisé, reformule sa terre, mais toujours en se basant sur une terre locale. Nous avons eu l'occasion de l'observer et de pratiquer cette reformulation avec lui lors du Workshop Earthworks 2010 qui s'est tenu à Gmunden en Autriche, encadré par Anna Heringer et lui-même. (Comme nous l'avons fait en laboratoire, (pas nécessaire)) nous avons mélangé une terre de base à quatre tailles de grains différentes, dans des proportions qu'il s'est contenté de donner. Martin étant un artisan, nous savons qu'il n'a pas pratiqué la reformulation comme le font les scientifiques du béton, mais que son expérience lui permet de sentir la terre et comment la reformuler.

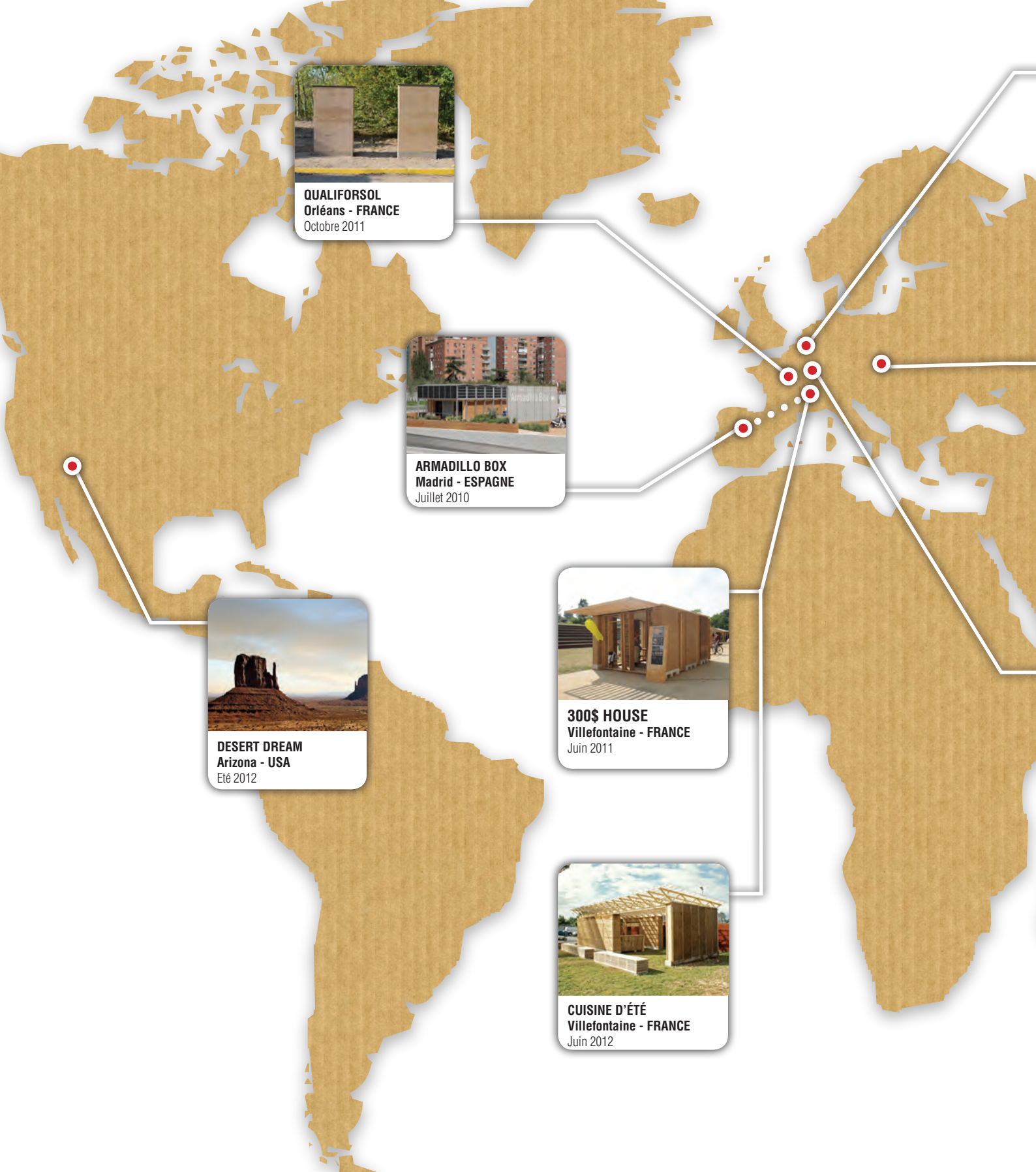
1 / Granulométrie.

2 /, 3 /, 4 / et 5 / Differentes reformulations.





Mise à l'épreuve
d'un savoir-faire
scientifique pour
l'architecture



QUALIFORSOL
Orléans - FRANCE
Octobre 2011



ARMADILLO BOX
Madrid - ESPAGNE
Juillet 2010



DESERT DREAM
Arizona - USA
Été 2012



300\$ HOUSE
Villefontaine - FRANCE
Juin 2011



CUISINE D'ÉTÉ
Villefontaine - FRANCE
Juin 2012



Carte des projets



MAISON DE CHASSE
Aalst - BELGIQUE
Avril 2012



EARTWORKS
Gmunden - AUTRICHE
Septembre 2010



EARTH SCHOOL
Lanzhou - CHINE
Juillet - Aout 2011



LA CABANE DE LECTURE
Muttersholtz - FRANCE
Mai 2012

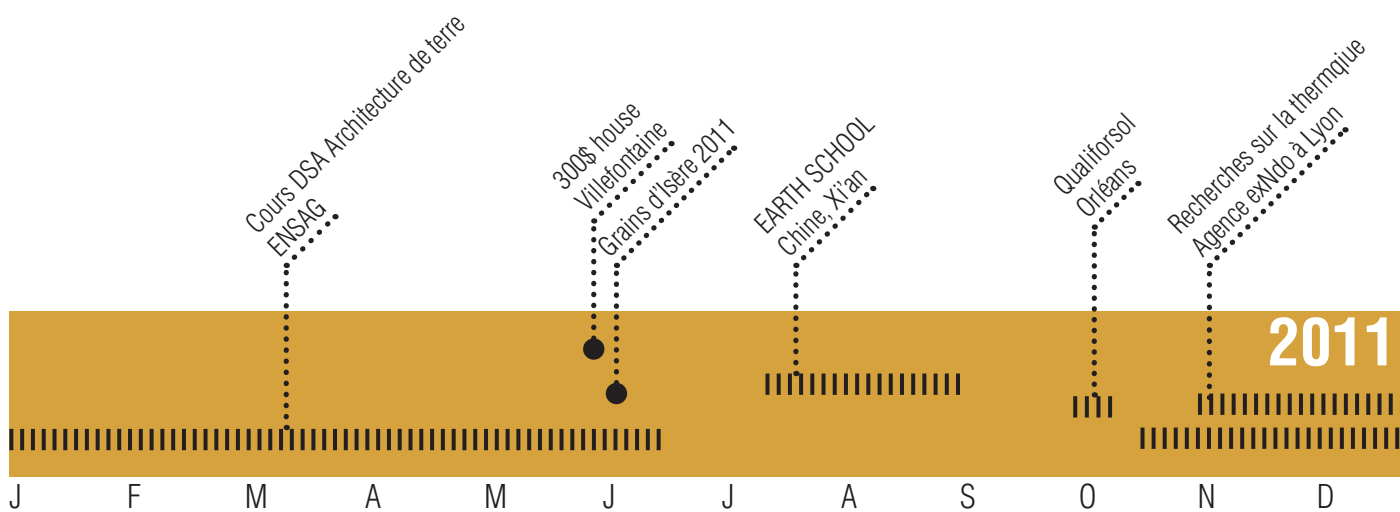
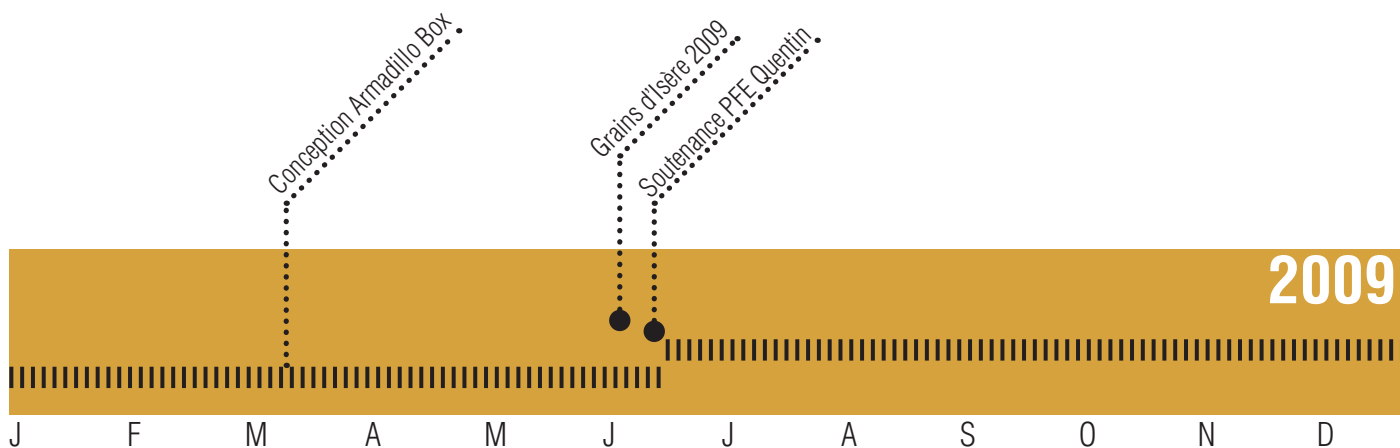


LABORATOIRE
XIAN - CHINE
Juillet - Aout 2011



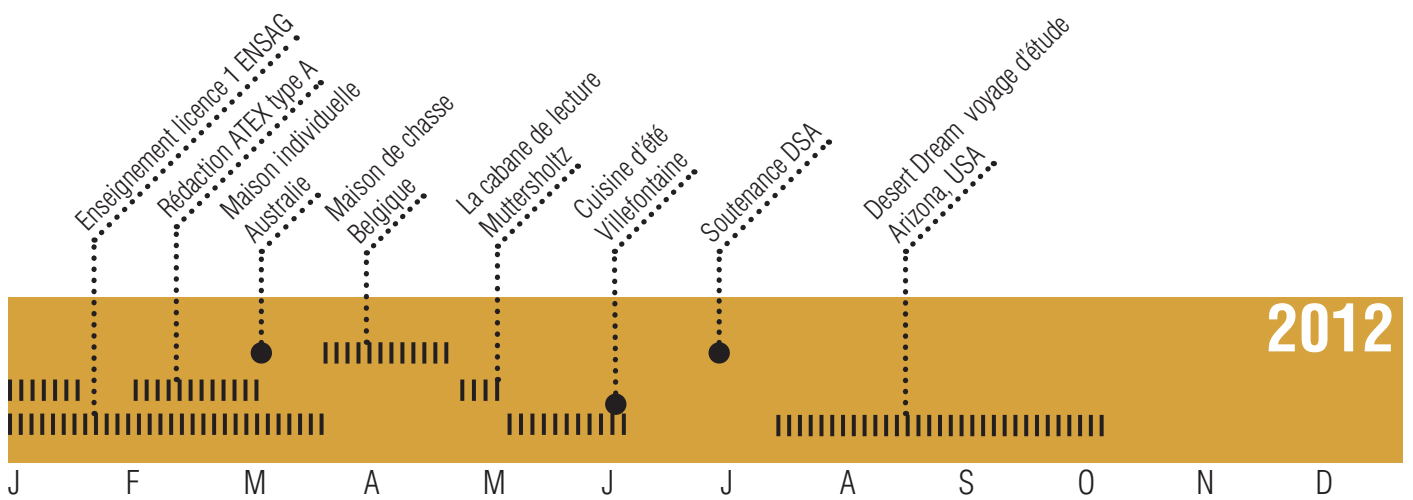
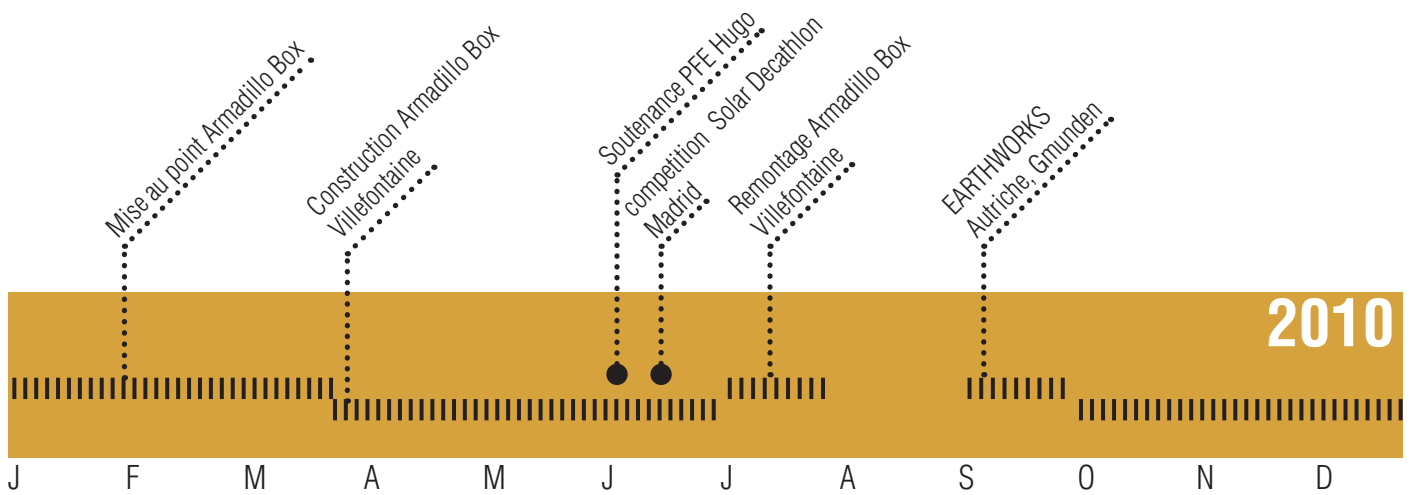
Australie
Juillet - Aout 2011

Les projets réalisés au cours de cette formation nous ont permis de travailler sur des terres et des contextes localisés sur plusieurs zones du globe. Les croisements de ces expériences nous ont permis d'aborder la complexité que représente la grande diversité des qualités de sols et ainsi de chercher des solutions adaptées à chaque projet.



Chronologie







*Armadillo Box

Madrid - Espagne

.....

▼ Le concours

Notre participation au Solar Decathlon Europe 2010 a été notre premier contact direct avec la terre, dans le sens où il ne s'agissait plus d'expérimenter, mais bien de choisir la terre comme matériau pour ses qualités hygrothermiques, et sous une forme cohérente avec les contraintes du projet.

Le Solar Decathlon est une compétition étudiante internationale regroupant vingt équipes qui pendant deux ans doivent concevoir et construire une maison à énergie positive suivant un cahier des charges draconien. Les maisons une fois préfabriquées sont montées et présentées à Madrid pour la compétition. Elles sont jugées sur différents critères, où l'architecture et l'ingénierie (principalement la thermique) prédominent.

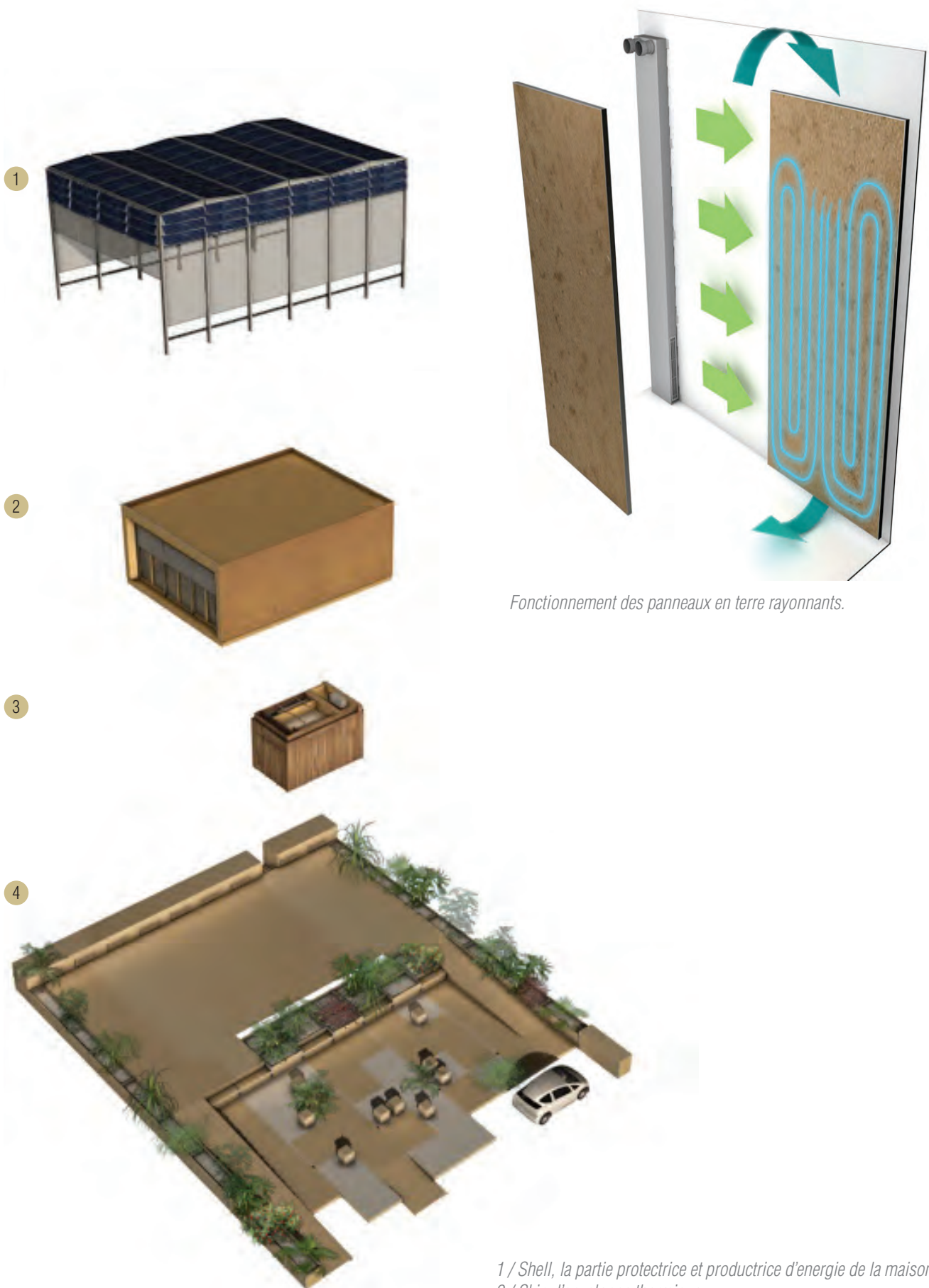
▼ La terre dans l'Armadillo Box

Afin de représenter la spécialité de notre école, et parce que nous étions déjà convaincus des qualités de ce matériau nous avons tenu à ce que la terre soit très présente dans ce projet malgré un contexte très technologique. Si aujourd'hui encore les thermiciens sont incapables de simuler précisément un mur en terre, nous connaissions ses qualités de régulation de l'humidité (qui était un des critères mesurés dans la maison), et son inertie thermique avec une épaisseur suffisante.

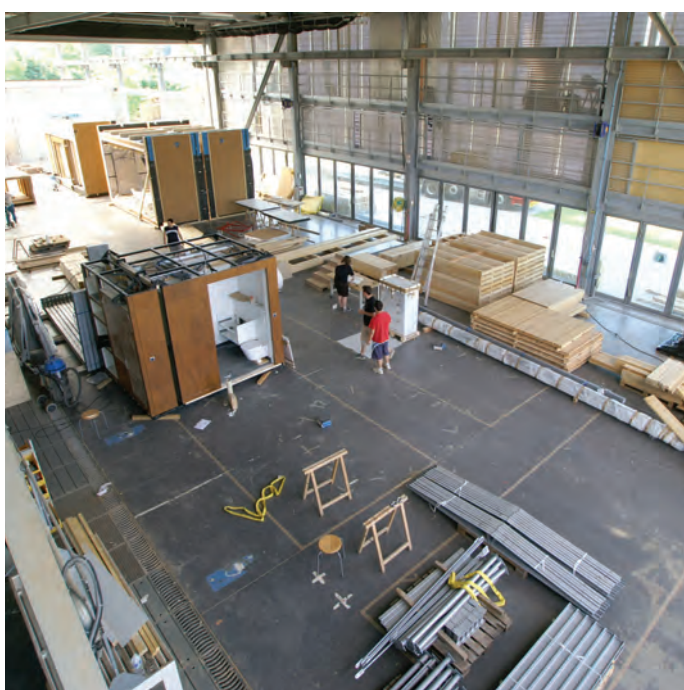
Dans une première phase, nous avons réalisé des dalles de terre coulée de 10 cm d'épaisseur destinée à être placées comme murs dans la maison. Leur poids et la difficulté de mise en œuvre nous a fait abandonner l'idée d'introduire des éléments aussi massifs dans une maison qui allait être déplacée plusieurs fois sur de longues distances.

Nous avons finalement opté pour un produit en terre crue industriel. Il s'agit de panneaux radiants en terre parcourus par un tuyau dans lequel doit être envoyé de l'eau chaude pour servir de mur chauffant. Ces panneaux habituellement

posés comme des plaques de plâtre contre des murs, nous avons décidé avec les ingénieurs de l'équipe de détourner leur usage usuel en envoyant dans ce tuyau de l'eau chaude mais aussi et surtout de l'eau froide pour subvenir à un besoin de froid important pour la compétition à Madrid en plein mois de juin. D'autres équipes concurrentes utilisaient le même système avec des panneaux métalliques. Nous avons pu remarquer les qualités de la terre crue dans ces conditions car contrairement à ces autres équipes, nous n'avons observé aucune condensation sur la paroi de ces panneaux enduits en terre crue, dans lesquels nous avons envoyé de l'eau allant jusqu'à 8°C avec une température extérieure de 35°C en moyenne. Nous avons été d'autant plus agréablement surpris de voir que notre maison dont les murs étaient couverts de terre crue avait de loin l'hygrométrie la plus régulière de la compétition.



1 / Shell, la partie protectrice et productrice d'énergie de la maison.
 2 / Skin, l'enveloppe thermique.
 3 / Core, le noyau technique industrialisé.
 4 / Deck, le prolongement de l'espace intérieur.





De gauche à droite, et de haut en bas :
 La préfabrication aux Grands Ateliers, la première couche d'enduit réalisée par Naoki Kusumi à Villefontaine, le transport de la maison en tranches.
 L'assemblage de la maison à Madrid, la dernière couche d'enduit posée à Madrid, le chantier des vingt maisons, une vue extérieure de la maison terminée, une vue intérieure de la maison terminée.



▼ Le choix du DSA

Cette expérience très enrichissante de deux ans nous a décidés à intégrer le DSA Architecture de Terre. D'abord par esprit critique et en réaction au Solar Decathlon qui vise la production d'une architecture écologique mais, à cause de son règlement, pousse à l'emploi de technologies nouvelles donc hors de prix. Or dans une logique de développement durable, on sait que le critère économique ne peut pas être dissocié de l'écologie, ni du social. Il nous a paru important de revenir à une formation basée sur un matériau qui permet de respecter ces trois critères.

Mais il ne s'agit pas de renier l'expérience du Solar Decathlon. Car si revenir à une architecture simple, contextualisée, économique et écologique était une volonté, nous avons découvert que le matériau terre dans sa simplicité naturelle renfermait des qualités physiques exceptionnelles. Ce matériau entièrement recyclable qu'on peut utiliser comme masse d'inertie thermique, qui régule l'hygrométrie et qui peut être porteur, avait à nos yeux un bel avenir en tant que matériau paradoxalement high-tech par ses qualités, et low-tech par sa composition et sa mise en œuvre. Nous avons saisi l'importance d'étudier ce matériau encore trop peu exploité malgré ces qualités.









*EARTHWORKS

Gmunden - Autriche

▼ Le projet

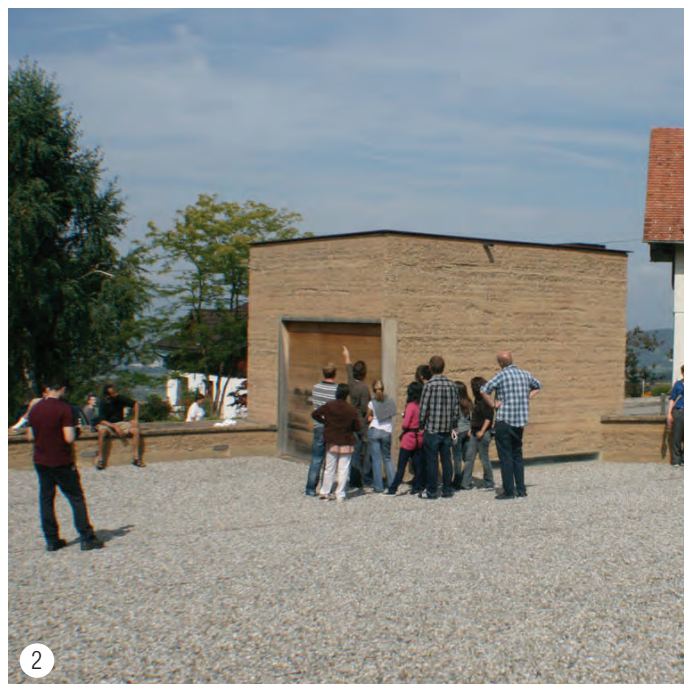
Juste après cette expérience du Solar Decathlon Europe, il nous a été proposé de participer à un Workshop de trois semaines en Autriche portant sur la construction en pisé, encadré par Martin Rauch et Anna Heringer. Tous deux intéressés par le sujet bien avant, à travers la rédaction d'un mémoire sur la construction en terre contemporaine pour l'un et par un stage dans une entreprise de construction en pisé pour l'autre, nous connaissions les deux « célébrités » du milieu et avons sans hésité accepté de participer à ce qui était alors un excellent baptême avant de débiter le DSA.

Ainsi, pour les trois premières semaines du mois de septembre en 2010, nous nous sommes rendus à Gmunden en Autriche pour une formation sur la construction en pisé. Avec 30 autres personnes, nous avons d'abord visité les projets de Martin Rauch dans le Vorarlberg pendant trois jours, avant de rejoindre l'abbaye dans laquelle nous séjournions à Gmunden pour y construire deux projets commandés par la ville. A travers ces deux projets, nous avons abordé différents thèmes : La préfabrication du pisé, la réparation, et la reformulation de la terre.

Nous avons débuté ce workshop par la visite de projets réalisés en pisé par Martin Rauch. Son atelier se situant à Schlins dans le Vorarlberg à une centaine de mètres de son domicile, la plupart de ses projets se trouvent dans un périmètre de 100 km environ aux alentours. Nous avons pu visiter six des projets qu'il a réalisés dans cette région à l'ouest de l'Autriche, à la frontière avec la Suisse. Nous avons pu visiter un large panel de projets qui nous a fait prendre conscience que le pisé pouvait avoir sa place partout et remplir diverses fonctions : un mur bioclimatique et décoratif dans un hôpital, un mur décoratif dans une maison d'habitation, un mur de clôture ou encore l'ensemble des murs d'une maison.



▼ les visites



- 1 / L'atelier de Martin Rauch, Schlins, Autriche.
- 2 / Cimetière et chapelle funéraire à Batschuns, Autriche.
- 3 / Hall d'accueil de l'hôpital de Feldkirch, Autriche.
- 4 / Un mur de clôture en pisé pour un autre cimetière.
- 5 / Maison personnelle de Martin Rauch, Schlins, Autriche.



5



▼ La reformulation

Pour l'organisation d'un Workshop comptant une trentaine de participants venus de dix-huit pays différents, Martin Rauch a fait venir une terre qu'il connaissait de sa région. Avant de commencer toute construction que ce soit, il nous a fait réaliser un exercice de formulation de terre, sans nous donner aucune méthode, l'objectif étant de nous faire sentir la terre, et de comprendre quelle consistance a une bonne terre à piser. Pour ce faire, Martin a ramené en plus de plusieurs mètres cube de terre, plusieurs big bags de grains de quatre tailles différentes. Il nous a laissé le soin de réaliser des échantillons cubiques en essayant de trouver la bonne proportion de chaque taille de grain. A la fin, chacun note sa formule sur un tableau pour que l'on puisse comparer les textures des échantillons en fonction de leur composition. Martin explique ensuite quelle texture on recherche et pourquoi. La seule information manquante à ce moment est comment il calcule sa formule. Nous supposons simplement que comme tout artisan, il a su perfectionner la composition de sa matière au fil des expériences, et que n'étant pas ingénieur, il n'est jamais passé par le calcul pour y arriver.

- 1 / Martin Rauch note la composition des différents échantillons.
- 2 / Les participants du workshop nettoient le malaxeur planétaire.
- 3 / Le contenu des quatre big bags de grains pour améliorer la terre.





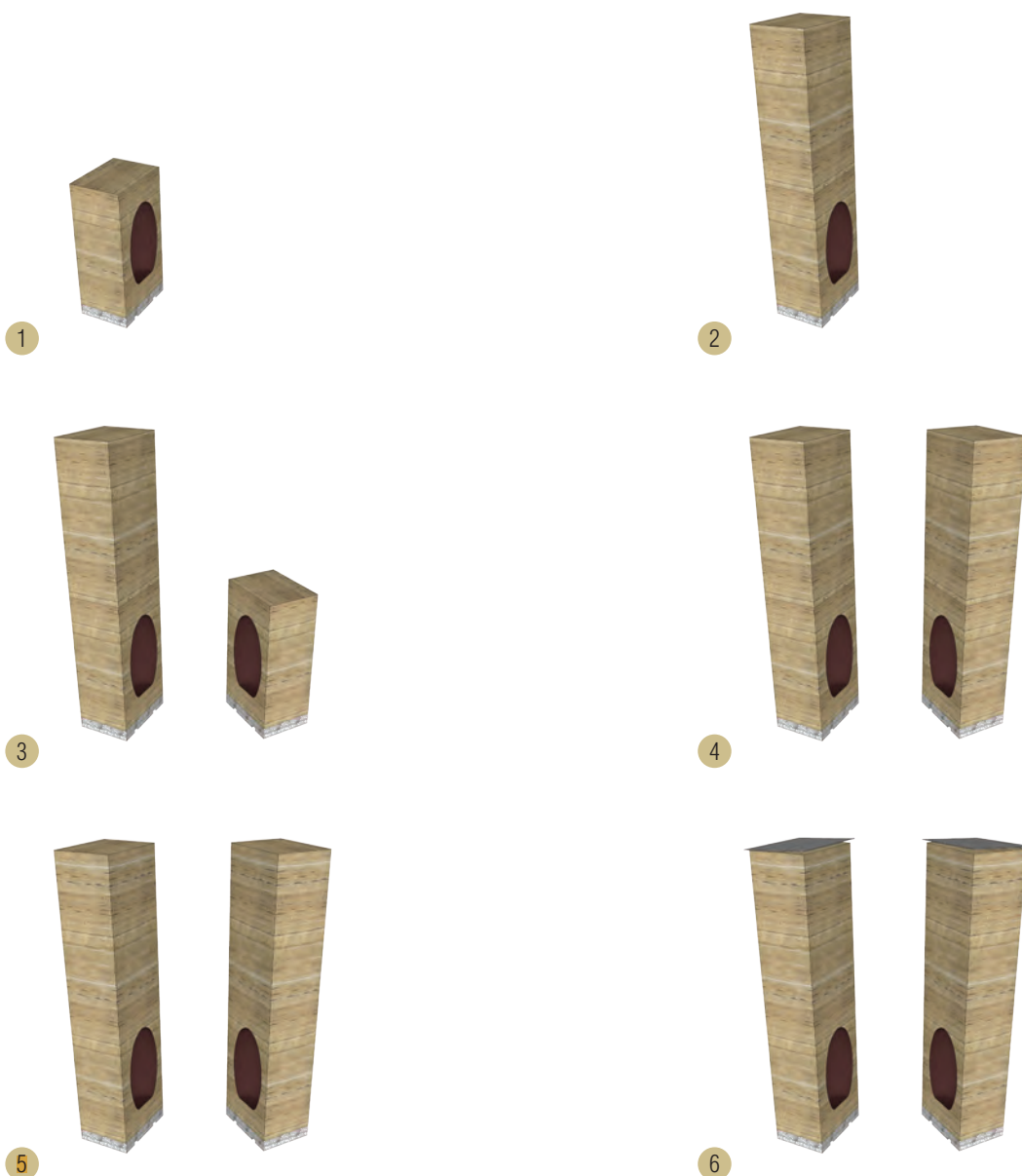
▼ La préfabrication

Martin Rauch est célèbre dans le monde de la construction en pisé grâce à ses nombreuses réalisations faisant preuve de finesse et de précision dans la finition, à l'image de ses confrères de la filière bois du Vorarlberg. Mais la technique qui le caractérise particulièrement est la construction de murs en éléments préfabriqués en atelier, qu'il assemble ensuite sur chantier. C'est en construisant le projet nommé « Are you me too » que nous avons appris cette technique.

Ce projet assez simple se compose de deux tours en pisé d'environ quatre mètres de haut, chacune creusées pour y former un siège. Chaque tour était composée de deux blocs préfabriqués. Pour le bloc du bas, nous avons coulé un soubassement en béton armé avec deux réservations afin de pouvoir passer des sangles pour que le bloc de pisé une fois fini soit déplacé. Au dessus de ce socle en béton, une couche de mortier de ciment d'environ deux centimètres à posée afin de stopper d'éventuelles remontées capillaires. Martin Rauch

a pour habitude de répéter l'opération tous les 50 centimètres environ pour réguler l'érosion. Ce premier bloc est ensuite damé normalement jusqu'en haut du coffrage. Le dessus du bloc est arasé puisqu'il est destiné à recevoir le deuxième bloc.

Le bloc supérieur est réalisé de la même manière à la différence que le béton est camouflé dans la terre. Quand les deux blocs sont terminés, on peut les emmener sur site. Dans notre cas, nous avons posé le premier bloc sur une fondation en béton préfabriqué installée sur le site. Ensuite, nous avons posé un mortier de terre sur le dessus du premier bloc, pour répartir les appuis avec le deuxième que nous avons ensuite posé dessus. Pour couvrir la tête de chaque tour, nous vissé une couvertine en pente dépassant de minimum 5 centimètres. Pour finir, il suffit de reboucher les trous des réservations pour sangles avec de la terre à piser comme une réparation de pisé.





▼ La préfabrication

1 / Les blocs transportés par camions sont soulevés par une grue pour être empilés les uns sur les autres.

2 / Les blocs sont liés entre eux par un mortier de terre.

3 / Le deuxième bloc étant posé, il ne reste plus qu'à reboucher les trous et lisser les surfaces.

4 / Martin vérifie la bonne stabilité des couvertines métalliques assurant l'étanchéité de la tête des tours.





▼ Les réparations

Martin Rauch est un spécialiste du pisé, et notamment dans les réparations. Il nous a montré comment faire disparaître un trou, une surface dégradée, ou même une réservation volontairement mise en œuvre dans notre cas. Il est très important de maîtriser cette technique dans le cas où on travaille sur des blocs de pisé préfabriqués liées entre eux, afin d'obtenir un mur uniforme et homogène visuellement.





Avec cette expérience avec l'un des plus grands spécialistes de la construction en pisé en Europe nous avons appris énormément sur cette technique. Nous avons appris qu'il est possible de construire en pisé avec des éléments préfabriqués pour n'importe quelle échelle de bâtiment, puisque ces blocs sont utilisés comme des briques maçonnées géantes. Préfabriquer est un levier considérable pour gagner du temps et économiser de la main d'œuvre sur un chantier, ce qui permet de réduire les coûts de construction. D'autre part, la mise en œuvre en pisé craignant le gel, la préfabrication et le séchage de pisé en atelier permet de construire en toute saison, et de l'emporter à peu près n'importe où. Cette méthode rend le pisé accessible à peu près partout, jusque dans des contextes urbain. Mais on peut alors se poser la question de la provenance de la terre et du bilan énergie grise. Si les murs sont préfabriqués en ateliers, il est plus logique d'extraire la terre à proximité de l'atelier, mais la terre mise en œuvre ne sera pas « locale » par rapport au bâtiment. A l'inverse, si on choisit de construire en atelier mais avec la terre « locale », il faudrait alors la déplacer jusqu'à l'atelier puis la ramener sur le chantier mise en œuvre ce qui, au delà d'être absurde, alourdirait considérablement le bilan énergie grise du bâtiment.

En reformulant la terre qu'il connaît, il est plus facile pour l'entrepreneur de travailler de gérer la teneur en eau. Cette matière est « optimisée » donc plus solide. Nous nous sommes alors posé la question de la faisabilité d'une telle opération à grande échelle sur un chantier, et si on devant reformuler une terre non connue. Quel intérêt de construire en terre si la matière est complètement artificielle ? Nos questions ont trouvé leurs réponses quelques semaines plus tard après avoir eu les cours scientifiques au CRAterre.

Du point de vue de l'architecte, ce workshop a été enrichissant pour diverses raisons. Les visites de projets construits en pisé donne tout de suite une idée de ce qui est réalisable ou non en pisé, et de la place qu'il peut y prendre, ce qu'il peut y exprimer. La mise en œuvre, l'expérimentation donne une autre échelle, l'échelle économique. Les coffrages, le compresseur, les fouloirs pneumatiques, le malaxeur planétaire et la main d'œuvre nécessaire sont autant d'éléments qui justifient le prix actuel élevé de la construction contemporaine en pisé.

Enfin, la pratique de la réparation fait prendre conscience de l'aspect universel de la terre. On saisit à ce moment la différence avec le béton pour lequel la qualité du coffrage et de la matière est primordiale. Pouvoir réparer des dommages sur un mur sans que cela soit visible en dit long sur la longévité que peut avoir un mur en pisé à condition d'être bien entretenu.

Vue du projet sur le bord du lac un an après sa construction.







*300\$ house

Villefontaine - France

▼ Le projet

Pour clore la première des deux années du DSA se tenait comme chaque année le Festival Grains d'Isère aux Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau, intitulé « Habiter la Terre » pour cette édition de 2012. Peu avant le début de la préparation de ce festival nous avons participé au concours 300\$ House, qui comme son nom l'indique vise à concevoir une maison pour 300\$. Nous avons décidé, accompagné de Marc Auzet et Juliette Goudy de concevoir cet habitat en pisé et de le construire lors du festival afin d'appuyer notre rendu de concours.

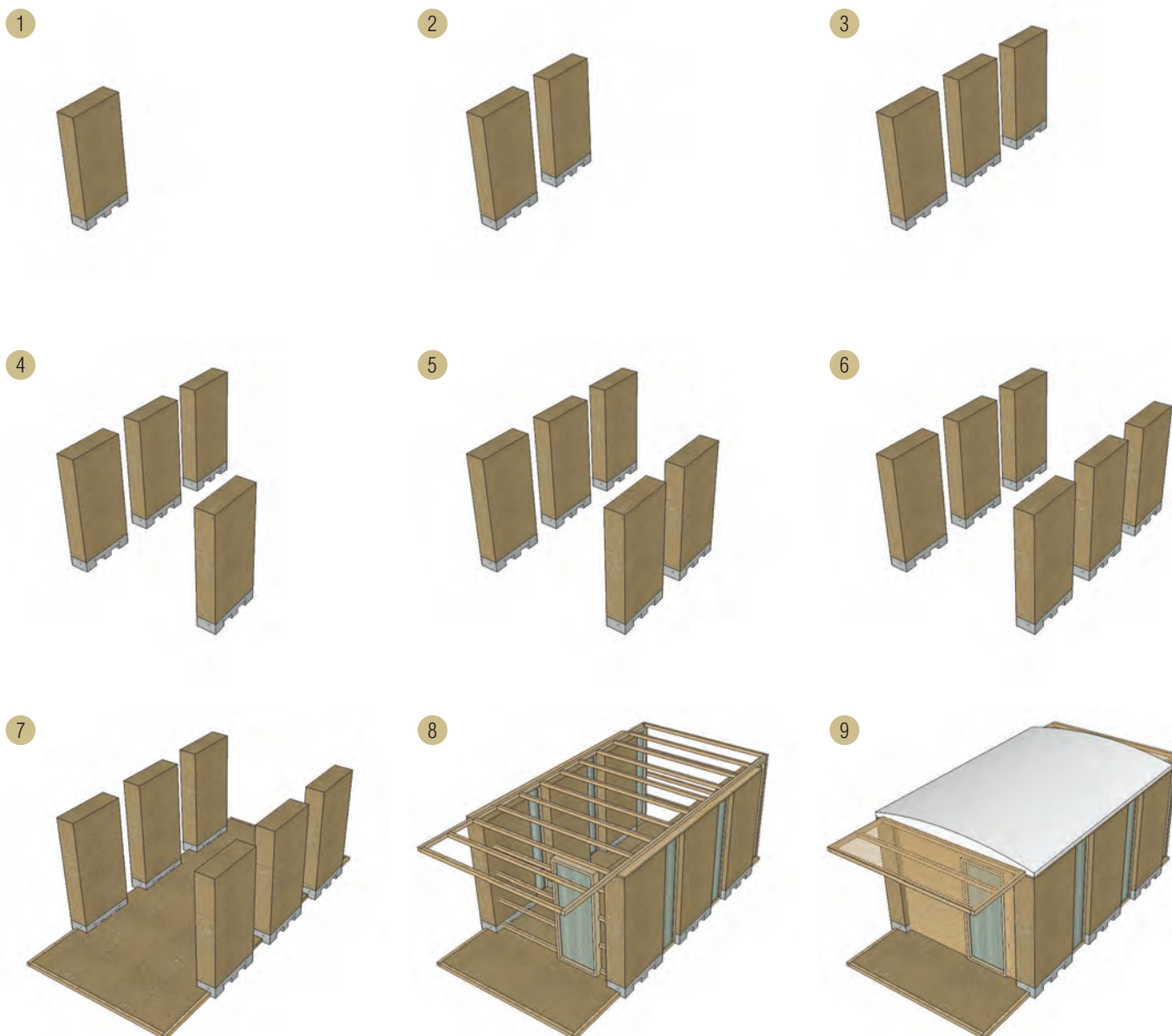
Le projet proposé est un volume simple traversant en pisé d'environ 18m². Des ouvertures sont placées entre des murs trumeaux, et sur les deux petites façades. La toiture est composée d'une structure simple en bois couverte de roseaux.

1 /, 2 /, 3 /, 4 /, 5 / et 6 / Pose successive des murs préfabriqués.

7 / Sol en terre damée.

8 / Charpente et menuiserie.

9 / Couverture.



▼ Chantier et préfabrication

Pour ce projet, nous avons construit six murs trumeaux sur des socles en béton transportables en chariot élévateur. Aidés par les Master 1 AE&CC, nous avons construit quatre de ces murs, les deux autres ayant été réalisés par l'entreprise Heliopsis. Les fenêtres ont été fabriquées par nos soins, il s'agit de cadres en OSB fermés avec du polycarbonate. Pour les petites façades, nous avons également réalisé des structures en OSB, recouvertes de roseaux de Camargue et enduites pour une des façades.

Nous avons cherché à réduire les coûts en reprenant le principe de la préfabrication. Le temps imparti pour construire le prototype étant court, la préfabrication d'éléments permet de réaliser plusieurs tâches en même temps. Nous avons donc pu construire les murs par deux et en même temps débiter le bois et assembler les cadres de fenêtres préfabriqués. L'objectif était réellement économique comme le montre le nom du concours, c'est pour cela que nous avons aussi tenu à réduire le nombre de matériaux.

- 1 / Séchage de la terre au soleil.
- 2 / Retirer les barres de coffrage.
- 3 / Compactage au fouloir pneumatique.
- 4 / Coffrage grim pant.





Nous avons utilisé de la terre du Nord-Isère, dont la composition est naturellement bonne pour qu'elle soit pisée. Ce chantier s'étant déroulé au mois de juin, la terre séchait très vite. Il a donc fallu la remouiller, puis la mélanger à la main pour l'homogénéiser. Au final on se rend compte que le temps et la main d'œuvre nécessaires pour maintenir cette teneur en eau sont équivalents à un chantier sur lequel on reformule la terre. On peut même aller plus loin en remarquant que pour une terre reformulée, la teneur en eau est gérée dans le malaxeur. On a donc une matière prête à piser à la sortie du malaxeur, tandis qu'avec la terre du Nord-Isère on doit la mélanger à la main ce qui demande une bonne organisation sur le chantier.



La conception de ce pavillon se voulait économique. Le choix des murs trumeau transportables s'est avéré judicieux à plusieurs titres. Architecturalement, il permet de jouer avec une trame régulière et de pouvoir choisir et changer la dimension des fenêtres facilement. De plus, cela évite l'insertion d'ouvertures dans le pisé et donc la mise en œuvre d'un linteau en bois ou en béton.



▼ Apprendre par soi-même

A ce moment, il s'agit du premier chantier dont nous avons la responsabilité. Si nous nous sommes appliqués à la réalisation des murs en pisé, nous avons un peu négligé les autres lots. La finition n'était pas au rendez-vous à tous les niveaux ce qui nous a valu quelques dégradations après une tempête le dernier jour du Festival. Nous avons à ce moment pris conscience de l'importance en architecture de ne négliger aucun détail pour s'assurer de la bonne durabilité d'un bâtiment.

Nous avons pu, d'autre part, constater l'importance de la compacité du pisé. Sur le projet deux murs ont été réalisés avec des fouloirs plus légers, et après une averse importante, les murs moins denses se sont érodés sur 4 centimètres d'épaisseur alors que les murs les plus denses n'ont pas bougé.



- 1 / Socle en béton préfabriqué.
- 2 / Assemblage des murs.
- 3 / Transport du mur par chariot élévateur.
- 4 / Pose précise du mur sur les repères.
- 5 / La compaction du pisé joue un rôle important.
- 6 / Après la pluie on comprend l'importance d'une forte compaction.
- 7 / Texture du pisé associé au roseau.
- 8 / Instant gymnastique.



7



8









The poster on the structure contains the following text and images:

- Top Panel:** A photograph of a modern building with a large, curved roof structure.
- Second Panel:** A diagram showing a 3D perspective of a building's interior or exterior structure, with arrows indicating directions or components.
- Third Panel:** A diagram showing a series of vertical columns or pillars, with arrows indicating their arrangement or function.
- Bottom Panel:** A photograph of a building's interior, showing a large, open space with a curved roof.



*EARTH SCHOOL

Lanzhou - Chine

▼ L'aventure

C'est pendant le Festival Grains d'Isère de 2011 que Mu Jun, l'architecte enseignant désormais directeur de l'école d'architecture de Xi'an dans le Shaanxi en Chine, est venu à la rencontre du CRAterre. Afin de créer un laboratoire de recherche sur la construction en terre et d'encadrer un chantier pisé, Mu Jun avait besoin de deux personnes pour l'été en cours donc dans un très court délai. Parce que nous le connaissons de Earthworks et par notre expérience, nous avons été choisis pour réaliser cette mission.

Ainsi du 14 juillet 2011 au 30 août 2011, nous sommes partis en Chine pour cette mission. Mu Jun avait deux objectifs principaux à court terme : former des étudiants sur les analyses de terre pour mettre en place un laboratoire, et construire un prototype de bâtiment en pisé dans l'optique de reconstruire la maison d'une des familles les plus pauvres du village. Ce prototype a été construit dans le village Macha situé dans la province du Gansu dont le chef-lieu est Lanzhou.



1 / Mu Jun lors du festival Grains d'Isère 2011.

2 / Paysage de la Chine contemporaine, à proximité de Lanzhou.

3 / Paysage rural, à proximité du village Macha.



▼ Visite de site

Une visite du site au village Macha : Nous avons prélevé les terres pour pouvoir les analyser à Xi'an. Il a aussi fallu choisir un site pour la construction du prototype qui a fait l'objet d'un workshop étudiant. Cette visite du village a aussi été l'occasion de rencontrer les villageois et de commencer à comprendre un contexte qui nous était complètement inconnu, notamment en découvrant leur technique de mise en œuvre du pisé.

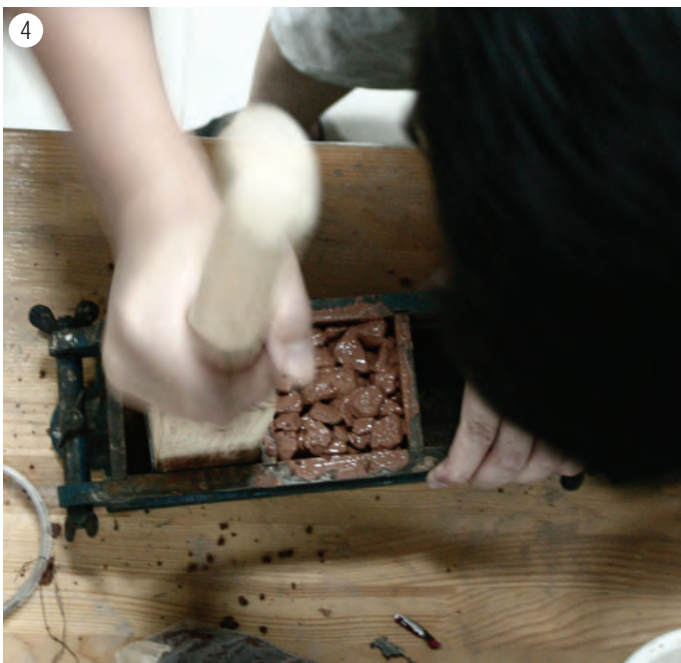


- 1 / Terre fine limoneuse.
- 2 / Prélèvement d'un échantillon de sol.
- 3 / Paysage du village.
- 4 / Test à la compaction.
- 5 / Formation d'étudiants ingénieurs au tests de laboratoire.
- 6 / Test granulométrique.



▼ Formation d'étudiants

De retour à Xi'an, nous avons pendant cinq semaines formé deux étudiants ingénieurs de niveau Master aux analyses de terre. Le temps imparti étant encore une fois court, nous avons couplé cette formation avec les analyses que nous avons à faire pour la construction du prototype. Pour cela, nous avons réalisé un test de granulométrie, puis de sédimentométrie. Nous avons une terre fine mais avec peu d'argiles. Nous avons ensuite formé les étudiants à reformuler cette terre en y ajoutant des sables et des graviers. Pour finir, nous avons vérifié les différentes formules hypothétiques en réalisant un test de compaction pour chacun, avec différentes teneurs en eau.



▼ Le matériel de laboratoire





1/ Tamis (0,008 mm à 20 mm)

2/ Equerre

3/ Récipients de mélange

4/ Bacs métalliques à usages divers

5/ Boîtes métalliques pour stocker des échantillons

6/ Spatules

7/ Truelle

8/ Pipettes

9/ Eprovettes graduées

10/ Densimètre

11/ «Etuve»

12/ Echantillons prélevés sur site

13/ Balance électronique

14/ Eau distillée

▼ Préparatifs

Sur cette même période, nous avons aidé à la préparation du workshop, notamment la mise au point du matériel. Nous avons essayé le malaxeur planétaire, et testé différents raccordements entre les compresseurs, huileurs-détendeurs et fouloirs pneumatiques. Même si les chinois ont été relativement autonomes sur cette partie, nous avons aussi participé à la conception de coffrages légers et économiques en ossature acier et panneaux de bambou.

Pour concrétiser toute cette mise au point, nous avons pour finir construit un échantillon de mur avec de la terre recomposée, dans les coffrages mis au point, avec les outils préparés au préalable. A part la rigidité des coffrages, cette dernière expérimentation avant le départ pour le village a été relativement concluante.



1 / Matériel pour compresseur, graisseur, régulateur de pression.

2 / Fouloir pneumatique chinois coûtant 80 €.

3 / Connexion du matériel.

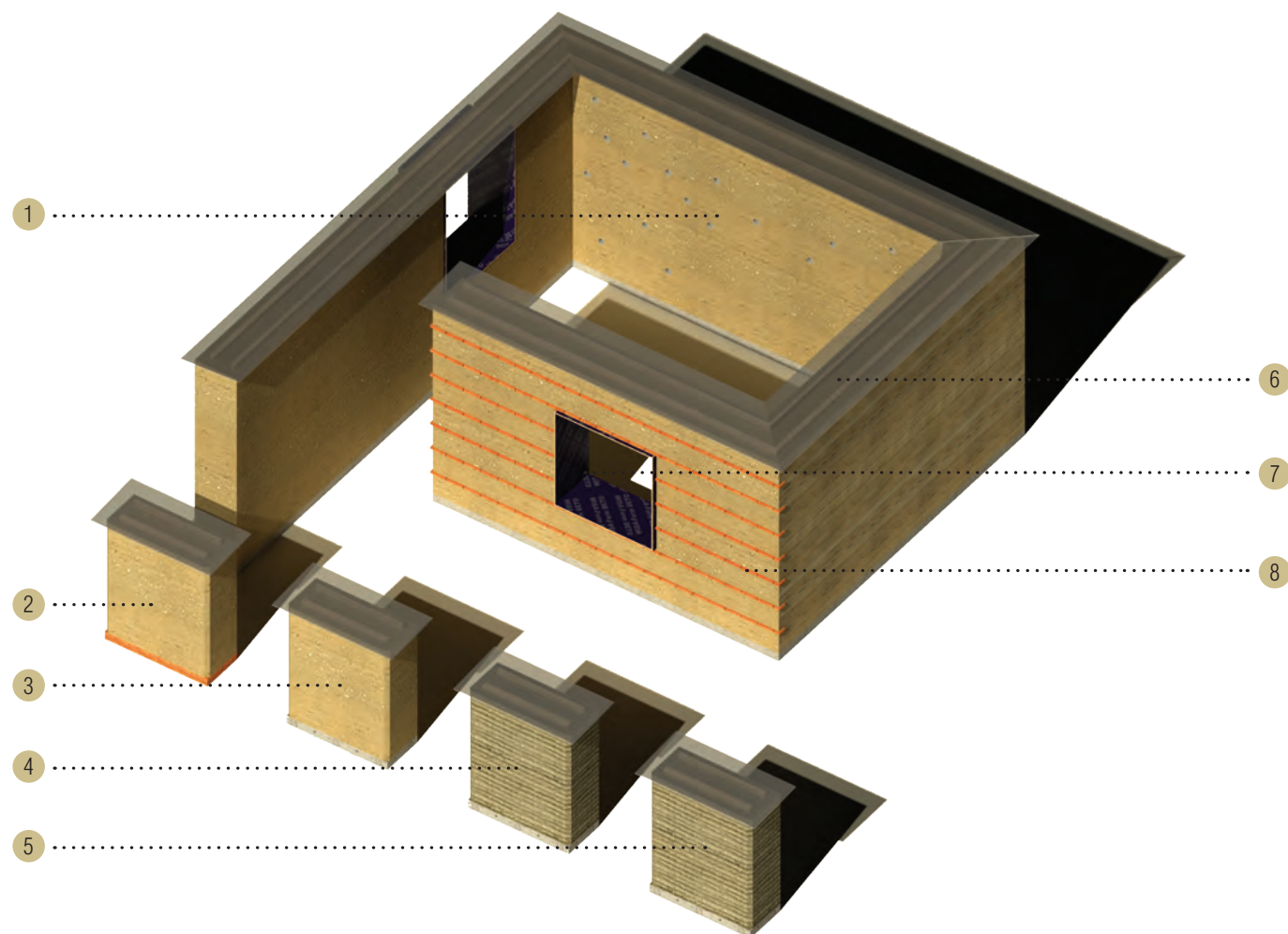
4 / Fabrication du coffrage.

5 / Coffrage mixte bambou métal.



▼ Le projet

Le workshop a fait l'objet de la dernière étape de cette mission mais pas des moindres. Nous sommes partis vivre pendant 10 jours au village Macha pour réaliser le prototype. Celui-ci se compose d'un espace rectangulaire simple de 3 mètres de haut permettant d'expérimenter les outils sur le long terme ainsi que trois types de coffrages, et de quatre murs trumeaux échantillons réalisés avec des coffrages et des outils différents, afin de recroiser et d'optimiser leur usage. Nous avons aussi expérimenté la construction de deux linteaux en béton camouflé dans le pisé comme nous l'avons appris en Autriche. C'est aidés d'une équipe de 20 étudiants chinois que nous avons pu venir à bout de ce chantier.



1 / Prototype de bâtiment en pisé

2 / Mur test : terre locale brute + banches et fouloirs contemporains

3 / Mur test : terre reformulée + banches et fouloirs contemporains

4 / Mur test : terre locale brute + banches et fouloirs traditionnels

5 / Mur test : terre reformulée + banches et fouloirs contemporains

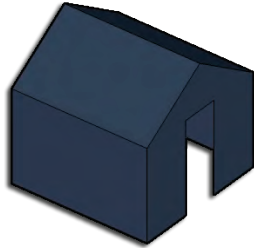
6 / Couverture des murs en polycarbonate

7 / Essai de fenêtre dans le pisé

8 / Lits de briques de terre cuite pour contrôler l'érosion

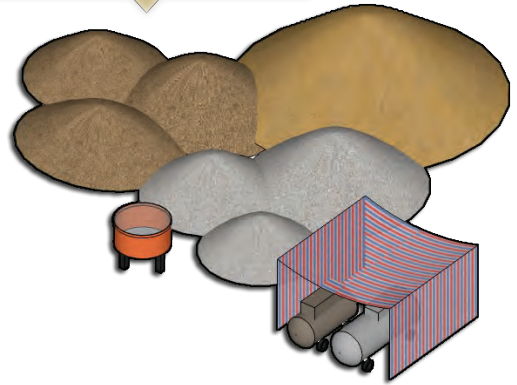
la tente de repos et de stockage

C'est ici que sont stockés tous les outils, ainsi que de la nourriture et la trousse de soin. C'est aussi l'endroit préféré des étudiants chinois pour faire une pause sans être vus.



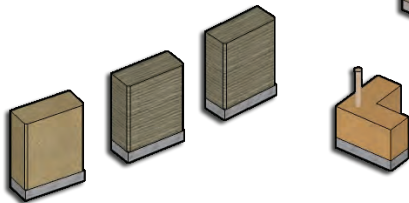
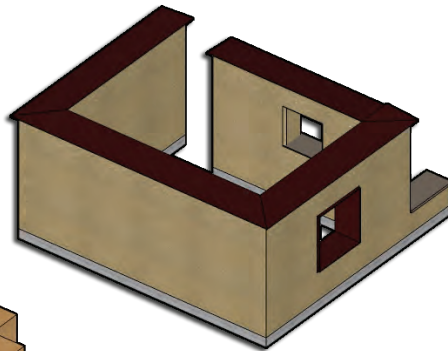
Les tas de sables et graviers

3 tas de grains de tailles différentes qu'on ajoute à la terre afin de la rendre plus résistante.



le bâtiment prototype

Construit en pisé avec la terre reformulée et des fondations en béton damé.



les murs test

Il s'agit de 4 échantillons de mur construits afin de comparer différents mélanges et différentes manières de construire.

les compresseurs

Petit abris protégeant les compresseurs et une partie de l'installation électrique des intempéries.



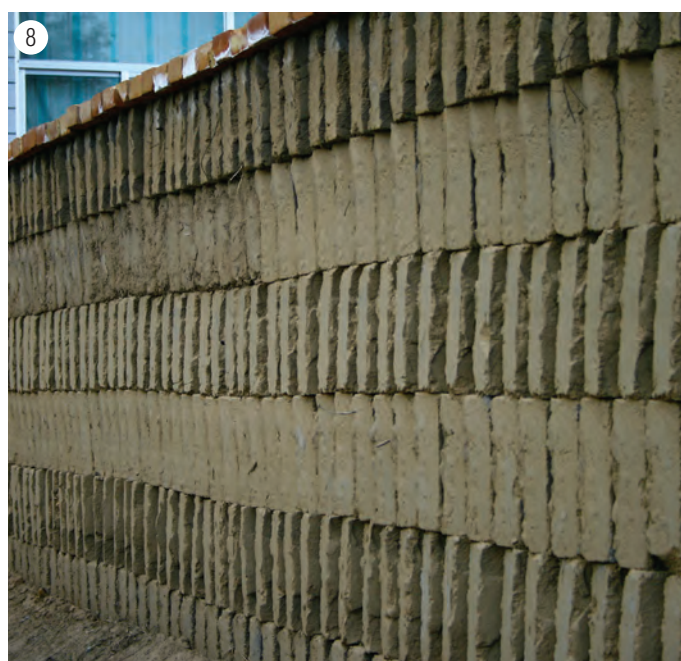
Façade Sud



▼ Compréhension du site

Pour cette première mission à l'étranger, nous avons compris l'importance qu'il faut accorder au contexte et aux cultures locales afin de savoir dans quelles mesures nous pouvons agir. C'est surtout au moment du chantier que l'échange avec les villageois a été très enrichissant et nous a permis de saisir un peu mieux l'essence de leur culture constructive liée au contexte aride de cette région. L'utilisation du pisé et des briques de terre compactés découle directement du manque en ressource d'eau.

Cette culture constructive a en grande partie été démontrée par leur technique traditionnelle. Cette technique qui utilise peu de matière, en particulier pour les coffrages reflète le manque de bois dans la région, et nous a aidé un peu plus à faire le lien entre le contexte et la manière de construire. De plus, il s'agit d'une technique ancestrale mais développée pour le pisé, contrairement à notre technique contemporaine qui nécessite des outils développés eux pour du béton coulé. Il serait intéressant de se pencher sur cette technique afin de développer un système de coffrage contemporain basé sur son fonctionnement.



- 1 / Préparation de la matière première.
- 2 / La terre est versée dans le coffrage par couches de 15 cm.
- 3 / Damage au fouloir pneumatique.
- 4 / Décoffrage.
- 5 / Organisation du site.
- 6 / Mur traditionnel superposant pisé et briques de terre compactée.
- 7 / Mur du clôture en pisé au village.
- 8 / Briques de terre compactée stockées dans un mur de clôture.



▼ Les échanges

Notre expérience de l'enseignement avec Patrice Doat a été très bénéfique tout au long de ce chantier. Alors qu'il était souvent impossible de communiquer complètement par la parole, cette expérience nous a permis de transmettre un savoir plus facilement en laboratoire et sur chantier, que ce soit avec des étudiants ou des villageois. Cet échange permet d'apprendre énormément sur les personnes avec qui on travaille.

Déjà expérimentés à la gestion de chantier au Festival Grains d'Isère, nous avons ajouté une corde à notre arc en encadrant un chantier à l'étranger, avec des étudiants étrangers ne parlant pas tous anglais et sans le luxe des machines et du stock de bois des grands Ateliers.



- 1 / Mélange de la terre avec des villageois et des étudiants.
- 2 / Étudiant et villageois travaillant ensemble.
- 3 / Un chantier dans un cadre exceptionnel.
- 4 / Photo avec les autorités locales.
- 5 / Photo de groupe avec les étudiants.
- 6 / Photo de groupe avec les villageois.







▼ Perspectives

Cette mission en Chine a avant tout été la première « mise à l'épreuve » pour nous de la reformulation enseignée en DSA par Romain Anger, Laëtitia Fontaine et Lionel Ronsoux. Même si nous avons eu l'occasion de l'expérimenter en Autriche avec Martin Rauch, nous avons abordé une toute autre démarche. Dans ce contexte, nous avons gardé la terre du site que nous avons « amélioré » en terme de résistance avec des sables et des graviers de la région. Aujourd'hui nous sommes satisfaits de cette reformulation puisqu'elle a permis de reconstruire un an après la maison des villageois tout en pisé. Jusqu'alors, les populations de cette région ne construisaient en pisé que pour des murs de clôture ou jusqu'à 2 mètres de haut pour leur habitation en raison de la composition de la matière qui s'avérait trop faible.

Architecturalement, même s'il s'agit de modifier la terre du site, on garde une grande majorité de la terre locale. Le résultat est flagrant puisqu'on retrouve un bâtiment à la texture différente des habitations locales, mais dont l'insertion dans le paysage de par sa texture et sa couleur ne fait pas défaut. La poésie de cette construction en terre reste présente malgré une modernisation de la forme et de la technique.



1 / Projet fini intégré dans son site.
2 / Prototype fini pour mettre à l'épreuve la technique.
3 / et 4 / Phase n°2 : construction des maisons en autonomie.









*Pedohèque

Orléans - France

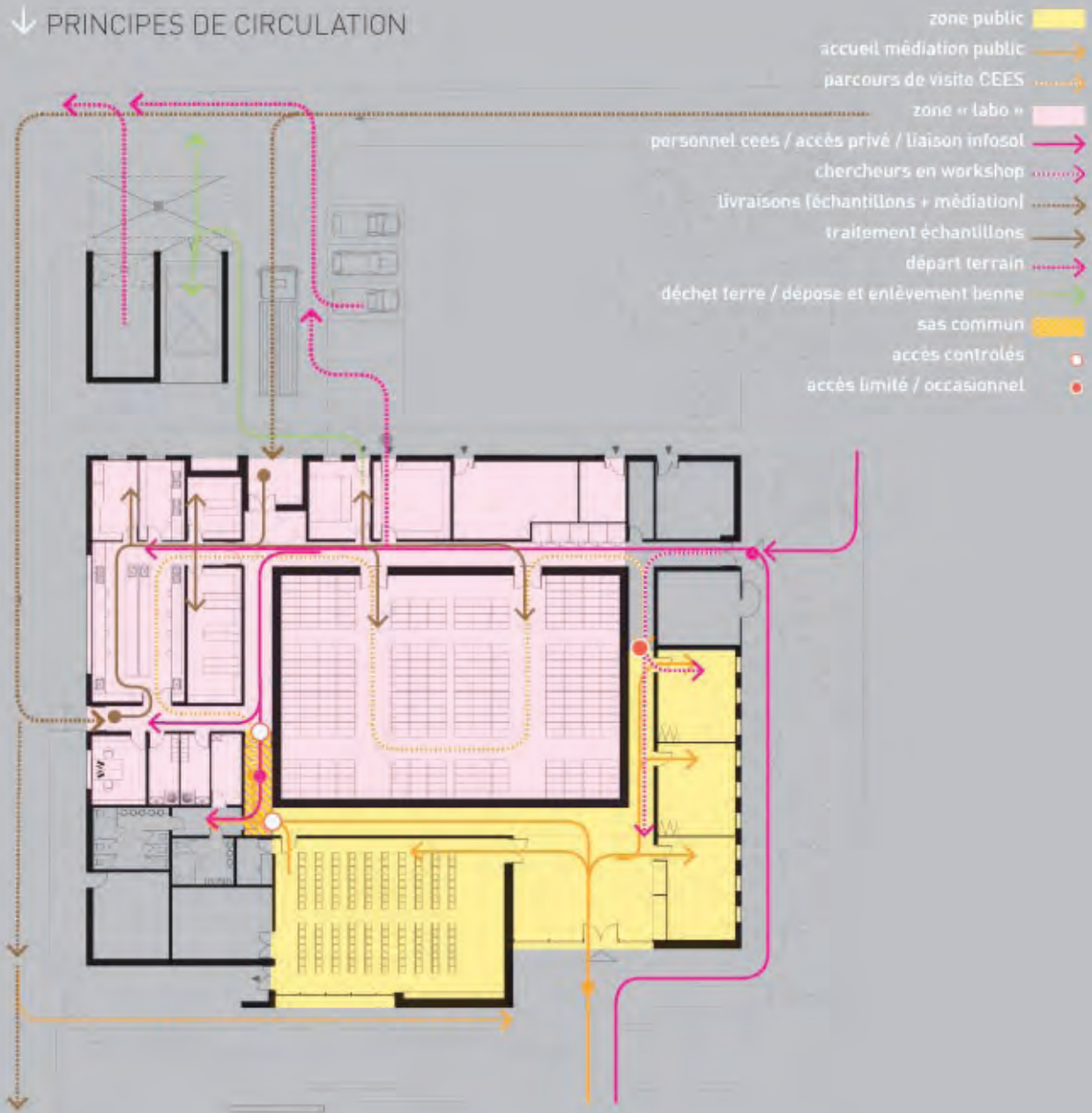
▼ Le projet

Durant l'été 2011, L'agence Le Tiec et Misse Architectes ont remporté un projet de pédothèque pour l'INRA à Orléans. La majorité des murs de ce bâtiment sont en pisé. Dans un contexte français où il est toujours difficile de construire en pisé pour des bâtiments publics, nous avons réalisé une mission d'expertise pour la construction en pisé de ce bâtiment.

Après avoir lu le rapport d'Alba Rivero Olmos qui témoignait d'une terre sableuse dépourvue d'argile, nous sommes partis pour Orléans afin de trouver une solution pour rendre cette terre pisable. Arrivés sur place, après avoir fait extraire suffisamment de terre. Nous avons parcouru la région à la recherche d'une carrière capable de fournir en quantité suffisante une terre argileuse que nous pourrions remélanger à la terre du site. Une fois trouvée, nous en avons ramené suffisamment pour réaliser 2 murs test. Nous avons donc bâti 2 murs de mêmes dimensions, et de même composition à la différence que nous avons stabilisé l'un des deux à la chaux aérienne. Cet échantillon stabilisé est nécessaire pour rassurer le bureau de contrôle s'il venait à être frileux quand à l'érosion du pisé par exemple. Les deux échantillons ont eux servi à familiariser tous les acteurs du projet et notamment la maîtrise d'ouvrage avec le pisé en pouvant le voir de près et le toucher.



↓ PRINCIPES DE CIRCULATION



Si la réussite que représente la construction de ces deux murs test nous conforte dans l'idée que l'on peut reformuler à peu près n'importe quelle terre, nous restons septiques quand à l'ajout d'argile dans une terre. Dans une logique de fonctionnement de chantier, il revient trop cher d'ajouter de l'argile séchée vendue en sacs, et ajouter une terre argileuse sortie du sol nous confronte souvent à la présence de poches d'argile. Ces poches d'argile se matérialisent par des mottes collantes qui vont rester compacte dans le mur et donc créer une zone de faiblesse car vide de tout squelette. Il est plus aisé de réaliser une reformulation avec une terre de base pas trop humide et contenant déjà un minimum d'argile.

D'autre part, nous avons pu essayer la stabilisation du pisé, qui ne nous a pas réellement convaincus. La première difficulté rencontrée est l'accélération du séchage de la terre qui oblige à la mettre en œuvre plus vite ou à la surmouiller.

Enfin, on a pu constater qu'il était ensuite impossible de réparer correctement, de manière à ce que ce soit invisible avec un pisé stabilisé. Il ne faut pas oublier que même avec de la chaux, la stabilisation casse le cycle de la terre quand elle ne la pollue pas.

Après cette mission, nous réalisons qu'il est préférable de reformuler une terre afin de vraiment optimiser la matière terre plutôt que de la stabiliser.

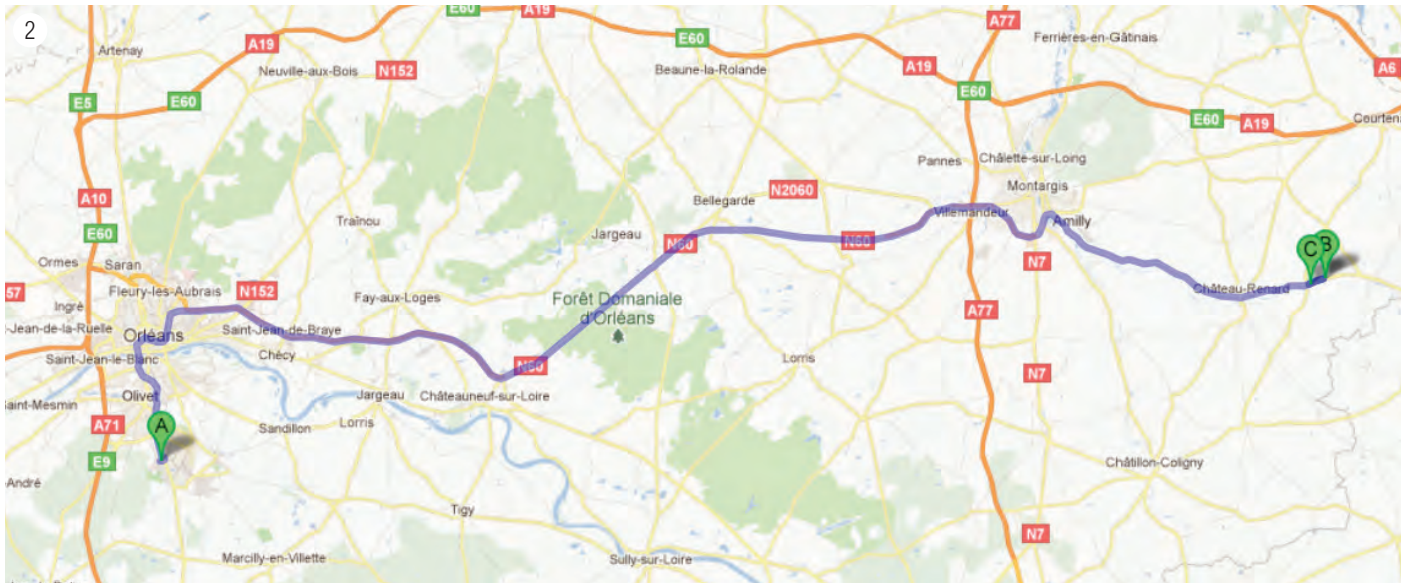
1 / Les deux murs tests terminés. Celui de gauche est stabilisé à la chaux aérienne.

2 / Trajet parcouru pour trouver des carrières contenant des argiles.

3 / Carrière Bardat SARL, site de la poussetière. Nous avons trouvé un mélange de terre argileuse avec une terre calcaire.

4 / Site de la tour de Bourges, c'est ici que se trouvent les poches d'argiles.









4

- 1 / Extraction de la terre sableuse du site.
- 2 / Extraction de la terre argileuse en carrière.
- 3 / Les deux tas de terre destinés à être mélangés.
- 4 / Terre à piser produite par le mélange des deux terres.
- 5 / Coffrage dans lequel nous avons damé les murs test.
- 6 / Le fouloir damant la terre dans le coffrage.



5



6

Vue perspective de l'intérieur du hall d'entrée.





↙
salle
conférence

espace
laboratoire
et pédagogie
tailleuses



*Maison individuelle

Australie

▼ Le projet

Juste avant de débiter la préparation d'un chantier en Belgique au mois de février 2012, nous avons réalisé pour le CRAterre une reformulation d'une terre venue d'Australie. Outre la distance, l'enjeu sur cette mission est de trouver une solution pour pouvoir faire du pisé sans stabilisant dans un pays où des règles de construction sont déjà établies obligeant à recourir à la stabilisation du pisé pour des questions de résistance mécanique.

Cette étude n'a pas encore abouti mais nous pouvons d'ores et déjà dire qu'il est compliqué de valider des résultats basés sur des éprouvettes de 10 cm x 10 cm x 20 cm sans réaliser un test à échelle 1 : 1.

1 / Agrégat latéritique.

2 / Les agrégats explosent à la compression.

3 / Essai à la compression uniaxiale.

4 / et 5 / Échantillon reformulé.



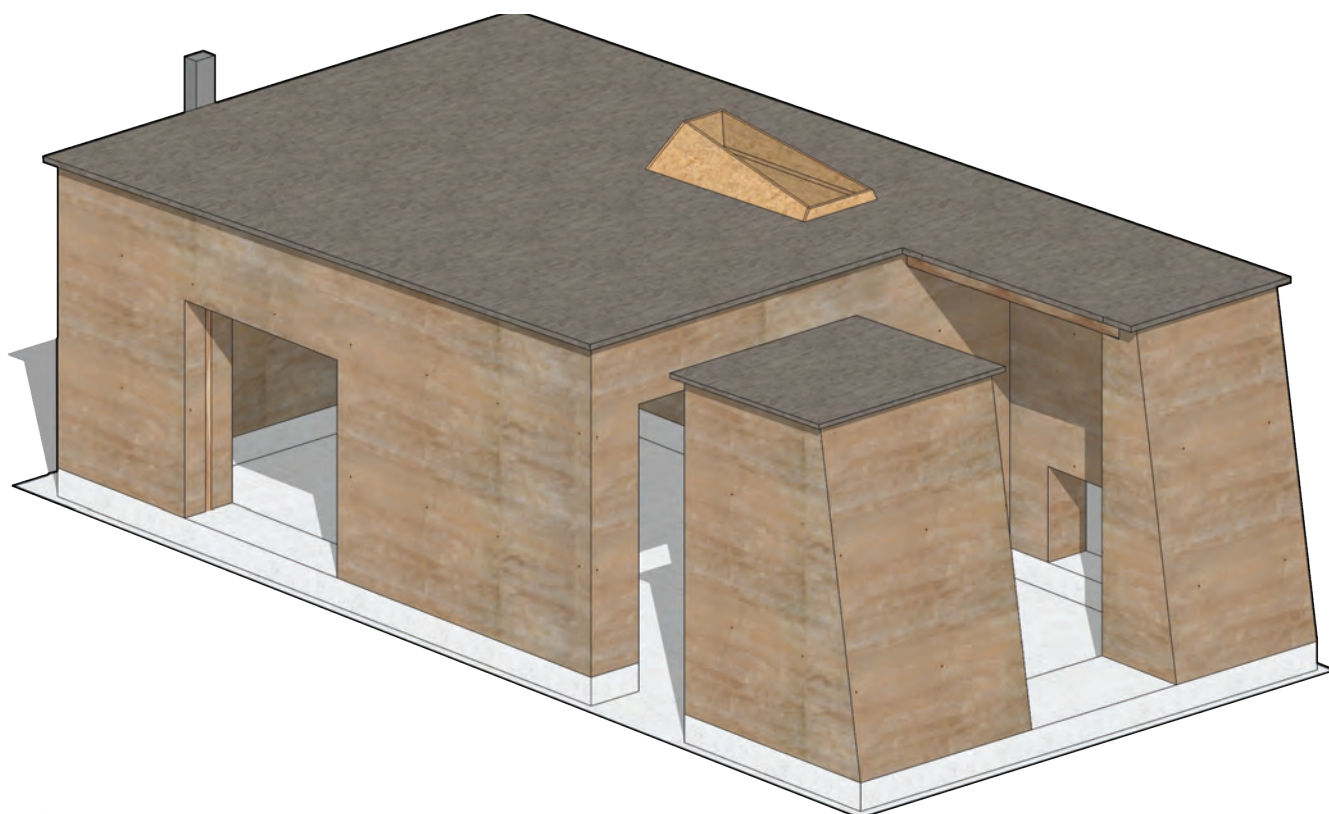


*Maison de chasse

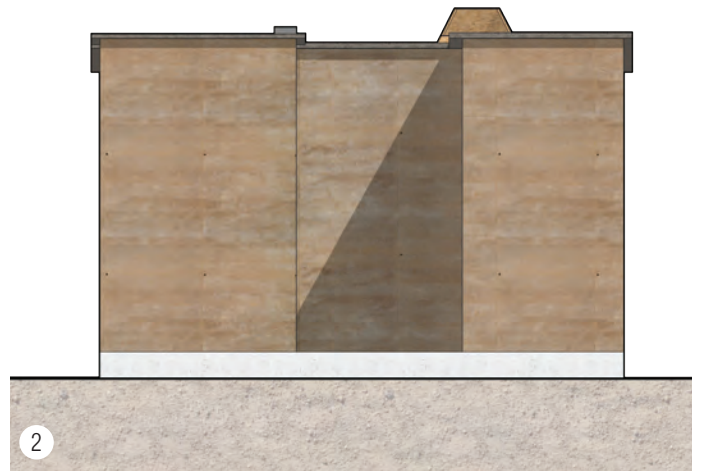
Aalst - Belgique

▼ Le projet

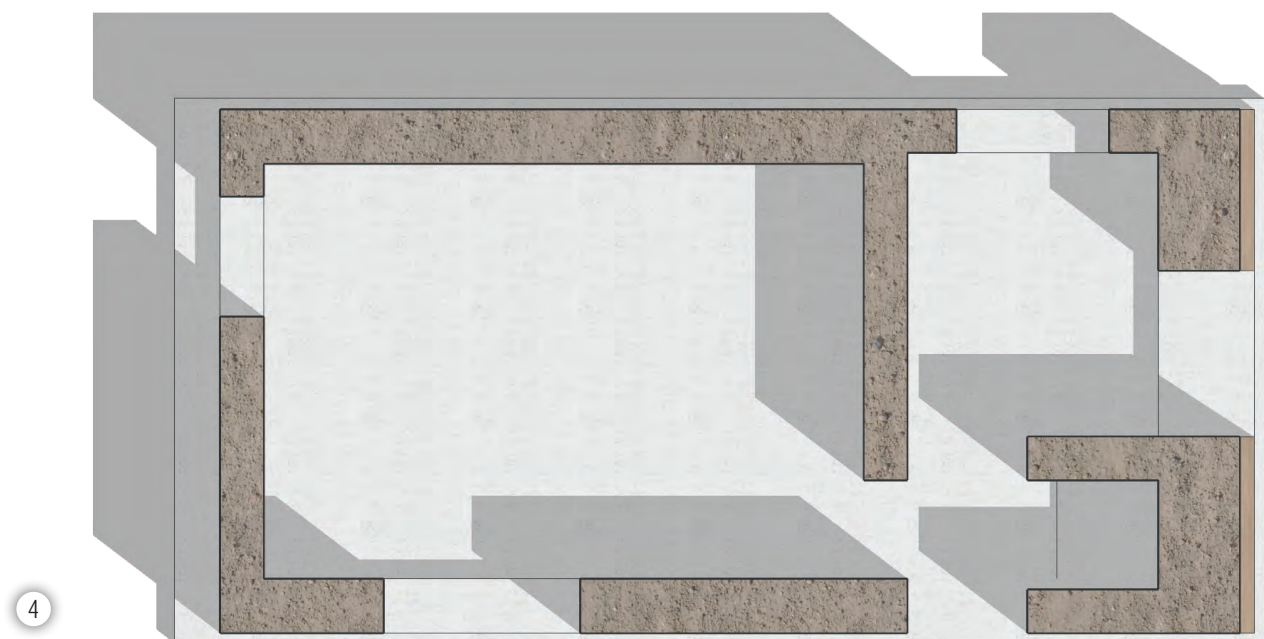
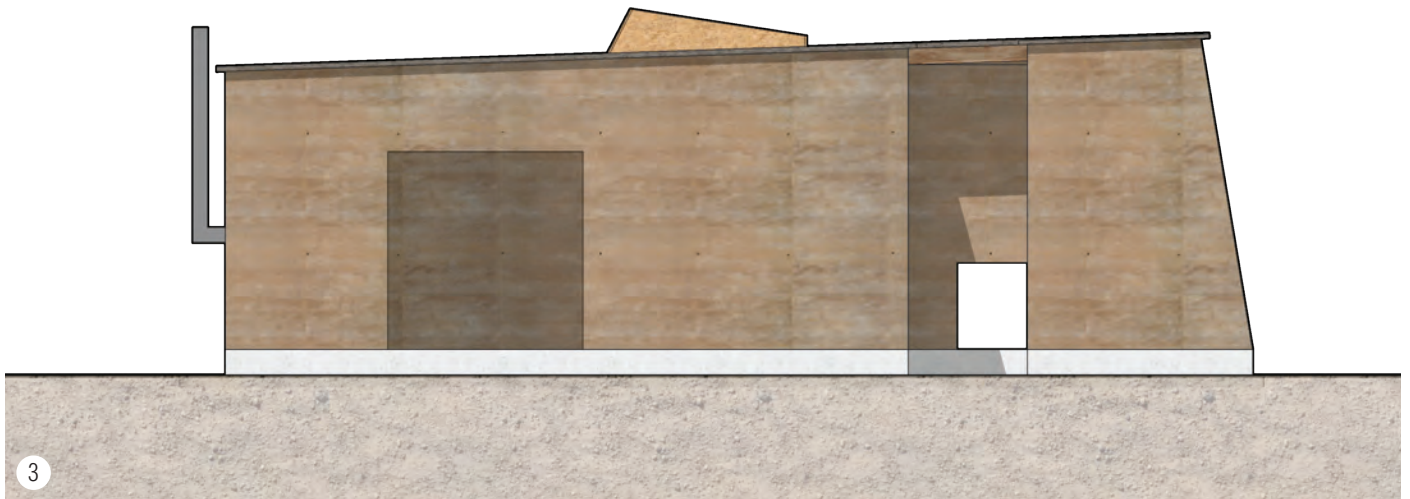
A l'instar de Mu Jun, nous avons rencontré en Autriche lors du workshop Earthworks 2010 le jeune architecte Ken De Cooman. Depuis notre rencontre il a monté avec ses amis et confrères la structure BC Architecture (Brussels Cooperation). Cette structure est une agence d'architecture doublée d'une unité de recherche et d'expérimentation. Passionné depuis lors par la construction en terre, Ken a su saisir l'occasion que lui ont offert sa tante et son oncle de leur concevoir une maison de chasse dans leur propriété à Aalst, à une cinquantaine de kilomètres de Bruxelles. Pour ce projet, il a relevé le défi de le construire entièrement en pisé. Il a fait appel à nous pour analyser la terre du terrain afin de savoir s'il fallait la reformuler ou non dans un premier temps, puis nous l'avons aidé pour la mise au point des détails techniques. Puis il nous a sollicité pour encadrer en Belgique la construction de cette maison de chasse. Afin de réduire le coût de la construction en pisé, Ken a eu la judicieuse idée de transformer ce chantier en 2 workshops de deux semaines chacun.



1



- 1 / Vue axonométrique de la maison de chasse en pisé.
- 2 / Façade Sud, la plus visible en arrivant.
- 3 / Façade Ouest, la plus ouverte.
- 4 / Plan de la maison de chasse en pisé.



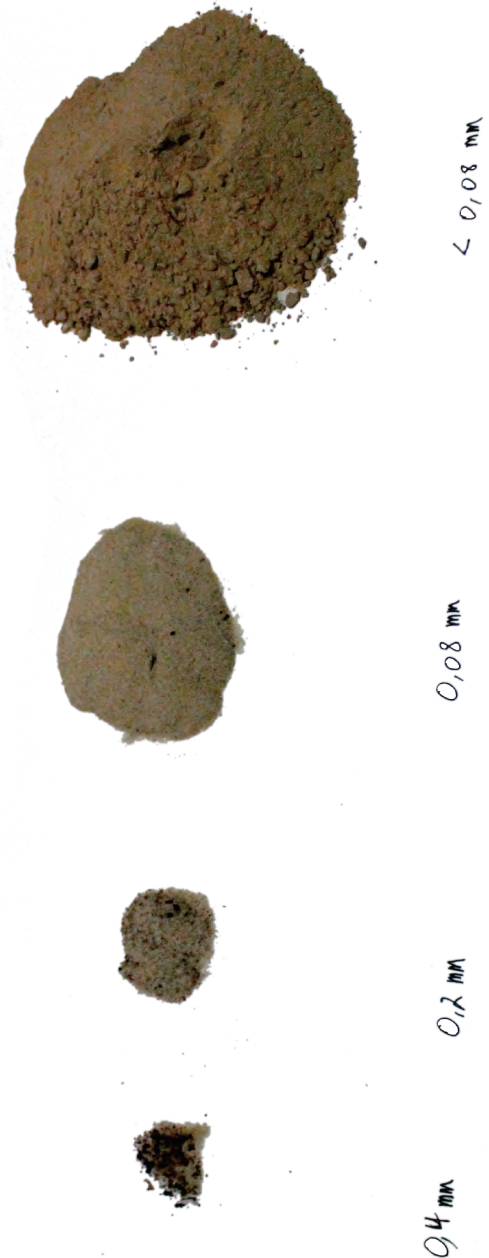
▼ Les analyses

Pour la première étape, Nicolas Coeckelberghs et Sebastian De Beir tous deux membres de BC Architects sont venus à Grenoble pour nous apporter la terre du site et réaliser les analyses avec nous. Nous avons d'après les tests de laboratoire une terre fine composée essentiellement de silts et de très peu d'argile. Nous avons opté pour l'ajout de sable et de graviers à cause du manque de squelette, mais pas d'argile. La Belgique étant un pays humide, si nous trouvions une terre argileuse elle serait faite de mottes inutilisables (cf. Orléans).

Dans un second temps, nous avons aidé l'équipe à dessiner les détails de construction alors nombreux. Prise électrique, soubassement en béton, chaînages, linteaux, charpente bois intégrée au mur, autant de détails qu'il ne fallait pas négliger pour assurer la pérennité du bâtiment.

Enfin, le workshop d'un mois a été suffisant pour réaliser l'ensemble des murs en pisé du projet. Même si Ken avait prévu un entreprise pour finir le travail au cas ou. Nous avons réussi à terminer ce chantier malgré une météo belge capricieuse sur la fin du deuxième workshop.

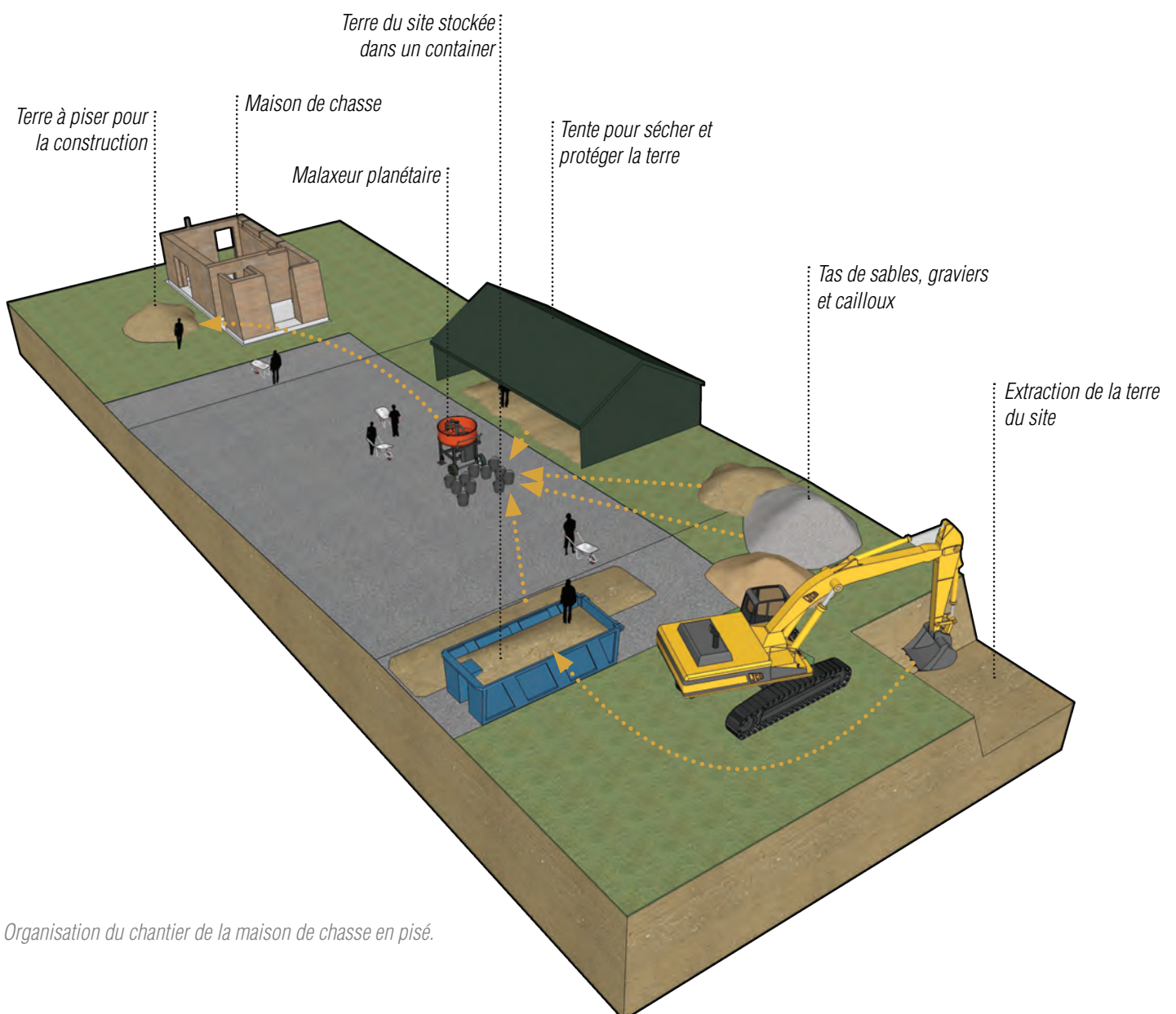
Pour cette opération, nous avons pour la troisième fois réussi à produire un bâtiment en pisé malgré la qualité de la terre pour cette technique. Le défi à relever était d'autant plus compliqué que l'humidité ambiante ainsi que la météo pluvieuse de la Belgique ont considérablement ralenti la production de la terre à piser sur site.



▼ La construction

Ce chantier a aussi été l'occasion de réaliser un grand nombre de détails techniques bien pensé au préalable. Nous avons réalisé une insertion de raccord de plomberie pour installer un lavabo, une réservation pour un radiateur électrique avec une gaine électrique en attente, un chaînage en béton, plusieurs linteaux en béton dont un sur une portée de 180 centimètres et l'insertion d'une poutre en bois dans le mur pour reprendre la structure de toit. Cet aspect technique a été très enrichissant en tant qu'architecte car il donne une vraie idée de la faisabilité de chaque détail que nous avons fait, et d'éventuels autres détails que nous pourrions envisager à l'avenir. Il donne aussi une dimension plus « universelle » au pisé, plus abordable par l'architecte et fait oublier cette idée reçue que les interfaces avec le pisé sont compliquées.

Nous avons ainsi pu aborder d'autres enjeux de la construction en pisé. En effet, sur le plan économique, nous nous sommes demandé quelle solution était la plus logique. Pour utiliser la terre du site, il a fallu tous les jours la sécher au soleil ou avec un engin fonctionnant à l'essence, puis la mélanger avec trois tailles de grains différents dans un malaxeur planétaire, puis la transporter jusqu'aux banches. L'utilisation de big bags de terre à piser achetés aurait été beaucoup plus facile et peut-être moins cher. Mais nous aurions certainement perdu l'essentiel dans ce projet comme l'aspect pédagogique du workshop, l'usage de la terre du site apportant toujours ce côté poétique, de la matière puisée du sol qui se retrouve dans les murs.



Organisation du chantier de la maison de chasse en pisé.





4

- 1 / Une participante hongroise reforme le tas de terre.
- 2 / La dame pneumatique en action.
- 3 / Le chantier est couvert entièrement.
- 4 / Détail de montant de porte scellé dans le pisé.
- 5 / Nous avons utilisé des coffrages intégraux.



5





Cette poésie du matériau a été renforcée par la conception de la maison de chasse par les architectes de Brussels Cooperation. Même si nous les avons averti, ils ont tenu à réaliser un bâtiment monolithique tout en terre avec une façade en biais que nous avons du stabiliser au vu de l'absence de dépassé de toiture pour protéger ce mur. Ce risque a été pris par les architectes et nous nous en réjouissons car ce sera l'occasion d'observer le comportement d'un bâtiment en pisé dans des conditions extrême c'est à dire non protégé dans un pays très humide et pluvieux.



*La cabane de lecture

Muttersholtz - France

▼ Le cadre

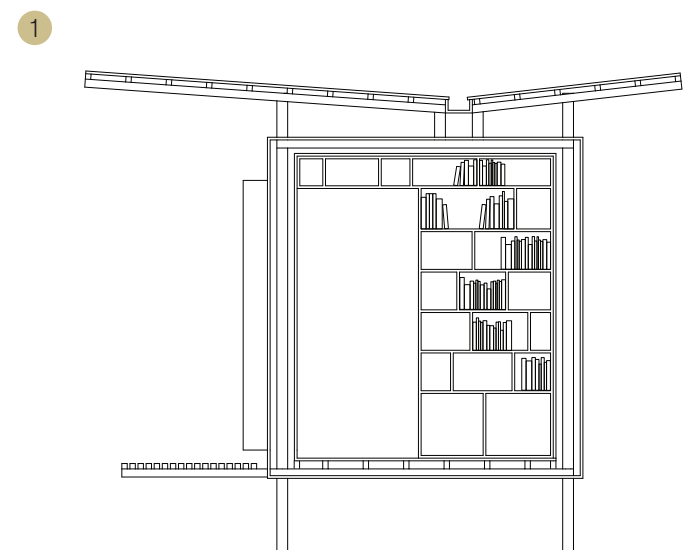
En janvier 2012, nous avons participé au premier concours Archi<20. Nous avons d'abord envisagé de rendre une esquisse « lourde » en pisé et une esquisse « légère » en ossature bois et enduit terre. Ce concours fonctionne comme un mini Solar Decathlon. : Parmi tous les participants, 20 finalistes sont retenus pour construire leur projet qui fera l'objet d'une exposition pendant l'été. Par manque de temps, nous avons rendu uniquement l'esquisse « légère » dessinée par Hugo, qui s'avérait être plus logique en raison du site marécageux et de la question économique. Ce projet ayant été retenu dans les 20 finalistes, nous sommes allés en Alsace à Muttersholtz pour construire « La Cabane de Lecture en Terre » qui avait été préfabriquée aux Grands Ateliers auparavant. Il s'agit d'un des rares projets sur lesquels nous avons dessiné. Nous avons pu réaliser une démarche complète, du dessin à la construction.



▼ Un espace de lecture

Ce petit projet aborde l'idée de se retrouver dans un cadre naturel pour échanger, apprécier ou se reposer autour du livre. Il s'agit d'un projet qui réinterprète l'idée du kiosque un lieu de contemplation ou de récréation, abrité du soleil par une toiture débordante.

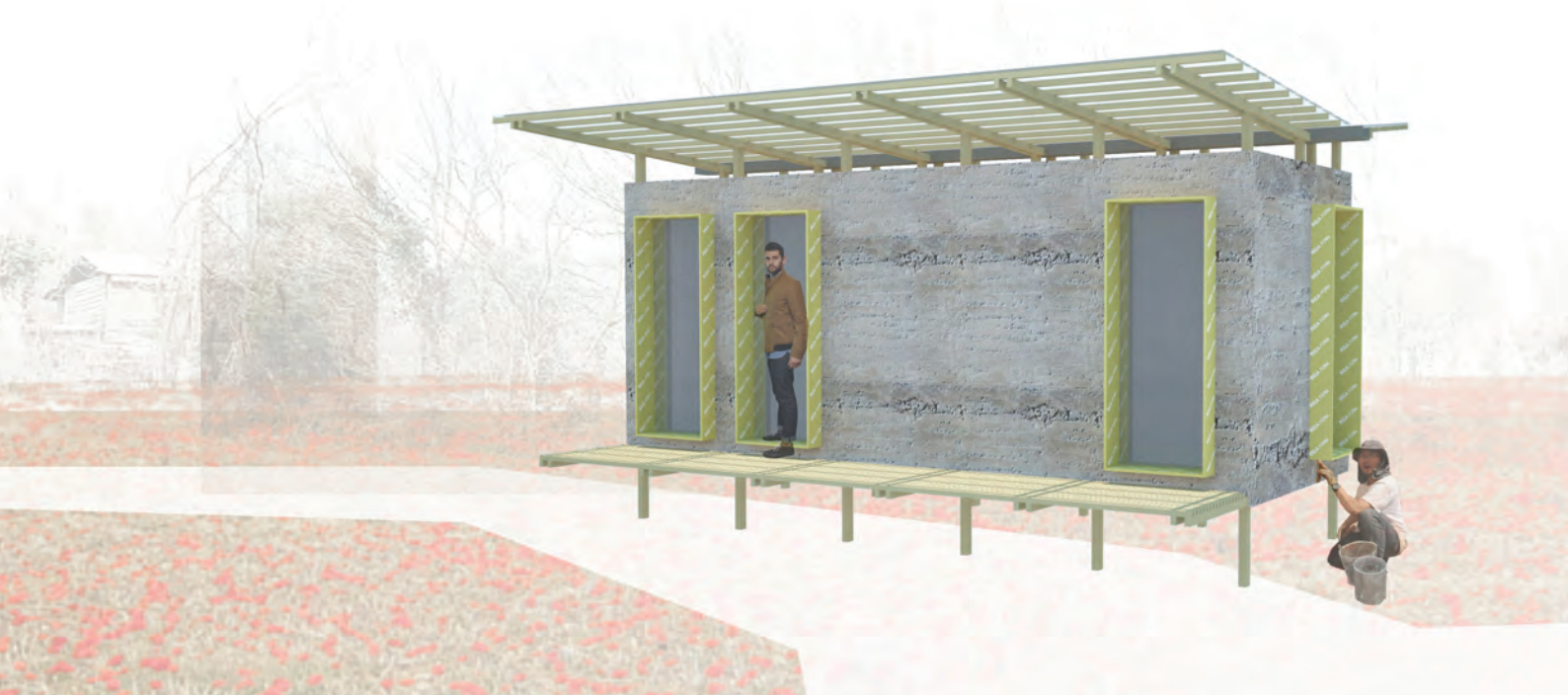
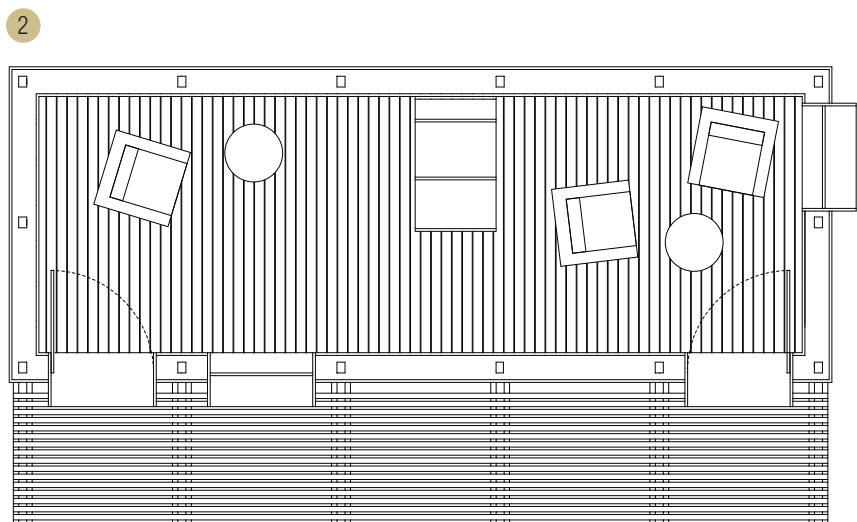
Hugo a dessiné une ossature légère la plus simple possible, formant un volume simple parallélépipédique décollé du sol, couvert par une toiture décollée en polycarbonate transparent. L'entrée de la cabane se fait par une terrasse devant le volume fermé. Nous avons agrafé des nattes de roseau sur l'ossature bois pour enfin l'enduire avec une terre déjà préparée achetée en big bag. L'espace intérieur est partitionné en deux par une étagère toute hauteur en OSB.



1 / Coupe du projet.

2 / Plan du projet.

3 / Perspective du projet.



1



▼ Une construction économique

L'objectif était de réaliser une architecture simple et très économique (environ 4000€ pour l'ensemble de la cabane) respectueuse de l'environnement au sens large. L'enduit terre permet une bonne intégration paysagère même si nous avons fait le choix d'utiliser de la terre provenant du département de l'Isère. Ce choix a été pris car nous n'avions que 5 jours pour construire, et qu'il était trop compliqué et coûteux d'extraire de la terre, de la tamiser, et d'y ajouter sable et fibres sur un site sans électricité et avec peu d'outillage.

A travers ce projet, nous avons expérimenté une méthode de communication par réseaux sociaux qui a été très positive. Nos proches et des gens intéressés ont donc pu suivre au jour le jour le déroulement du chantier, et ont partagé cette information.

1 / et 2 / Fixation de l'ossature bois.

3 /, 4 / et 5/ Application des enduits sur la structure en roseaux.

6 / Vue intérieure.

7 / Vue de la terrasse.



2













* Cuisine d'été

Villefontaine - France

▼ Un enseignement

Enseignants vacataires depuis maintenant 3 ans avec Patrice Doat, que nous assistons depuis 2005, nous avons tenu à continuer cette pratique en y associant le savoir-faire que nous accumulons depuis deux ans. C'est aussi en tant qu'anciens étudiants du Master AE&CC qu'il nous tenait à cœur d'encadrer les Master 1 sur la partie terre de la propédeutique matériaux, qui se déroule chaque année durant le Festival Grains d'Isère.

▼ La conception

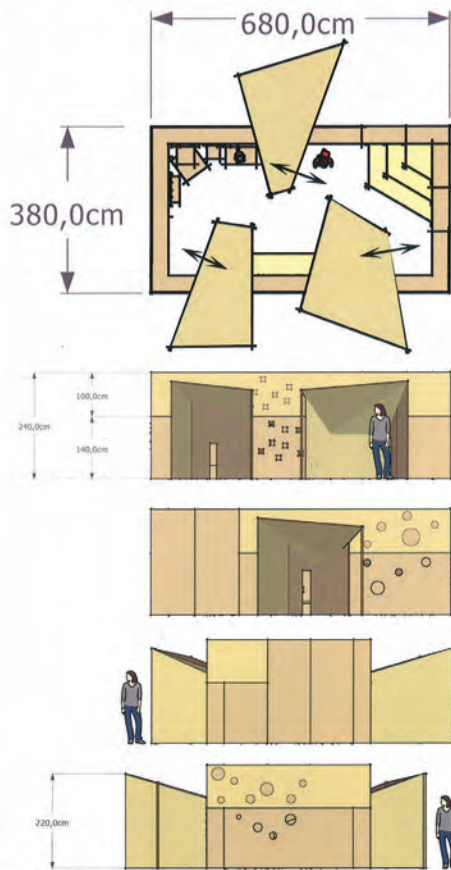
Désireux de faire concevoir et construire un prototype en terre à ces futurs architectes, nous avons lancé un exercice de conception pour lequel les 24 étudiants de Master 1 se sont divisés en plusieurs groupes de 3 ou 4 étudiants afin d'avoir plusieurs propositions. Après une semaine de travail, le directeur des Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau, Michel-André Durand, nous a fait part de son envie de créer une cuisine d'été réellement bien pensée à proximité de la cuisine existante, pour palier à la destruction du barbecue improvisé qui existait loin de la cuisine auparavant. Nous avons donc demandé aux étudiants de revoir leur copie en leur annonçant que l'objectif, et le site par la même occasion, avaient changé. Après une semaine de travail, nous nous sommes concentrés sur une esquisse que nous avons mi au point en équipe et pour laquelle les étudiants ont produit des plans de fabrication.

1 / Perspective du projet sélectionné.

2 / Planches d'esquisses réalisées par les étudiants en Master 1 AE&CC.



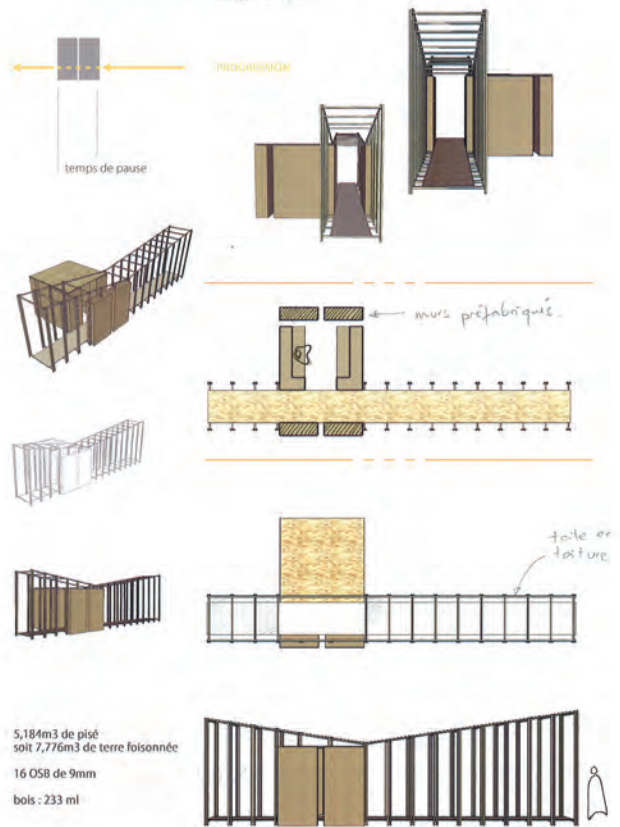
DEDALE POUR LILLIPUTIENS



A. FOUTELET // U. OZTURK // D. STUDER

PASSAGE

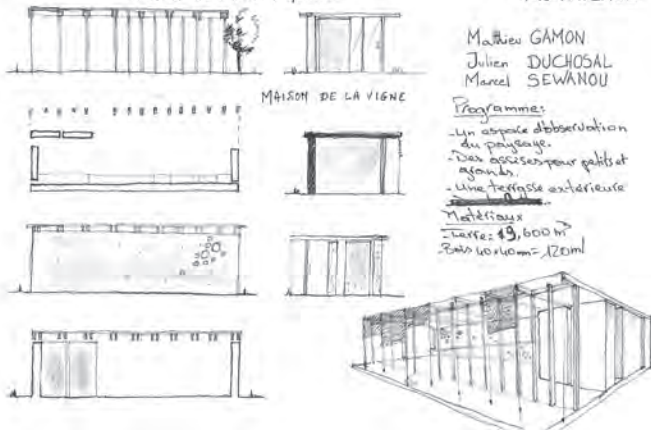
Victoria VIBERT
Rodolphe HIAS
Morgane VALENTIN



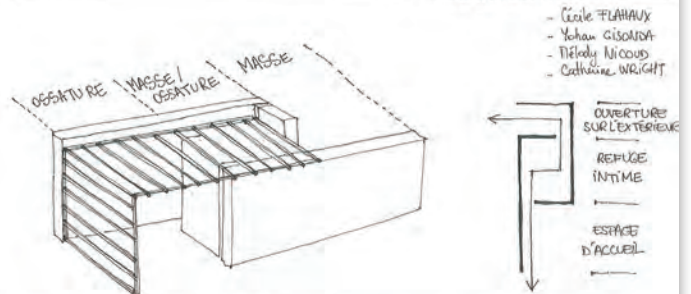
5,184m³ de pisé
soit 7,776m³ de terre foisonnée
16 OSB de 9mm
bois : 233 ml

20.05.12. QUALITE D'AMBIANCE
SIMPLICITE DE MISE EN OEUVRE
RAPPORT AU GRAND PAYSAGE.

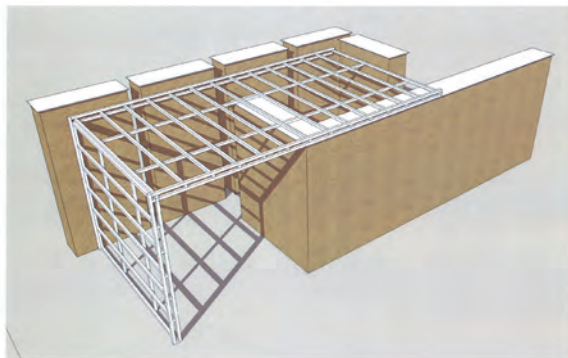
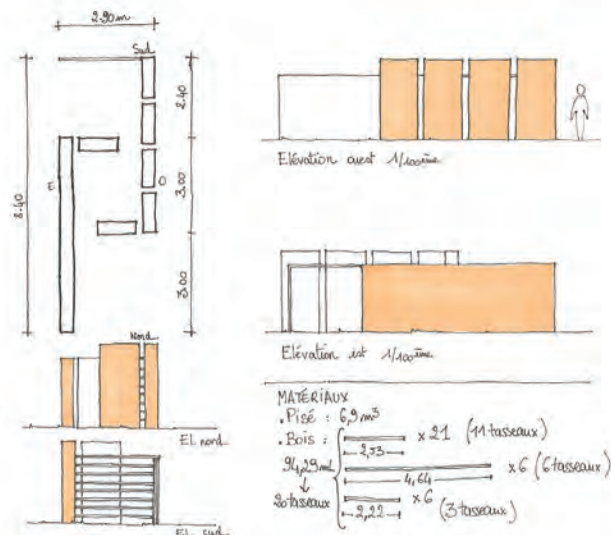
DE LA GROTTA
AU PAYSAGE



INTERREACTION



→ IMBRICATION DE 3 "L" : 3 ESPACES DÉFINIS PAR LE JEU MASSE / OSSATURE



▼ La construction

Nous avons pris deux jours et une dizaine d'étudiant pour implanter le projet, creuser des tranchées et couler les premières fondations en béton. Ils nous a fallu ensuite seulement 7 jours pour construire entièrement cette cuisine d'été avec les 24 étudiants du Master, une délégation d'étudiants de l'Université Technique de Stuttgart envoyés par Dominique Gauzin-Müller, et une classe de lycéens d'une lycée technique de Bourgoin-Jailleux. Pour la partie pisé, nous avons dammé 60 tonnes de terre foisonnée, pour obtenir 12 mètres cube de murs en pisé. En fonctionnant avec 3 fouloirs pneumatiques, l'apprentissage du damage a été aisé puisqu'en règle générale, la formation fait considérablement ralentir la production or ici, nous pouvons compter sur 2 dameurs efficaces d'un côté pour prendre le temps de bien expliquer la technique sur le troisième fouloir. La partie la plus ingrate, à savoir le déplacement de la matière, a été plus compliquée. En effet, la terre livrée était très mouillée, nous avons donc du la déplacer pour l'étaler sur une dalle en béton dans le but de la sécher, puis la ramener sur le chantier une fois humide comme nous le souhaitions. Cette partie du chantier contraignante n'en est pas moins le métronome de la réalisation. Il était donc important de garder un rythme soutenu, tout en gardant les étudiants motivés et leur faisant changer de poste, et en ne les fatiguant pas trop, surtout étant donné la météo très estivale qui nous a accompagnés jusqu'à la fin.

1 / On remplit les brouettes avec la terre raveleuse du Nors-Isère.

2 / La terre est séchée grâce au soleil.

3 / Chaque lit damé nécessite 45 seaux de terre.

4 / Décoffrage.

5 / On arrase la tête de mur.

6 / Un étudiant damant la terre dans le coffrage.





▼ L'architecture

Du point de vue architectural, les étudiants ont réussi à concevoir un projet qui s'intègre parfaitement aux Grands Ateliers, tant par son usage que sa forme. De plus, cette cuisine d'été est un symbole fort, qui montre à l'entrée des Grands Ateliers, l'idée même que cet endroit doit véhiculer, cette idée que par l'expérimentation et l'association des savoir-faire, on peut arriver à créer les plus belles architectures. Et peut-être sans le savoir, les étudiants ont conçu un projet reprenant la typologie des Grands Ateliers, en remplaçant la masse béton par de la masse en terre, matériau qui aurait normalement du constituer les murs de ce lieu hors du commun.

Nous avons constaté une fois encore que même avec une terre prête à piser, le simple fait de devoir la sécher prend autant de temps et d'énergie que d'amener des seaux de grains à mélanger dans un malaxeur d'où la terre sort avec la parfaite teneur en eau. Pour finir, d'un point de vue architectural, technique et pédagogique, la satisfaction était au rendez-vous. Nous n'avons rencontré aucun problème conséquent dans la mise en œuvre de ce bâtiment, les problèmes venant plus souvent de l'outillage. Pour ce qui est de la pédagogie, nous avons été satisfait de voir la motivation de chaque étudiant tous les jours et ce, malgré l'accumulation de fatigue. Il est aussi important de se rendre compte que tous les étudiants étaient fiers de leur travail à la fin.











*Desert Dream

Arizona - USA

▼ Le projet

Ce projet qui se déroulera cet été est un voyage d'étude proposant d'aller observer les architectures contemporaines en terre dans l'immensité du désert de l'ouest américain. Hugo à été nommé lauréat de la bourse 2012 de l'Institut d'Architecture Américaine pour réaliser ce voyage. L'idée de ce voyage est d'explorer l'architecture en terre contemporaine dans l'ouest des Etats-Unis et de comprendre les relations entre cette architecture, le paysage et la pensée de grands architectes comme Frank Lloyd Wright qui on compris ce lien.

Wright's desert academy

Taliesin West, est l'école que FLW ouvre suite à la crise économique de 1929. La pensée de FLW va évoluer et s'adapter à un nouvel environnement. Ainsi, le paysage et le climat désertique présents aux alentours de Scottsdale, fait évoluer sa pensée de la maison des prairies, qui admettra une toute autre dimension. L'importance de l'immensité du paysage américain va alors prendre tout son sens.

"the imagination of the mind and the imagination of the hand, need weave the environment, insides and outsides surrendering themselves up to everyone"

"desert works"

"Architecture has to be greater than just architecture. It has to address social values, as well as technical and aesthetic values."



Hank Louis

Rick Joy

Samuel Mockbee

1 FLW
Arthur Pieper House, 1952
Paradise Valley, Arizona



Des paysages multiples

Parfois fragmentés ou anthropiques, les paysages européens ont évolué de manière très rapide depuis vingt ans. Les architectures contemporaines perdent de leurs spécificités régionales. Les grandes étendues américaines nous offrent un cadre idéal pour comprendre cette relation complexe. Ainsi une étude de la relation objet/site semble primordiale pour aborder la question de cette architecture.

Le projet du voyage d'étude est de croiser différentes échelles afin de comprendre la pertinence contextuelle de ces projets. Il est ainsi proposé, au travers de plusieurs parcours effectués en voiture, de découvrir les différents paysages américains, ainsi que différents projets d'architecture contemporaine en terre, qui font écho à l'architecture de FLW. Et aussi de rencontrer différents architectes, afin de discuter de leurs influences culturelles et de leurs visions de l'architecture américaine.

2 FLW
Talesin West
Scottsdale, Arizona



3 FLW
Norman Lykes House
Phoenix, Arizona



4 Design Build Bluff
Red Mesa Chapter
Navajo Nation, Utah
2004 Rosie Joe house



5 Design Build Bluff
University of Colorado Denver
2010 Maxine Begay



6 Rick Joy
atelier d'architecture
400 Rubio Avenue
Tucson, Arizona



7 Rick Joy
Tucson Mountain House
Tucson, Arizona



8 Rick Joy
Catalina House
Navajo Nation, Utah



9 Rick Joy
Desert Nomad House



10 Rick joy
Convent Avenue Studios
Tucson, Arizona



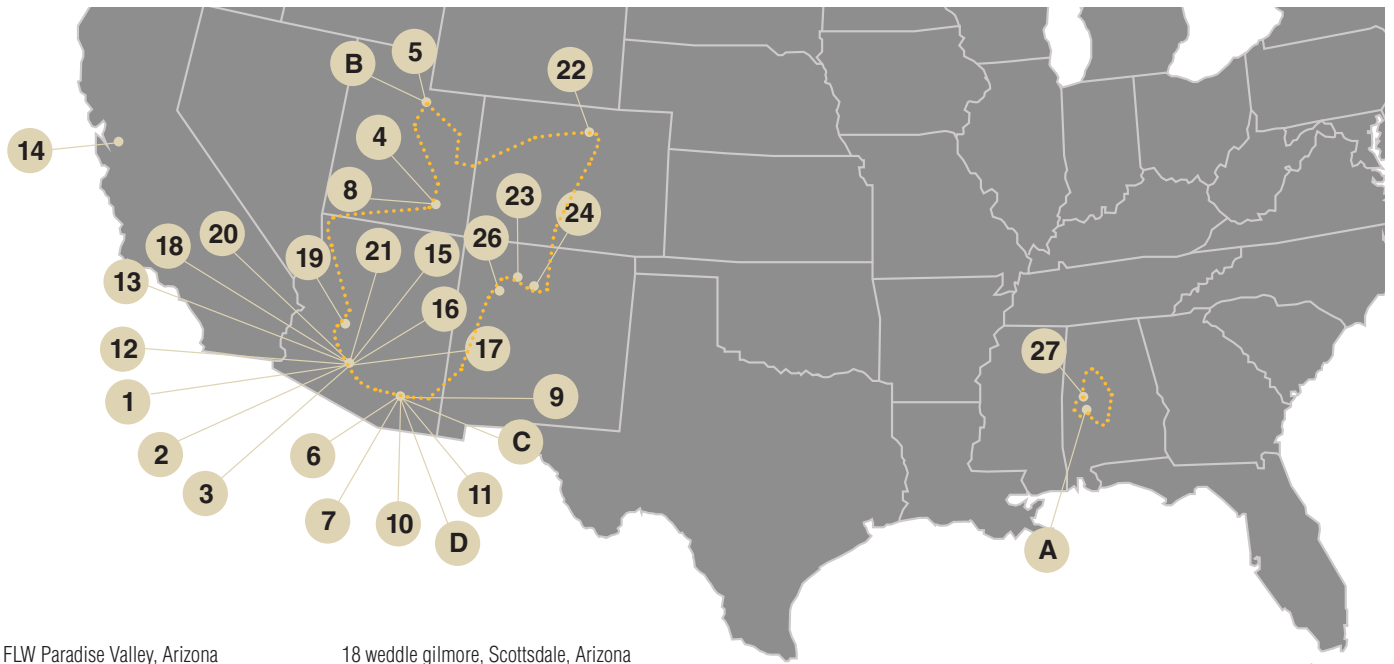
11 Gallo Powell
back 40
Tucson, Arizona



tu verras dans
le désert les
maisons de la
prairie

**Frank Lloyd Wright*





- 1 FLW Paradise Valley, Arizona
- 2 FLW Ccotsdale, Arizona
- 3 FLW Phoenix, Arizona
- 4 Design Build Bluff, Navajo Nation, Utah
- 5 Design Build Bluff
- 6 Rick Joy, Tucson, Arizona
- 7 Rick Joy, Tucson, Arizona
- 8 Rick Joy, Navajo Nation, Utah
- 9 Rick Joy
- 10 Rick Joy, Tucson, Arizona
- 11 Gallo Powell, Tucson, Arizona
- 12 Jones Studio, Scottsdale, Arizona
- 13 Jones Studio, Phoenix, Arizona
- 14 Steven Harris, Napa Valley, California
- 15 Kendle Design Collaborative, Scottsdale, Arizona
- 16 Simón de Agüero, brittlebush, Arizona
- 17 Weddle Gilmore, Scottsdale, Arizona

- 18 weddle gilmore, Scottsdale, Arizona
- 19 weddle gilmore, Prescott, Arizona
- 20 Weddle Gilmore, Phoenix, Arizona
- 21 Weddle Gilmore, Salt River, Arizona
- 22 Pyatt Studio, Boulder, Colorado
- 23 Predock Frane Architects, Jemez spring, New Mexico
- 24 Signer Harris, Santa Fe, New Mexico
- 25 Marie et Keith zawistowski, Puertecito, New Mexico
- 26 Rural Studio, Mason's Bend, Alabama
- 27 Rural Studio, Greensboro, Alabama

- A Rural Studio
- B Design Built Bluff Studio
- C Rick Joy
- D Mary C. Hardin
R. Larry Medlin

16 Simón de Agüero
brittlebush, Arizona

17 Weddle Gilmore
Lost Dog Wash Trailhead,
Scottsdale, Arizona



12 Jones Studio
Low Compound Residence
Scottsdale, Arizona

13 Jones Studio
House of Five Dreams
2004, Phoenix, Arizona

18 weddle gilmore
The Gateway to the McDowell Sonoran Preserve
Scottsdale, Arizona

19 Weddle Gilmore
Crossroads Center at Prescott College,
Prescott, Arizona



14 Steven Harris
Napa Valley House
California

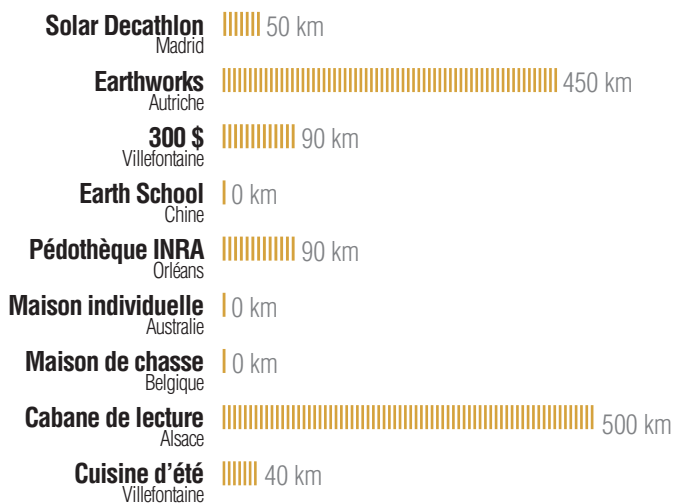
15 Kendle Design Collaborative
Pidding Residence at Desert Mountain
Scottsdale, Arizona

20 Weddle Gilmore
Lives at The Phoenix Zoo,
Phoenix, Arizona

21 Weddle Gilmore
Salt River Memorial Hall,
Salt River Pima-Maricopa Indian Community
Arizona

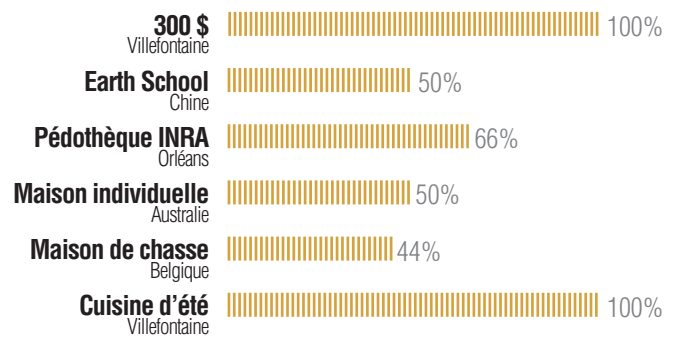


▼ Provenance de la terre



▼ Proportion de terre locale

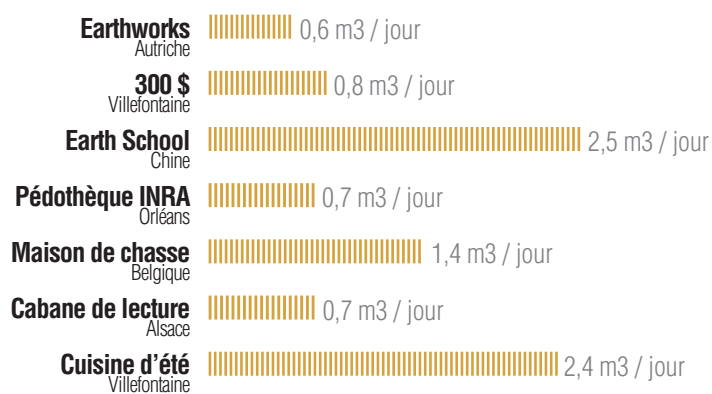
Pour les projets non représentés, nous avons utilisé de la terre en big bag.



Quelques chiffres



▼ Rendement



▼ Terre mise en oeuvre



Il est important de faire un bilan chiffré des différentes opérations. Ceci nous permet de jauger de l'efficacité d'une équipe et de la mettre en rapport avec notre pédagogie ou le contexte de chaque chantier. Il faut mesurer les informations sur le rendement, qui sont relatives au nombre de fouloirs.



Evolution de la pensée technique et architecturale



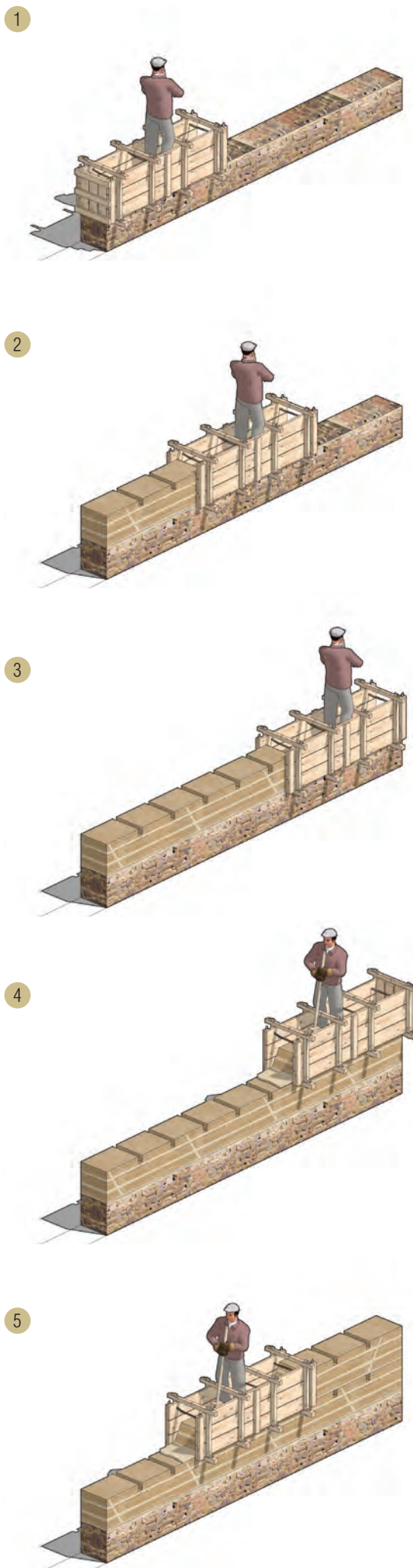
*La pensée technique

▼ Les outils

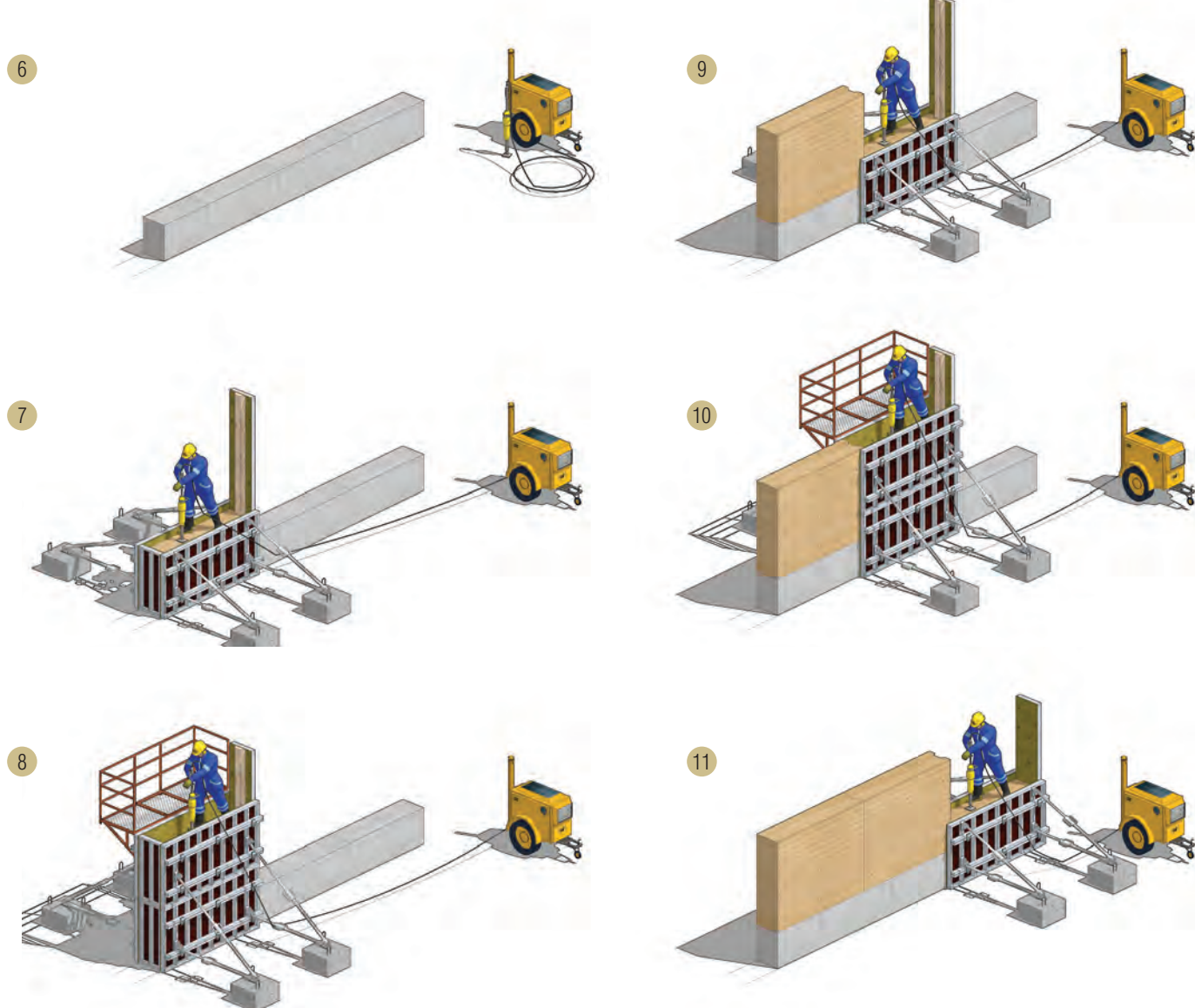
Dans la tradition le pisé était compacté à la main avec une dame en bois ou en métal. L'outil était léger car l'artisan piseur passait de village en village avec son matériel pour réaliser les chantiers. Les coffrages étaient composés de banches en bois faciles à manipuler.

Aujourd'hui le pisé se met en œuvre plus rapidement avec des équipements plus élaborés. Des fouloirs pneumatiques alimentés en air comprimé par des compresseurs sont utilisés pour compacter la terre. Cet équipement plus puissant nécessite des banches solides en métal pour résister aux poussées latérales lors du damage. Ces équipements permettent d'intégrer des échafaudages pour travailler plus en sécurité, avec de outils qui sont de plus en plus lourds et dangereux. La terre est mélangée dans des malaxeurs. Les outils utilisés ne sont pas développés spécifiquement pour le pisé puisqu'ils proviennent de l'industrie du béton et de l'extraction des sols. Ils n'ont donc pas été conçus pour cette pratique.

L'optimisation des machines permettrait de réduire la part de la main d'œuvre sur le chantier, et d'améliorer les conditions de travail et la sécurité sur le chantier. Indirectement, cela permettrait de réduire aussi le coût de la construction en pisé. Par exemple, le fouloir pneumatique est un outil puissant, lourd et difficile à contrôler dans un coffrage. Il a été conçu pour damer des plus grandes surfaces souvent situées au niveau du sol. Son usage en altitude est assez dangereux et compliqué. En déterminant la force maximum nécessaire à une compaction idéale, on pourrait dimensionner un outil certainement plus petit et donc plus maniable. D'autre part, l'acheminement de l'air comprimé par un tuyau en haut de l'outil gêne souvent lorsque l'ont doit lui tourner autour dans une banche de 40 centimètres. Pour éviter de devoir tourner autour, on pourrait imaginer un outil avec une dame plus large, adaptable à la taille d'une banche. Le même raisonnement peut être développé pour les coffrages. On utilise actuellement les coffrages à béton car ce sont les seuls assez solide pour résister aux poussées latérales infligées par le fouloir. Ces coffrages sont conçus pour y couler du béton, et attendre sa prise. Or le pisé demande de coffrer et décoffrer beaucoup plus rapidement. On pourrait imaginer un système similaire au système traditionnel chinois avec une meilleure résistance, qui permettrait de recoffrer très vite. Ce système devrait fonctionner avec des dimensions de banches adaptées au pisé. Les fabricants de malaxeur sont sans doute les premiers à développer des outils pour la terre. Il existe des entreprises hollandaises qui conçoivent des malaxeurs planétaires spécialement conçu pour la construction en terre, enduit ou pisé.



1 / 2 / 3 / 4 / et 5/ Technique du pisé traditionnel, utilisation d'outils légers et évolution horizontale des coffrages.
 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / et 11/ Technique du pisé contemporain, utilisant des outils qui facilitent le travail et améliorent la compaction.



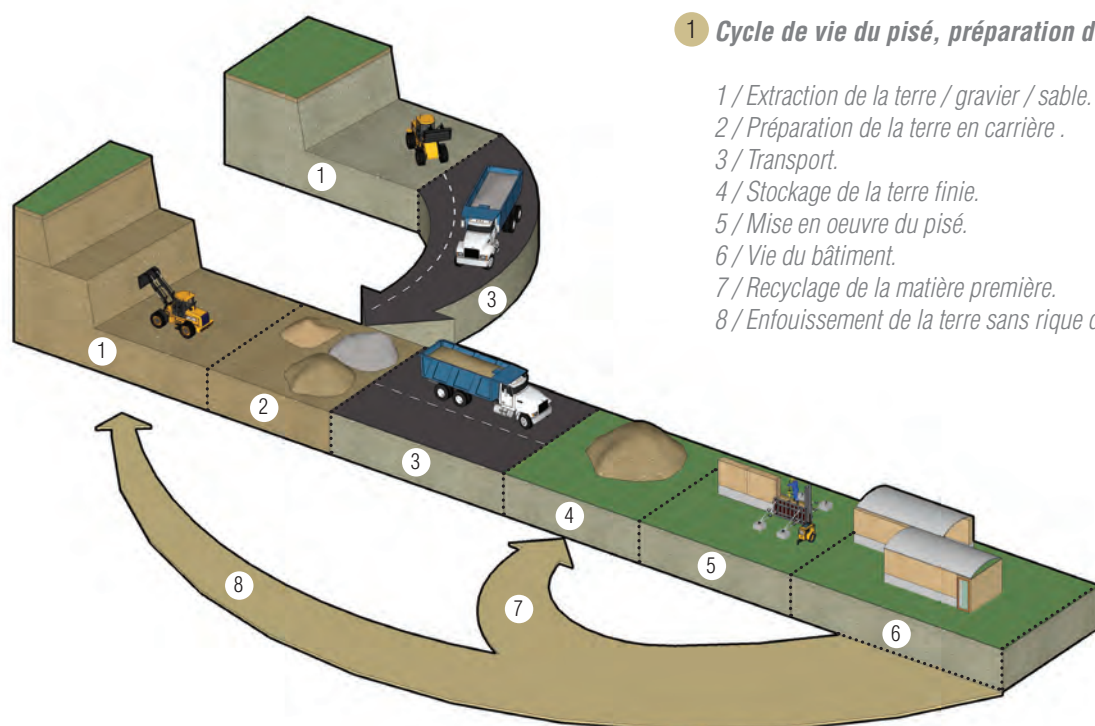
▼ La production de la matière première

En reconnaissant les qualités esthétiques, écologiques, économiques et thermiques du pisé, on est en droit de remettre en question la production de la matière première à savoir la terre à piser. Le pisé ne doit peut-être plus être réservé aux régions ayant la chance de posséder une terre naturellement bonne à piser. Nous savons que la reformulation fonctionne dans la plupart des cas, est-ce un problème d'envisager de reformuler la terre sur chantier ou autrement pour permettre de construire en pisé partout ?

Nous avons pendant ces deux années de DSA mis à l'épreuve la reformulation de la terre pour construire en pisé à trois reprises. En partant à chaque fois d'un échantillon de terre sans squelette et avec peu de liant, nous sommes parvenus à obtenir une meilleure densité de matériau par reformulation. Mais le plus important est que ces essais de laboratoire aient pu être confirmés par des réalisations de bâtiment à base de cette matière reformulée. On ne peut pas prouver que cette démarche fonctionne partout, mais entre la Chine, la Belgique et l'Australie, on est en droit de penser qu'elle est applicable dans plusieurs régions du monde. Si la reformulation était acceptée et généralisée, elle faciliterait la généralisation de la construction en pisé, sans débauche d'énergie excessive.

On sait qu'aujourd'hui il est possible de se procurer de la terre à piser en big bag provenant de carrières où la terre est naturellement bonne. Si on prend l'exemple de la France, seul le nord Isère peut se permettre de produire ces big bags ce qui limite considérablement la progression de cette technique dans notre pays. En poussant le raisonnement de la reformulation un peu plus loin, on peut se demander en quoi est-ce illégitime de produire cette terre ailleurs ? On produit bien du béton partout à base de grains extraits dans des carrières proches des centrales, mais aussi de ciment dont la production et le déplacement représentent une débauche d'énergie phénoménale. On peut facilement envisager de produire de la terre à piser un peu partout en France, en se basant sur l'argile de la terre locale, à laquelle on ajouterait les grains du spectre manquants. On pourrait alors produire de la terre semi-locale, qui même modifiée ne casserait pas le cycle de la matière terre.

Pour les zones géographiques où l'on ne trouve pas de gros granulats, il serait possible d'utiliser les agrégats récupérés suite à la destruction d'édifices en béton. Cette idée nous est venue en Chine où nombre de ces déchets sont valorisés uniquement en remblais alors que des régions entières de la Chine n'ont pas des ressources en graviers et en sables.

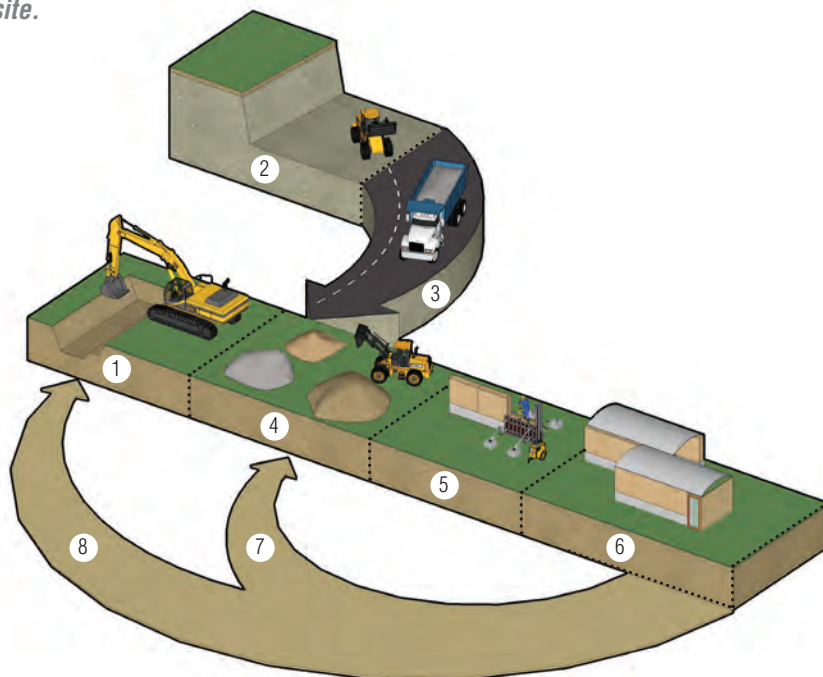


1 Cycle de vie du pisé, préparation du mélange en carrière.

- 1 / Extraction de la terre / gravier / sable.
- 2 / Préparation de la terre en carrière .
- 3 / Transport.
- 4 / Stockage de la terre finie.
- 5 / Mise en oeuvre du pisé.
- 6 / Vie du bâtiment.
- 7 / Recyclage de la matière première.
- 8 / Enfouissement de la terre sans risque de pollution.

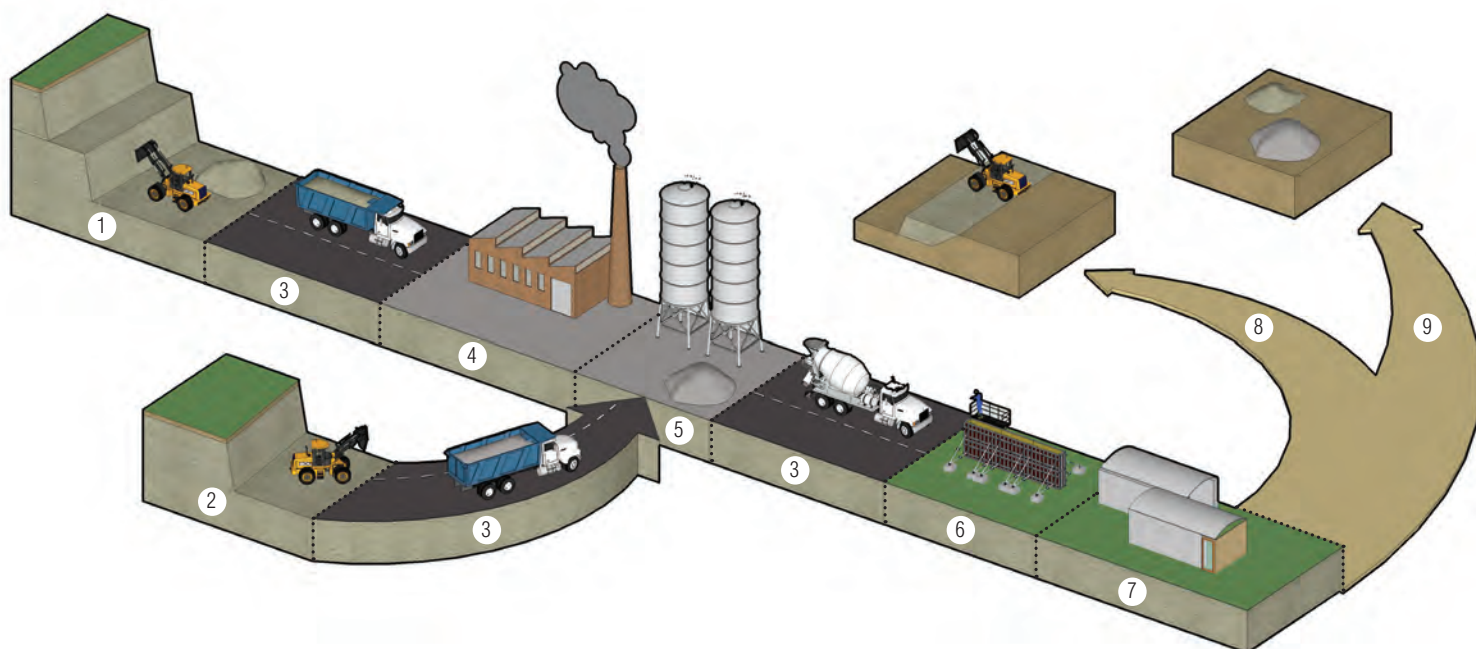
2 Cycle de vie du pisé, préparation du mélange sur site.

- 1 / Extraction de la terre sur site.
- 2 / Extraction des graviers et du sable.
- 3 / Transport.
- 4 / Préparation du mélange et stockage de la terre finie.
- 5 / Mise en oeuvre du pisé.
- 6 / Vie du bâtiment.
- 7 / Recyclage de la matière première.
- 8 / Enfouissement de la terre sans risque de pollution.



3 Cycle de vie du béton de ciment, préparation du mélange en carrière et dans les centrales

- 1 / Extraction du calcaire.
- 2 / Extraction des graviers et du sable.
- 3 / Transport.
- 4 / Cuisson à très haute température pour obtenir du ciment + broyage.
- 5 / Mélange du ciment et des grains dans les centrales à béton.
- 6 / Mise en oeuvre.
- 7 / Vie du bâtiment.
- 8 / Enfouissement des gravas pollution des sols.
- 9 / Revalorisation des gravas concassés dans la terre à piser.



▼ Stratégie de production nationale

Après analyse de la carte de France on constate qu'elle se découpe en deux grandes parties. Dans la zone sud les terres sont dites équilibrées (différentes tailles de grains), cela ne veut pas dire qu'elles sont directement bonnes à piser mais elles sont plus faciles à compléter ou tamiser pour réaliser une bonne terre à pisé.

Dans la zone nord les terres sont dites limoneuses (terre fines facile à travailler), ainsi on trouve traditionnellement beaucoup de torchis et enduits. Ces terres peuvent être mélangées avec des graviers et des sables pour obtenir une terre à piser.

Les zones sableuses ne sont pas un obstacle comme nous l'avons démontré pour le projet d'Orléans, même si cela n'est pas toujours évident il est possible de trouver à proximité des carrières qui disposent d'argiles pour réaliser un mélange plus cohésif.

La zone où l'on trouve traditionnellement des constructions en pisé est très limitée. C'est pour cela que se restreindre à cette localisation ne permettra pas au pisé de devenir une alternative aux autres matériaux de construction.

Il est possible d'envisager plusieurs réponses lorsque la demande vient d'une région se situant en dehors de l'aire géographique du pisé.

Une première possibilité est d'exporter une terre déjà bonne à piser avec des big bag partout où l'on veut construire en pisé. Dans ce cas on est certain de la qualité de la terre. En fonction des distances à parcourir, cette solution est moins soutenable du fait du coût énergétique et financier que représente le transport.

La deuxième possibilité est de reformuler localement une terre en carrière. Cette solution laisse au gérant de la carrière la responsabilité de fournir un matériau de qualité, elle évite de travailler la matière première sur le site et diminue de ce fait les difficultés de logistiques liées à la production de la matière première. Cette approche se trouve entre un fonctionnement local et un fonctionnement global.

La troisième possibilité est d'extraire la terre du terrain et de la reformuler sur le site pour obtenir une terre à piser. Cette solution est celle qui semble être le plus local pour l'approvisionnement et la production du matériau. Cependant en fonction des contextes (aléas climatiques, espace disponible, espace d'extraction) cette solution peut être difficile à mettre en œuvre.

Il n'y a certainement pas de choix à faire parmi ces trois hypothèses prospectives, toutes apportent certainement une solution dans un contexte donnée.

1 / Carte des répartition des sols français, source: INRA Orléans.



2 / Carte des zones géographiques des techniques de construction en terre crue, source : Bâtir en terre.



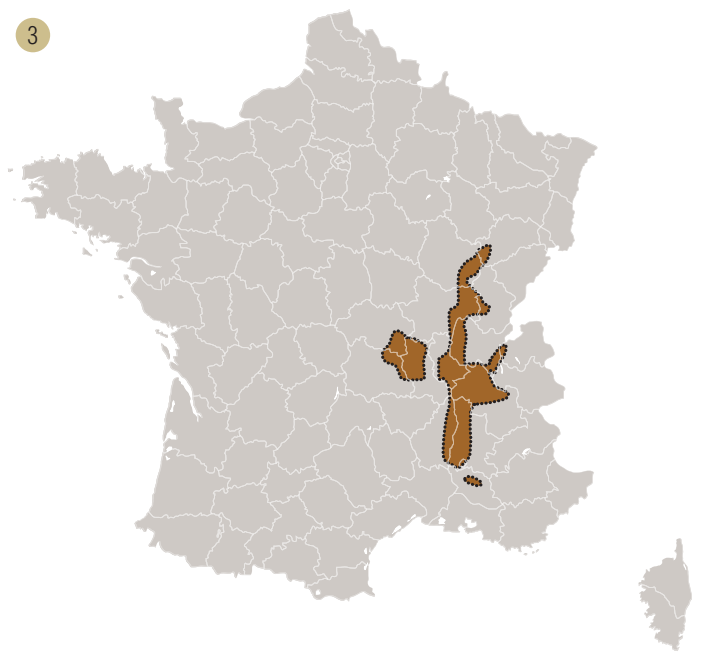
3/ Carte stratégie de limitation à la zone de construction en pisé.

4/ Carte stratégie exportation des terres à piser.

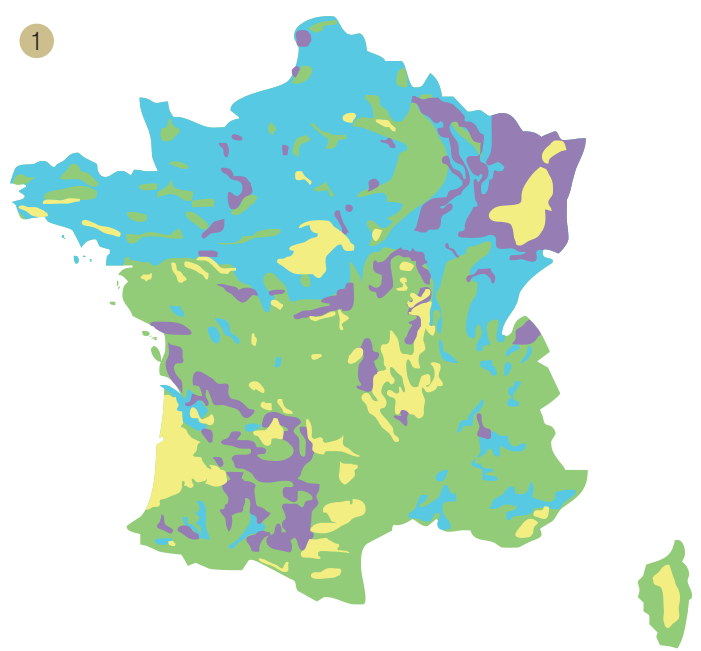
5/ Carte stratégie développement de centres de production localisés :



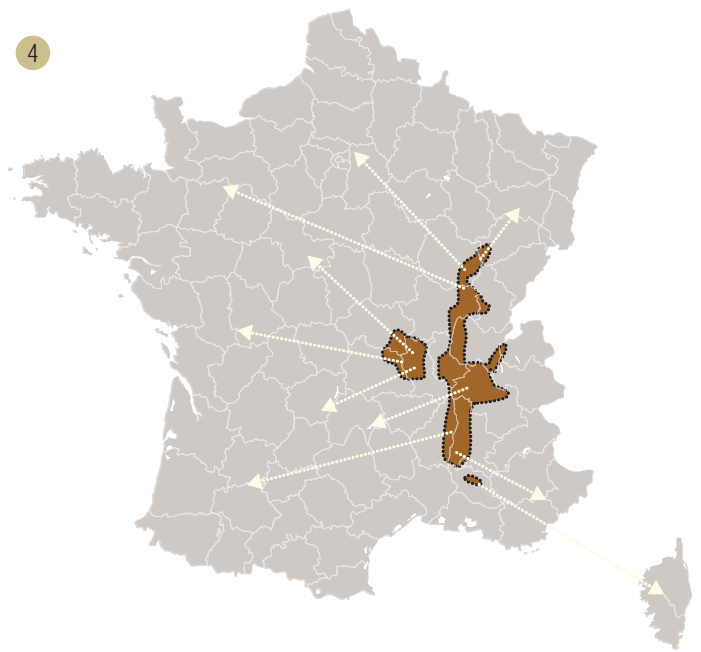
3



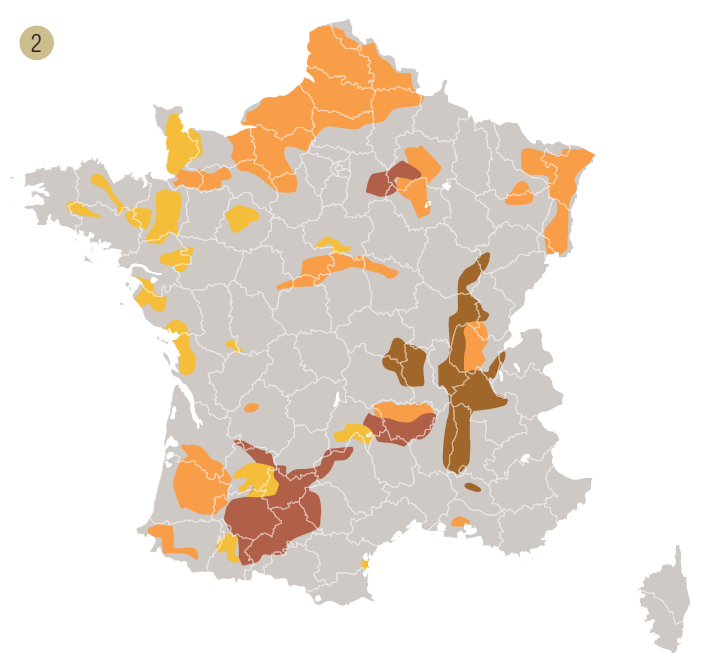
1



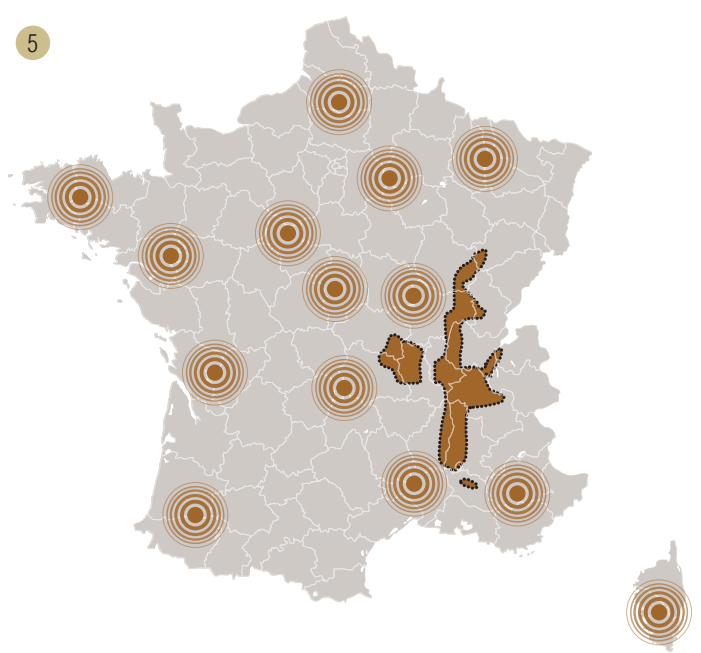
4



2



5



▼ Thermique

Il est possible de jouer sur les propriétés de la matière. JP Laurent explique dans sa thèse (Contribution à la caractérisation thermique des milieux poreux granulaires 1986) que la masse volumique sèche fait varier la conductivité thermique du matériau (cf. courbes de JP Laurent relation densité conductivité thermique). Il est envisageable de faire le même travail accompli sur la résistance du matériau et sa mise en œuvre en intégrant la donnée thermique. Cela permettrait de rendre plus aisée la caractérisation d'un matériau et ainsi de rendre plus simple la compréhension de son comportement.

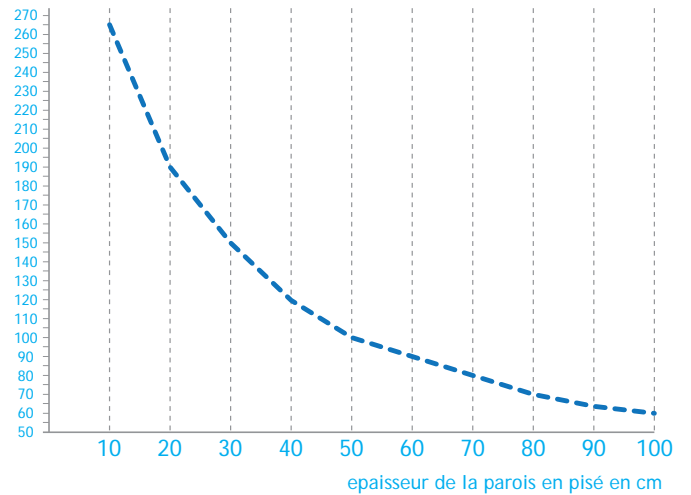
Il est envisageable d'établir une même relation entre la densité du matériau et sa régulation hygrométrique. En effet, la régulation hygrométrique dépend de la porosité du matériau et de la forme des ces pores. Nous avons vu dans la partie scientifique que plus le matériau est dense moins il existe de « trous ». De ce fait il est possible de caractériser la porosité d'un matériau par sa masse volumique. Reste alors à trouver comment caractériser la forme des ces pores et faire une relation entre tous ces paramètres et la capacité de régulation du matériau.

A l'échelle du bâtiment :

Suite à un stage mené chez l'agence d'éco-conception exNdo Studio, nous avons compris les difficultés que représente l'idée de rendre un bâtiment en pisé performant. Les études menées montrent que pour entrer dans la réglementation thermique 2012 il est nécessaire d'isoler un bâtiment. Cependant le matériau terre est très intéressant pour le confort d'été. Par ces propriétés d'inertie elle régule la température intérieure, et si elle est bien dimensionnée permet de se passer de climatiseur.

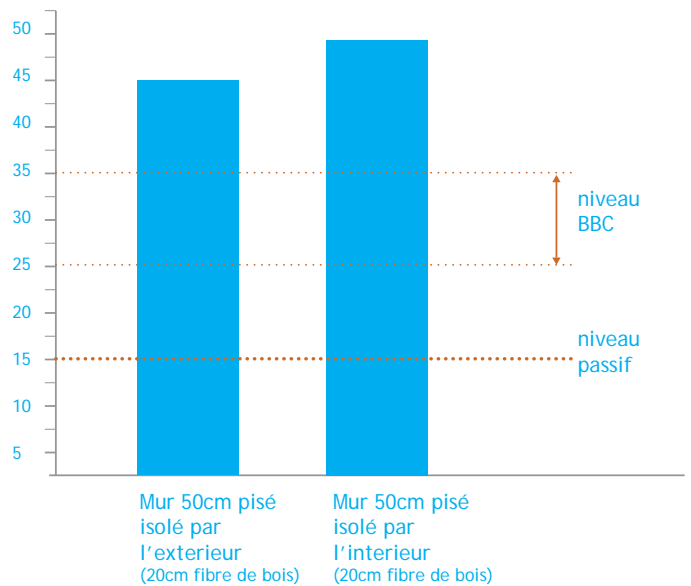
2

Besoin de chauffage en KWh/m².an



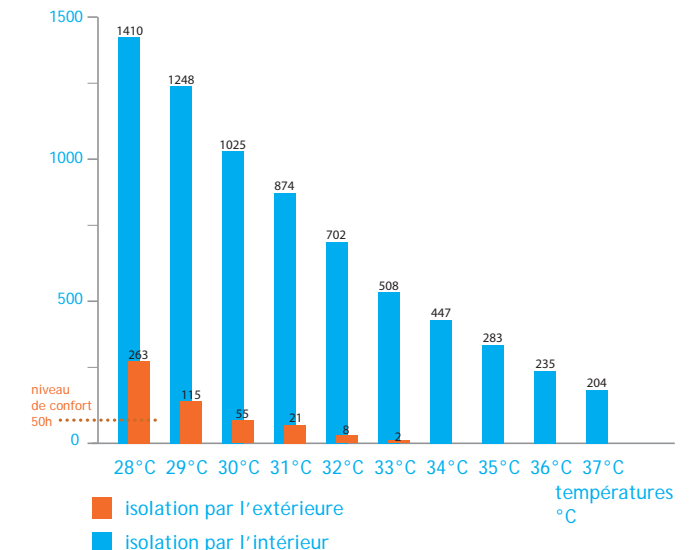
3

Besoin en chauffage KWh/m².an



4

nombre d'heures cumulées



1

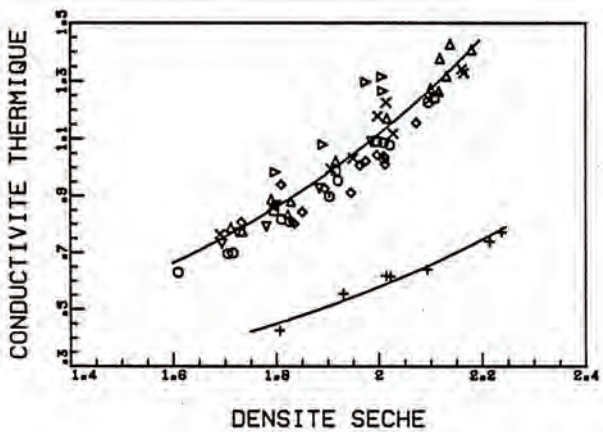


Figure 55 : Synthèse de tous les résultats obtenus à l'état sec.

- + Latérite
- x Isle d'abeau
- ◇ La verpillière
- CD300 n°1
- △ CD300 n°2
- Oussouye
- Niambalang
- ▷ Marquis
- ▽ Marchand

1 / Relation conductivité thermique / masse volumique sèche
 source : Thèse Laurent, J-P. Contribution à la caractérisation thermique des milieux poreux granulaires, 1986.

2 / Courbe montrant l'évolution des consommations d'énergie en fonction de l'évolution de l'épaisseur du mur.

3 / Comparaison des besoins de chauffage, isolation intérieure / extérieure.

4 / Comparaison taux de confort en été, isolation intérieure / extérieure.

*La pensée architecturale

▼ La relation homme, site, territoire

L'Homme vient de la terre

L'Homme s'est servi de la terre pour planter, se nourrir et s'abriter. Dans un premier temps il a utilisé des cavités naturelles dans les strates rocheuses, puis a su s'adapter pour pouvoir vivre plus loin et concevoir lui-même cette cavité. Ainsi le pisé est beau et nous émeut car il représente l'art que l'homme a su mettre en place pour façonner les sols afin de se construire un habitat. Nous avons ainsi une sensation de proximité avec ce matériau naturel et bienfaisant, proche de notre histoire, proche de nos origines. Concevoir un projet en pisé c'est comprendre son évolution dans le temps, il s'agit d'élever la terre et les roches pour ce construire un lieu, alors si l'on désire aller plus loin, changer de lieu, l'architecture retourne au sol et redevient paysage.

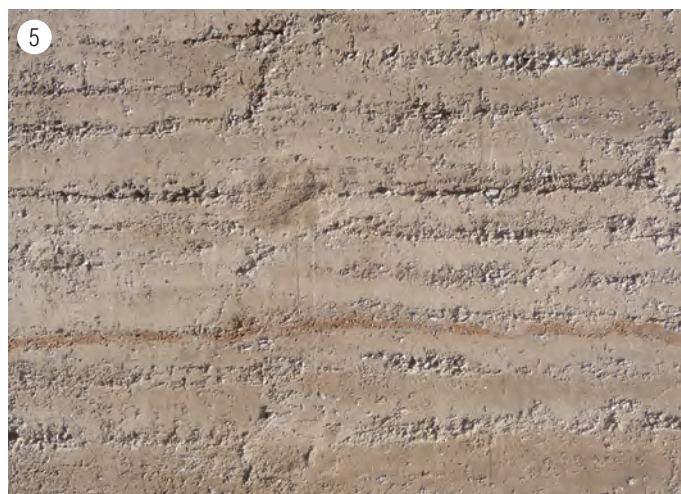
Une architecture en pisé est à une échelle humaine, elle nous rassure à la fois par l'expression de masse qu'elle dégage, mais nous met à l'aise par sa texture et son dessin. Le travail de l'Homme est visible au travers d'un mur en pisé, chaque couche de terre a été soigneusement compactée à la force de ses bras. Nous avons pu le constater car pour chaque mur que nous avons décoffré nous avons pu ressentir ce mélange d'émerveillement et de satisfaction comme s'il s'agissait à la fois d'une découverte géologique et l'aboutissement de toute l'énergie dépensée pour cette construction.



La construction en pisé entre architecture et paysage

Ce pisé jamais lisse, parfait par ses imperfections, nous séduit par ses reliefs et sa texture. On le trouve beau ils nous rappelle les paysages, les roches, les vallées et les falaises. Tel un mouvement de sol, le mur en pisé sort de terre, l'artisan piseur ne construit alors pas seulement un bâtiment, il prélève la terre dans la ligne du sol et en redessine une nouvelle. Il contribue ainsi à la création de ce nouveau paysage. L'artisan piseur, le villageois ou l'architecte choisira intelligemment la manière d'extraire la terre et l'implantation du bâtiment. Comme nous l'avons observé en Chine, les villageois prennent la terre au bord des chemins à flanc de colline pour élargir l'espace horizontal qui permettra de construire la maison.

Les constructions s'intègrent d'autant plus dans le paysage que les strates du pisé nous parlent du temps, le temps de la construction, du temps géologique, du temps de la formation des ces sols. Le matériau même est le résultat de ce temps qui passe. Suite aux aires glacières les cailloux et les grains ont été retirés à la montagne, puis roulés, broyés et transportés jusque dans les plaines. Le mur peut se percevoir à la manière des reliefs. Ils se soulèvent de la croute terrestre pour, au fil des années ou des siècles, s'éroder et redevenir un sol.



1 / L'homme et le tas de terre.

2 / Rick joy, Catalina House, Navajo Nation, Utah.

3 / Rick joy, Tucson Mountain House, Tucson, Arizona.

4 / Échelle de la matière roche, sable et gravier.

5 / Échelle du mur : les lignes de compaction.

6 / Échelle du bâtiment : il semble sortir du sol.

7 / Échelle du paysage : le bâtiment est une ligne supplémentaire.



▼ Législation

Nous avons travaillé au sein du CRATerre pour le montage d'un dossier de demande d'un ATEX de type A sur la technique du pisé. Ce document qui serait validé par le CSTB faciliterait l'intégration de pisé dans les projets car en faisant office de document crédible il rassure les bureaux de contrôles souvent peu ou pas informé sur cette technique, ainsi que les assureurs. Il décrit les aspects de sécurité lors de la mise en œuvre, et de durabilité de l'édifice. Il se compose donc d'éléments purement techniques comme des détails techniques et des consignes de mise en œuvre, mais aussi d'exemples architecturaux pouvant appuyer la crédibilité de la technique de mise en œuvre.

L'étape supérieure à atteindre serait la création de règles professionnelles sur la construction en pisé et en terre crue en général. Ces règles auraient pour but de faciliter l'accès de ce type de projet pour les marchés publics, sans avoir à faire rédiger un ATEX pour chacun des projets.

L'Asterre (association nationale des professionnels de la terre crue), a pour objectif d'aider à développer la filière terre. Cette association s'est engagée auprès du ministère de l'écologie, du Développement Durable, des Transports et du logement pour encadrer une étude nationale sur les questions de mise en place de règles professionnelles et sur les questions d'assurance. Ce qu'il ressort de cette enquête est principalement la difficulté à trouver des assurances pour tous les types de professionnels et le manque de formation des différents acteurs.

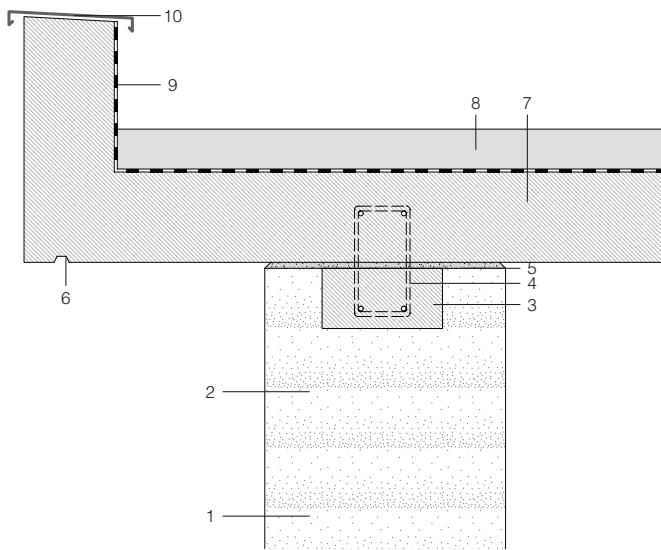
Même si certains acteurs sont réticents à l'idée de mettre en place un cadre réglementaire de peur que la filière soit récupérée par des industriels, il semble aujourd'hui évident que l'on ne pourra pas mettre en place un marché de la construction en terre crue en France en ignorant la création d'une législation.

1 / Séance de travail sur l'ATEX de type A.

2 / Extrait des détails techniques proposés pour l'ATEX de type A.

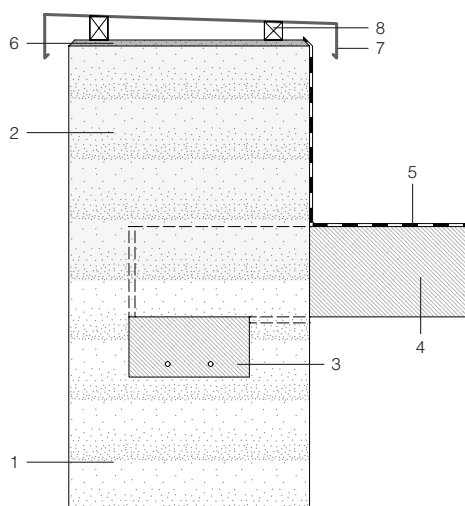


2



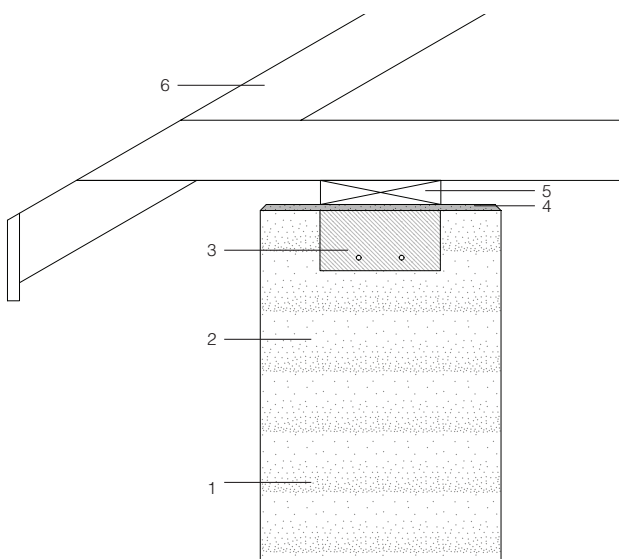
Jonction toiture en béton.

- 1 Mur en terre damée par couche de 8 à 10 cm
- 2 Mur en terre damée stabilisé h:40 cm
- 3 Chainage en béton armé 200 x100 mm
- 4 Barre d'armature liant la toiture et le chainage
- 5 Semelle de répartition béton
- 6 Goute d'eau
- 7 Béton armé
- 8 Lit de gravier pour le drainage
- 9 Membrane d'étanchéité bitume ou polyester
- 10 Couvertine en aluminium laqué



Jonction toiture terrasse.

- 1 Mur en terre damée par couche de 8 à 10 cm
- 2 Mur en terre damée stabilisé h:40 cm
- 3 Chainage en béton armé 200 x100 mm
- 4 Plancher en bois
- 5 Membrane d'étanchéité bitume ou polyester
- 6 Barrière capillaire en beton
- 7 Couvertine en aluminium laqué
- 8 Support de couvertine



Jonction charpente traditionnelle.

- 1 Mur en terre damée par couche de 8 à 10 cm
- 2 Mur en terre damée stabilisé h:40 cm
- 3 Chainage en béton armé 200 x100 mm
- 4 Semelle de répartition béton
- 5 Lisse haute en bois
- 6 Charpente bois traditionnelle

▼ Valoriser les savoirs

La transmission directe

Nous avons eu l'opportunité d'assister Patrice Doat dans son enseignement auprès des étudiants de première année de licence en architecture. Cette expérience nous a appris comment faire prendre conscience aux étudiants de la force de la simplicité architecturale, et comment les étonner sur des choses simples.

L'enseignement des connaissances par les cours magistraux et la pédagogie en amphithéâtre permet aux étudiants d'apprendre des notions, mais nous avons constaté que cela n'est pas suffisant. Il faut leur demander d'intervenir et d'être proactif pour que les connaissances s'inscrivent dans la durée. L'enseignant est là pour amorcer le travail mais le plus important est que l'étudiant puisse apprendre par sa propre expérience.

La pédagogie de chantier est une autre grande découverte liée aux multiples workshops réalisés. Elle permet aux étudiants ou participants de passer de notions théoriques qu'ils apprennent en cours, à des connaissances liées au « faire ». Ils comprennent alors l'engagement physique nécessaire pour construire mais ils intègrent aussi une sensibilité de la matière, la teneur en eau de la terre ou encore la manière de compacter, ce qui est difficile à expliquer lors des cours. Notre objectif est de faire prendre conscience à ces futurs architectes (la plupart du temps), que la majeure partie du savoir sur la technique vient par la pratique et ne pourra jamais être réellement retranscrite de manière théorique.



1
Licence 1
ENSAG
140 étudiants

2
*La cabane
ENSAG
5 architectes*



3
*Master 1
ENSAG
25 étudiants*



4
*Licence 3
XI'AN university
20 étudiants*



5
*Workshop
Belgique
35 participants*



6
*Workshop
Autriche
35 participants*



Nouveaux medias

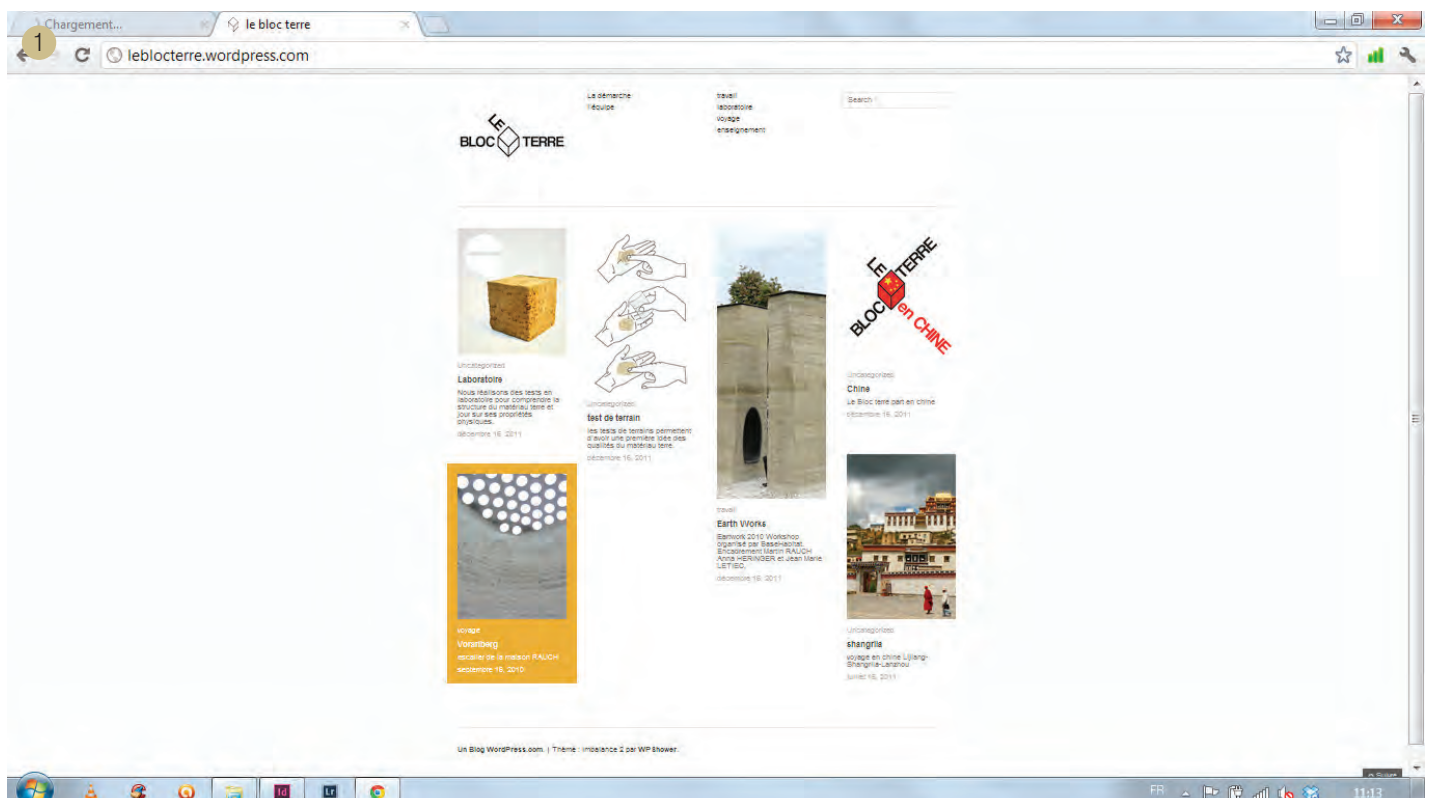
Internet nous permet aujourd'hui de diffuser différemment une information. Le contenu internet classique se déroule de manière linéaire mais reste accessible par beaucoup de personnes. Les blogs et sites web sont construits à la manière de journaux qui donnent des informations, aux gens qui font la démarche de rechercher une information.

Aujourd'hui, les réseaux sociaux et leurs effets néfastes envahissent nos vies, mais utilisé à bon escient, nous avons pu expérimenter la portée que pourrait avoir une information diffusée sur Facebook comparée à un site web classique. Pour le projet de La Cabane de Lecture en Terre, nous avons décidé de créer une page Facebook sans prétention, afin de donner des informations écrites et des photos sur le déroulement du chantier. L'usage de ce site par un très grand nombre de nos proches ou de personnes intéressées par la construction en terre crue a permis de toucher 3000 personnes en 5 jours. L'avantage de cette démarche est qu'elle permet d'attirer l'œil de novices sur un sujet qui pourrait les intéresser, alors qu'un site web est un contenu visité par des personnes recherchant une information.

Communiquer sur une technique de mise en œuvre encore peu connue ou considérée comme dépassée est une étape indispensable dans une démarche de modernisation. Nous devons désormais utiliser ces outils qui font plus que jamais partie de nos vies pour interpeler et diffuser un savoir, afin que chaque personne intéressée puisse choisir ensuite d'approfondir sa connaissance d'un sujet.

1 / Page d'un contenu blog conventionnel

2 / Organigramme de fonctionnement du réseau Facebook.





photos prises par d'autres personnes



pages qui en parlent

réseau social
facebook
620 millions
d'utilisateurs

face



page informative
permet l'adhésion



mentions
«j'aime»



photos

actualités
communiquer
diffuser



amis qui nous suivent



commentaires
sur la page

merci Anna
Heringer!



commentaires
sur les photos

échanger
convaincre

▼ L'éloge de la simplicité

« Il semble que la perfection soit atteinte non quand il n'y a plus rien à ajouter, mais quand il n'y a plus rien à retrancher »

Antoine de Saint-Exupéry Terre des hommes ch.III, 1939

Etre simple ne veut pas dire être simple d'esprit, la simplicité s'accompagne de lucidité de connaissance et de savoirs.

L'objectif d'une architecture contemporaine est une grande simplicité formelle sans pour autant négliger les qualités spatiales ou sociales du bâtiment. Cet « essence » s'obtient parfois en passant par une grande complexité technique. La construction de bâtiments en terre correspond tout à fait à cet esprit. Les difficultés rencontrées avec les outils en encore la législation amènent à une sobriété de forme. La construction s'inscrit dans un contexte complexe et pour traiter de cette question la réponse technique peut sembler compliquée. Mais lorsque la filière et le procédé de mise en œuvre seront mieux structurés, une réponse technique plus simple sera possible.

Le principe de base de la construction en terre est simple : on prend la terre présente sous nos pieds pour construire un bâtiment. Mais il est important de comprendre que cette mise en œuvre nécessite en fait un savoir-faire et une connaissance de la matière basés sur l'expérience avant tout, et que si l'on néglige cet aspect, la construction en terre peut alors paraître complexe.

L'un des plus grands artisans de cette simplicité architecturale est certainement l'architecte Renzo Piano. Si ses projets démontrent une grande simplicité et une logique de fonctionnement limpide, il faut savoir que cela passe par un travail de longue haleine et de précision, pendant lequel il est capable de recommencer des dizaines de fois l'esquisse du projet afin d'arriver à l'expression même de la simplicité, peu importe l'échelle et le contexte du projet.

Enseignement du projet en première année à l'ENSAG.





Rencontres et influences

Au cours de ces deux années de DSA terre nous avons eu la chance de croiser des personnes passionnées par ce matériau terre, ils nous ont transmis ou inspiré cette envie de travailler et d'exprimer une architecture contemporaine utilisant ce matériau. Il s'agit ici d'un retour sur ce que chacun d'entre eux nous a apporté.

▼ Martin Rauch

Constructeur, Artisan

Lehm Ton Erde

Né en 1958 à Schlins, Vorarlberg, Autriche.



Martin Rauch est un entrepreneur autrichien, grand spécialiste de la construction en pisé. Ses réalisations en Autriche mais aussi un peu partout dans le monde de Harvard à Abu Dhabi sont aujourd'hui un symbole de l'architecture contemporaine en terre. Depuis quelques années il travaille en étroite collaboration avec Anna Heringer et l'organisation BASEhabitat basée à Linz pour organiser et encadrer des workshop internationaux sur la construction en terre.

Si son approche sensible de la matière nous a séduits, nous nous sommes beaucoup intéressés à la technicité de son travail. D'une part pour sa technique de préfabrication, mais aussi et surtout pour la manière dont il reformule une terre sur un site.

1 et 2 / Maison Rauch à Schlins, Vorarlberg, Autriche.

3 / Cimetière à Batschuns, Vorarlberg, Autriche.

4 / Hall d'accueil de l'hôpital LKH à Feldkirch, Vorarlberg, Autriche.



▼ Anna Herringer

Architecte

Née en 1977 à Rosenheim, Allemagne.



Anna Herringer est une architecte allemande diplômée à L'école de Linz en Autriche. Elle travaille depuis son diplôme sur une architecture soutenable contemporaine auto-construite. Ce travail est récompensé en 2007 lorsqu'elle est lauréate pour son projet d'école à Radrapur au Bangladesh. Elle a ensuite obtenu une bourse d'étude pour enseigner un an à Harvard, où elle a fait construire des aménagements extérieurs en pisé pour l'université.

Lors du workshop Earthworks 2010 en Autriche, nous avons rencontré cette architecte qui au travers de ses projets en terre démontre une réelle sensibilité. Au delà de ses qualités humaines, nous admirons la manière avec laquelle elle prend en compte les cultures et envies locales à chaque fois qu'elle intervient sur un site. Elle ne serait pas tant une bonne architecte si cette attitude ne se concrétisait pas par des projets en terre révélant une réelle simplicité et une certaine esthétique.

- 1 / 2 / et 5/ DESI, une école au Bangladesh
- 3 / METI, une école au Bangladesh primée par l'Aga Khan.
- 4 / Centre de formation sur le développement durable à Marrakech, Maroc.



▼ MU Jun

Architecte, Directeur du département architecture de l'université de Xi'an.



Mu Jun est un architecte chinois diplômé à Hong-Kong où il a ensuite réalisé un doctorat pour lequel il a réalisé un état des lieux de l'architecture de terre en Chine. Il est désormais enseignant et directeur de l'école d'architecture de Xi'an dans la province du Shaanxi. Son travail est très remarqué grâce à l'école Maosi construite en terre pour laquelle il reçoit notamment le RIBA International Award en 2009. Il travaille depuis en collaboration avec CRAterre pour créer un laboratoire de recherche sur la construction en terre en Chine.

Nous l'avons aussi rencontré lors du workshop en Autriche. Lors de sa venue quelques mois plus tard aux Grands Ateliers, il nous a proposé de venir en Chine l'aider à créer un laboratoire de recherche sur la terre. Nous nous sommes liés d'amitié avec lui au cours de cette mission qui a réellement lancé la réflexion que nous développons dans ce mémoire. Il nous a permis de réaliser une mission de bout en bout, en nous accordant une confiance totale. Nous lui devons beaucoup quant à l'orientation professionnelle que nous avons choisie.



1 / 2 / et 3 / Ecole primaire au village Maosi, Chine.



▼ LE TIEC ET MISSE

Jean-Marie Le Tiec et Arnaud Misse
Architectes



Jean-Marie Le Tiec et Arnaud Misse sont tous deux architectes diplômés à l'ENSAGrenoble, où ils ont ensuite passé leur DSA architecture de terre. Enseignants dans cette même école, ils se sont associés pour pratiquer une architecture respectueuse des cultures constructives. En 2011 ils ont été lauréat d'un concours pour la construction d'un bâtiment de 1400 m² pour l'INRA à Orléans, qui sera construit en pisé.

1 / Prototype en terre coulée, Villefontaine.

2 / Logement pour SDF pour le CCAS de Grenoble.

3 / Pédothèque en pisé, Orléans.

4 / Prototype de logement pour SDF, Villefontaine.

Au-delà de l'aspect personnel, ces deux personnes nous ont accompagnés depuis le début de notre DSA dans nos chantiers et dossiers en nous faisant bénéficier de leur expérience dans le domaine de la construction en terre, le graphisme, la réflexion, et l'enseignement. Ils nous ont aussi permis de participer au projet d'Orléans comme conseillers sur la construction en pisé. Nous leur devons beaucoup pour le bon déroulement de ces études.



▼ Ken De Cooman

Architecte

Brussels Cooperation



Ken De Cooman est un architecte belge diplômé à Sint-Lukas à Bruxelles. Il participe en 2010 au workshop Earthworks organisé par BASE habitat et encadré par Anna Heringer, Martin Rauch et Jean-Marie Le Tiec, et se passionne pour la construction en terre. Depuis il s'est associé à Nicolas Coeckelberghs, Sebastian De Beir, Laurens Bekemans et Wesley Degreef, Hans Eelens et Lisa De Boeck pour créer Brussels Cooperation. Depuis ils réalisent des projets Belgique et en Afrique, et organisent des workshop sur la construction en terre.

Il fait lui aussi partie de l'équipe Earthworks 2010. Novice à l'époque il a su rapidement mûrir et faire appel à nous pour un bâtiment entièrement en pisé en Belgique. En relevant le défi de construire malgré une mauvaise terre et un climat peu favorable, il nous a permis de progresser énormément en encadrant un chantier de bâtiment réel, qui multipliait les détails technique. Il a dans ce cadre lui aussi grandement aidé à accumuler de l'expérience sur la construction en pisé. Aujourd'hui, au delà de l'amitié qui nous lie, nous savons que nous serons amenés à retravailler ensemble prochainement.

1 / et 4 / Construction d'une maison d'hôte, Amdewerk, Ethiopia.

2 / Maison de chasse, Aelst, Belgique.

3 / Projet d'une école communautaire, Katanga, Congo.



Romain Anger
Ingénieurs INSA, Docteur.
Laëtitia Fontaine
Ingénieurs INSA.



Romain Anger et Laëtitia Fontaine sont deux ingénieurs diplômés de l'INSA. Depuis le début des années 2000 avec le laboratoire CRAterre, ils mènent des recherches sur la matière en grains pour la construction. Ils ont créé une exposition nommée «Grains de bâtisseurs» visant à communiquer au grand public les résultats de leurs recherches, qui parcourt le monde depuis 2010 et pour laquelle ils ont reçu le prix Roberval en 2009. Leur livre «Bâtir en terre» a déjà été vendu à plus de 10 000 exemplaires.

Bercés par leur travaux depuis notre entrée à l'école de Grenoble, ils nous ont imprégné de leur savoir pendant huit ans, et nous ont permis de nous poser les bonnes questions rapidement en ce qui concerne le pisé. Malgré la masse de travail qu'ils accumulent, ils ont toujours été présents pour répondre à nos questions. Répondre à leurs recherches en les appliquant au chantier a été une réelle satisfaction, et nous a donné envie de continuer à servir la recherche par la construction et l'architecture.

1 / Logements en terre à Shibam au Yémen.
2 / et 3 / Atelier Grains de Bâtisseurs.



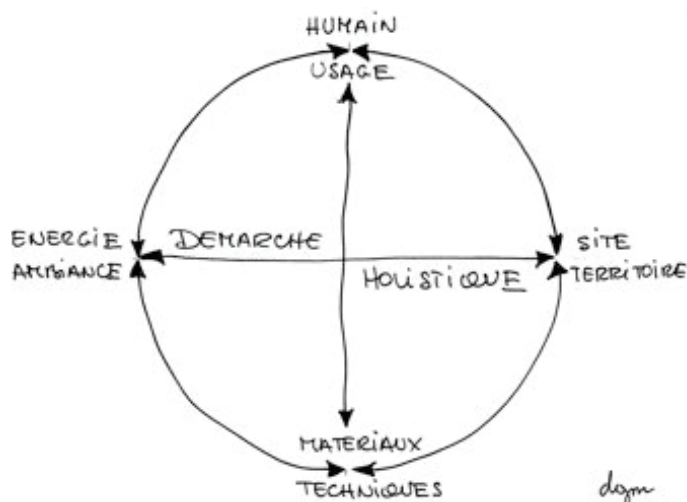
▼ Dominique Gauzin-Müller

Enseignante TU Stuttgart, Rédactrice en chef Ecologik



Dominique Gauzin-Müller est une architecte française, spécialisée sur les thèmes liés au développement durable. Rédactrice en chef de la célèbre revue d'architecture Ecologik, elle a organisé en 2009 avec la Cité de l'Architecture à Paris le concours «Habite écologique» qui a donné lieu à une exposition. Elle a écrit de nombreux livres portant sur son thème de prédilection et enseigne à l'université de Stuttgart.

Si ses ouvrages nous ont toujours inspirés pendant nos études, nous avons été heureux de rencontrer cette personne qui malgré son statut et son travail reste très abordable et d'une grande simplicité. Nous avons été heureux de pouvoir discuter avec elle et de profiter de sa culture au travers du workshop en Autriche et des différents Festivals Grains d'Isère. Depuis 2011, ses étudiants de Stuttgart viennent participer au Festival, et ont notamment été d'une grande aide pour la construction de la cuisine d'été aux GAIA. Grâce à la revue Ecologik, nos travaux sont fréquemment publiés et nous lui en sommes très reconnaissant.



« A l'ère du développement durable, les patientes recherches des membres du CRATerre sur les techniques traditionnelles et la physique des grains ont favorisé un grand bond en avant. Alors que l'intérêt pour le matériau grandit, leur élan est malheureusement freiné par des réglementations inadaptées aux caractéristiques de la terre : obligation d'incorporer du ciment, restrictions sur la hauteur, etc. à Shibam, au Yémen, des immeubles de six étages en briques d'adobe résistent pourtant depuis des siècles. »

Dominique Gauzin-Müller
Ecologik n°12 p 03

Workshop pour la construction de la cuisine d'été des Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau, Villefontaine.



▼ Heliopsis

SARL de maçonnerie
Gérant Frédéric Moy



Heliopsis est une entreprise de maçonnerie en terre fondée par Frédéric Moy, ancien étudiant en architecture à Grenoble. Basée en Isère, cette entreprise est capable de répondre à des marchés publics. C'est dans ce cadre même qu'elle a réalisé les murs en pisé de l'école primaire de Veyrins-Thuellins dans le Nord-Isère.

L'attitude de cette entreprise a été une inspiration dans la manière de réaliser nos chantiers. Le fait de ne plus réfléchir et tout préparer comme un architecte, mais de faire les choses pour apprendre des éventuelles erreurs et réussites est une donnée difficile à assimiler pour nous et la plupart de nos confrères. La structure professionnelle, l'organisation du travail qui valorise l'homme autant que le travailleur. Cela passe par un travail dans de bonnes conditions, et aucun sacrifice qui pourrait nuire au bien-être de l'homme en dehors du travail.

1 / Maison au Grand Lemps.

2 / et 3 / Ecole primaire à Veyrins-Thuellins.



▼ Caracol Éco-construction



Caracol est une SCOP spécialisée dans l'éco-construction. Elle se démarque par la diversité de ses prestations : terre coulée, pisé, enduits terre et adobes. D'autre part, cette entreprise travaille beaucoup avec le laboratoire CRAterre dans un cadre expérimental. Cet aspect de recherche a pu être concrétisé récemment par la réalisation d'un mur en terre coulée à Sassenage.

Nous avons souvent croisé cette entreprise sur notre chemin, d'abord par la formation au pisé dans le cadre du DSA avec Mathilde Béguin, mais aussi plus tard avec le reste de l'équipe au Festivals Grains d'Isère. Leur travaux expérimentaux nous ont également inspirés dans notre pratique de la terre pendant ce DSA. Ils ont eux aussi toujours été présents pour répondre à nos questions lorsque nous avons débuté dans le pisé.

1 / Maison en terre coulée, Sassenage.

2 / Dalle en terre coulée et mur en pisé dans une maison à Lausanne.

3 / et 4 / Mur en pisé et adobe dans une maison à Saint-Quentin-sur-Isère.



▼ Naoki Kusumi

Maitre enduiseur

Naoki Kusumi est issu d'une famille de maîtres enduiseurs japonais, se passant le savoir de père en fils. Chaque année nous bénéficions de sa présence et de son équipe au Festival Grains d'isère où il nous fait part de son talent. Il a notamment réalisé les enduits intérieurs et extérieurs de l'Armadillo Box pour le Solar Decathlon Europe 2010.

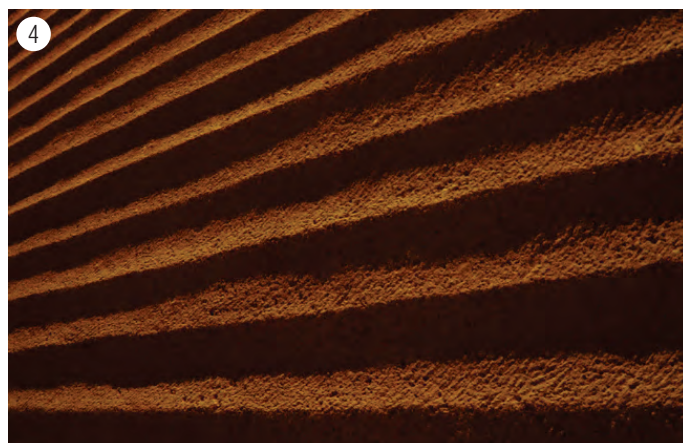
La barrière de la langue fait que nous ne le connaissons pas personnellement, mais notre collaboration avec lui pour la construction de l'Armadillo Box nous a permis de rencontrer un autre amoureux de la terre. Cette expérience fut importante pour nous car elle fut notre premier contact réel avec la terre, et le déclic qui nous a décidé à réaliser ce DSA. D'autre part, son talent dans la pratique des enduits nous a convaincus de ne pas nous cantonner à la pratique du pisé, mais aussi de contrebalancer l'aspect «lourd» du pisé avec le «léger» de l'enduit.

1 / Maison du bleu

2 / Nigata Water and Land Art Festival, Japon.

3 / Temple Shofukuji, Japon.

4 / Restaurant Ginza Inaka-Ya, Japon.



▼ Patrice Doat

architecte, CRAterre-ENSAG, Enseignant ENSAG

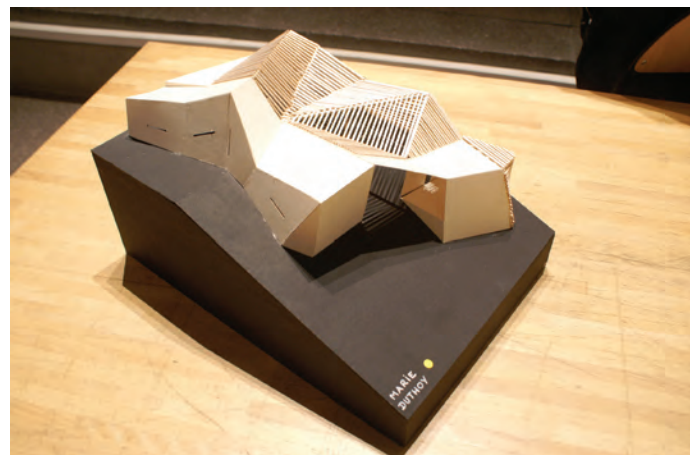
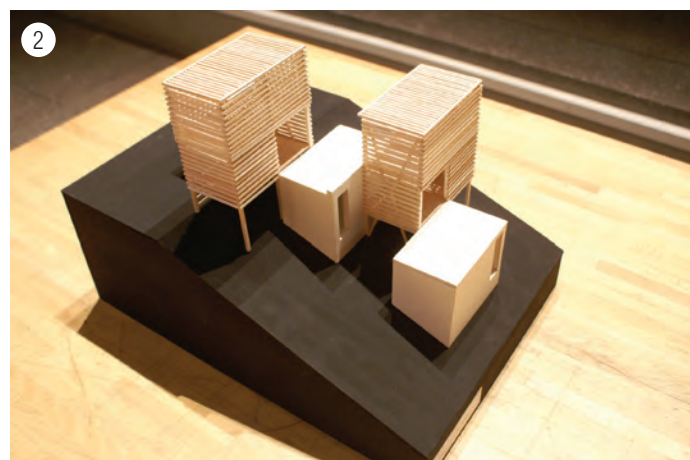


Enseignant chercheur à l'ENSAG, Patrice Doat est aussi le co-fondateur du laboratoire CRAterre mais aussi des Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau. Spécialiste de la construction en terre, il enseigne en première année de licence et est un fervent défenseur de l'éloge de la simplicité architecturale. Il intervient également dans le Master Architecture, Environnement et Cultures Constructives et le DSA Architecture de Terre. En 2010, il a été nommé chevalier de l'ordre des Arts et des Lettres.

Il est toujours difficile de parler d'un homme à qui vous devez à peu près tout, et qui malgré tout reste aussi simple que modeste. Après nous avoir jetés dans la terre dès nos premières années à l'école, il nous a toujours fait confiance pour l'accompagner dans son enseignement de première année. Outre les nombreux chantiers formateurs auxquels il nous a permis de participer pendant notre formation d'architecte, il a réellement façonné les architectes que nous

sommes aujourd'hui. L'habitat économique, l'éloge de la simplicité, les cultures constructives et la terre sont autant de notions qu'il nous a inculqué et qui font que nous sommes aujourd'hui totalement épanouis dans notre pratique de l'architecture. Un grand merci ne sera pas suffisant pour ce bonhomme rouge fou.

Projets des étudiants de première année en Architecture de l'ENSAG, encadrés par Patrice Doat.



Conclusion

Si l'évolution des savoirs sur la matière terre permet de produire une bonne terre à piser sur n'importe quel site il est alors envisageable de penser son usage en tout lieu.

Cette conclusion rend donc cette technique abordable par tous les architectes.

Reste à faire évoluer l'aspect législatif qui concerne à la fois les chercheurs, les constructeurs et les architectes, puisque le manque de réglementation freine considérablement le développement de la filière terre. Si le laboratoire CRAterre est aujourd'hui en passe de faire valider une ATEX de type A auprès du CSTB, cela ne permet pas encore de pouvoir choisir le matériau terre comme un autre dans la conception d'un projet (l'établissement (et l'adoption) de règles professionnelles serait une étape décisive et permettrait d'augmenter le nombre de constructions), alors que son usage rentre totalement dans l'« éloge de la simplicité » architecturale (par sa forme, les espaces et sa relation au site), comme on pu le démontrer des architectes comme Anna Heringer ou encore Francis Kéré.

L'argile un liant naturel / béton / terre

Si la construction en pisé n'est pas censée remplacer le béton de ciment, elle peut prendre une place prépondérante dans l'architecture durable contemporaine. Cependant, les recherches avancent de plus en plus sur la construction en terre, et la question principale qui est posée est simple : l'argile étant un liant naturel, peut-elle remplacer le ciment qui reste omniprésent sur notre planète malgré les consommations d'énergie que sa production engendre ? Aujourd'hui plusieurs murs en « béton de terre coulée » ont été réalisés avec encore 3% de ciment, mais la qualité de liant de l'argile qui est valorisée permet de réduire énormément la quantité de ciment et le bilan énergie grise par conséquent. L'objectif de ces recherches est bien entendu de pouvoir se passer un jour de ciment, et obtenir un béton 100% naturel (des industriels tel que Vicat mènent des recherches de ce type et pourront sûrement d'ici quelques années mettre au point un ciment

100% naturel à base de liant non cuit et réversible). Pour atteindre ce but la méthode expérimentale de va-et-vient entre le laboratoire et le chantier est tout aussi nécessaire que pour la construction en pisé.

L'architecture pensée locale et simple

Notre travail pendant ce DSA s'est révélé assez scientifique et technique, car nous avons accordé une importance particulière à la compréhension de la matière et de sa mise en œuvre. Cette démarche de recherche doit servir la construction en terre, et il est important de prouver l'aboutissement de ces recherches par une architecture. C'est pourquoi il est important de montrer, de communiquer ces projets de qualité construits en terre crue. Aujourd'hui fort de nos expériences, nous sommes conscients en tant qu'architectes qu'un travail à différentes échelles est nécessaire, de la matière au paysage, voire au territoire, pour réaliser une architecture en pisé contemporaine de qualité. C'est avec ces valeurs que nous envisageons de vivre notre métier d'architecte, en créant une structure qui suivra ces notions d'expérimentation et de promotion de cette architecture, par des réalisations concrètes.

Quentin Chansavang + Hugo Gasnier \ architectes

Une approche prospective du pisé

Ce mémoire présente différentes perspectives sur l'évolution possible de la conception architecturale et la construction des bâtiments en pisé. Il repose sur plusieurs expériences nous ayant amenés au constat qu'à travers une bonne connaissance de la matière, de l'apprentissage des techniques de mise en œuvre du pisé, et l'utilisation d'une diversité de terres, il serait possible de faire appel au pisé partout. D'autre part, ces expériences nous ont conforté dans l'idée qui nous a été inculquée pendant notre passage dans le master AE&CC, que la pratique de la construction (ici en pisé) permet de mieux appréhender la conception architecturale.

