



HAL
open science

L'architecte et la Terre : concevoir en terre crue en France dans le cadre du marché public

Inès Touzard

► **To cite this version:**

Inès Touzard. L'architecte et la Terre : concevoir en terre crue en France dans le cadre du marché public. Sciences de l'Homme et Société. 2020. dumas-03035650

HAL Id: dumas-03035650

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03035650v1>

Submitted on 2 Dec 2020

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

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



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

L'ARCHITECTE ET LA TERRE

Concevoir en terre crue en France
dans le cadre du marché public



Inès Touzard
Architecte

DSA Terre
2018 - 2020

Photos de la page de garde :

En haut et au milieu, © Inès Touzard

En bas : Projet de la maison pour Tous à Four, Building design ENSAG, © Lauriane Lespinasse

L'ARCHITECTE ET LA TERRE

Concevoir en terre crue en France dans le cadre du marché public

En quoi concevoir en terre crue conduit à une remise en question du métier d'architecte dans le cadre du marché public français pour répondre aux enjeux actuels environnementaux?

Inès Touzard, Architecte, DSA 2018/2020

JURY

Soutenance : Grenoble, 30 novembre 2020

DIRECTEUR D'ÉTUDES :

- **MISSE Arnaud**, architecte DPLG, dipl.CEAA-Terre, maître de conférences TPCAUI, chercheur au CRAterre-AE&CC-ENSAG-UGA

PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES INVITÉES :

- **WHEELER Sylvie**, artisane spécialisée en enduits et peinture;

ENSEIGNANTS À L'ENSAG ET ÉQUIPE PÉDAGOGIQUE DU DSA-TERRE:

- **POINTET Martin**, architecte DPLG, maître de conférences STA, chercheur au CRAterre-AE&CC-ENSAG-UGA
- **ZAWITOWSKI Keith**, Architecte, maître de conférences STA, chercheur au CRAterre-AE&CC-ENSAG-UGA

REMERCIEMENTS

Je souhaite en premier lieu remercier tout particulièrement Arnaud Misse, pour son accompagnement précieux tout au long de ce travail et de mon stage, ainsi que pour avoir partagé avec moi ses connaissances techniques et son regard critique sur la terre crue et l'architecture contemporaine française.

Je remercie aussi toute l'équipe de Nama pour leur accueil durant mon stage, ainsi que Mathilde Chamodot et Eugénie Créte pour ce travail collectif très enrichissant autour des essais et Atex Cycle Terre.

Ce mémoire est le résultat de deux années de formation DSA. Merci à l'équipe enseignante de CRAterre AECC pour leur disponibilité, la qualité et la diversité des enseignements, pratiques et théoriques. Je remercie aussi infiniment mes collègues et amis Terriens pour ce melting-pot merveilleux, tous ces moments inoubliables de partages et de rires.

Je souhaite aussi remercier chaleureusement Adrien, Jean-marc, Isabelle, Camille, Adèle, Romain, Hector et Esther, pour leur soutien, leur écoute et corrections, et pour m'avoir accompagnée et motivée à pousser ces questionnements qui m'animent.

SOMMAIRE

6	Motivations personnelles
8	Introduction
12	1. Réconcilier le métier d'architecte avec son écosystème, grâce à la terre crue
12	1.1. Une déconnexion historique du métier avec la matière
17	1.2. Urgences et responsabilités d'aujourd'hui de l'architecte : agir sur le territoire
22	1.3. Un accompagnement des architectes pour une conception en terre renforcée
28	2. Une logique conceptuelle inhérente à la terre crue
28	2.1. Le choix de la terre et de la technique
33	2.2. Adopter la bonne logique constructive
37	2.3. Quels outils et moyens pour mieux intégrer la terre crue à la conception architecturale.
42	3. Le cadre du marché public français, une vraie contrainte pour l'architecture de terre crue?
42	3.1. L'adaptation du cadre du marché public et ses procédures
46	3.2. Les réglementations de la construction française et la terre crue
51	3.3. Le cas de cycle terre : une réponse au cadre réglementaire et urbain.
56	Conclusion
60	Bibliographie
62	Annexes

MOTIVATIONS PERSONNELLES

Tout a commencé avec le master Matérialité, Arts et manière de faire, à l'ENSAP Lille. Une prise de conscience, une découverte : d'un simple matériau pouvait découler une multitude d'enjeux économiques, sociaux, environnementaux, culturels, et l'architecte en est le principal interprète et responsable. Au même moment, les enseignements de Pierre Bernard m'éclairaient sur l'évolution du rôle de l'architecte et du « fait construit », à travers notre histoire, depuis les modes de productions artisanaux et les différentes révolutions industrielles, jusqu'au monde d'aujourd'hui marqué par une séparation des tâches, une déqualification de la main d'oeuvre et l'utilisation de produits toujours plus high-tech.

Cet enseignement m'a ouvert au monde complexe de la construction vers lequel je me dirigeais, où l'architecte doit lutter pour se reconnecter au fait construit. Au sortir de l'école, j'étais donc impatiente de découvrir différentes façons d'exercer l'architecture. J'ai oscillé entre des petits projets de conception/réalisation, des workshops et stages en Afrique, des expériences dans différentes agences d'architecture au Mexique et à Paris. J'ai pu ainsi construire mon projet professionnel : me recentrer sur les questions de matérialité et de culture constructive, en m'implantant dans un territoire. Ce projet m'a poussée à postuler, puis à suivre la formation de spécialisation et d'approfondissement en architecture de terre et culture constructive de l'ENSA Grenoble. En arrivant à l'école de Grenoble, j'ai approfondi les questions de matérialité avec la terre crue et des cultures constructives qui lui sont liées, tout en découvrant, notamment avec Sergio Ferro, des pensées et recherches critiques sur le rôle de l'architecte dans le mode de production industriel de la construction.

J'ai ensuite choisi d'effectuer le stage de DSA dans une agence d'architecture grenobloise, NAMA, qui conduit à la fois des projets d'équipements (majoritairement scolaires) et des recherches au sein de CRAterre, en partenariat avec Dessin Chantier pour accompagner des projets d'architecture en terre crue.

Partant de la matière terre, j'ai pu appréhender les différents matériaux et techniques qui en découlent ainsi que leurs enjeux territoriaux. Je me retrouve enfin dans un mode constructif qui replace au centre des préoccupations professionnelles les questions d'environnement, de société et de culture constructive.

Ce mémoire de recherche me permet donc de faire le point sur ma position face au monde actuel de la construction en France, et d'y montrer tout le sens que prend pour moi une conception intégrant la terre crue. L'architecte a un rôle primordial à jouer face au dérèglement climatique et aux inégalités sociales, et il ne peut le tenir qu'en portant un regard critique sur un mode de production qui globalement reste inégalitaire, industriel et encore peu tourné vers la mise en œuvre d'un développement durable.

INTRODUCTION

Après avoir été exclue du marché de la construction post seconde guerre mondiale au détriment du béton, la terre crue regagne petit à petit de l'intérêt depuis les années 70 avec le mouvement de la contre-culture. Elle est relancée en France avec la création du CRAterre en 1982 et l'exposition « Des architectures de terre » au musée Beaubourg en 1981 qui se concrétise ensuite à travers le projet de logements du Domaine de la Terre à l'Isle d'Abeau.

La terre crue est alors réactualisée en tant que matériau bas carbone et comme alternative locale à un mode de production industriel et mondialisé.

Accentué par l'événement de 2016 Lyon Capitale Terre, ce regain d'intérêt semble se renforcer aujourd'hui avec une prise de conscience collective du changement climatique, et se ressent au niveau de la société par des initiatives citoyennes, mais aussi au niveau politique. L'emploi de la terre crue sort du domaine du marché privé et se confronte aux règles du marché public. Cependant, le monde de la construction reste encore figé dans le modèle économique du XXème siècle que ce soit dans l'organisation de chantier, l'intégration de l'analyse de cycle de vie (AVC) et de l'impact des transports dans le choix des matériaux, la place de la main d'oeuvre et des savoir-faire, le temps et le processus de conception etc..

La terre crue permet de reconsidérer tous ces éléments pour une architecture contemporaine plus vertueuse. En tant que matériau géosourcé, elle répond aux enjeux de construction durable, du fait du faible impact de sa fabrication, de sa localisation sur tout le territoire français, de sa mise en oeuvre et de son réemploi.

Même si la majeure partie des architectes qui cherchent aujourd'hui à l'employer sont confrontés à de nombreux freins, certains projets innovants et motivants sortent de terre. Pour aboutir, ces projets questionnent le processus de conception architectural, appellent à une recherche pour s'accommoder des réglementations, demandent une compréhension nouvelle du matériau, tout cela dans un temps court de conception.

« Ce projet a pris du temps, et on a accepté de prendre ce temps qui est celui de la matière, de la disponibilité de la matière. C'est un luxe qu'on s'offre plus aujourd'hui en architecture : l'idée que c'est la matière, le temps de la matière, de son extraction à sa transformation qui conditionne et qui guide l'architecture. Ce qui fait qu'elle s'est fait désirer »¹ (Julien Choppin)

En effet, la terre crue, et plus généralement les matériaux biosourcés et géosourcés, amènent les architectes à sortir du mode conventionnel de la construction. Tout est à réinventer. Il s'agit de renouer un dialogue entre le savoir et le faire, sortir de l'analogie que fait Sergio Ferro² entre le taylorisme et l'organisation du monde de la construction, où le travail de l'architecte est vu comme une « plus-value » au profit de « commanditaires despotiques », et permis par une optimisation, une division et une réduction du travail des ouvriers.

L'usage de la terre crue remet en question nos doctrines et la place du savoir-faire pour repenser notre définition du métier d'architecte à travers un changement de la conception, de la logique structurelle, du dessin, de l'expérimentation, où encore de la prise en compte des réglementations, pour mener à bien un projet architectural reflétant les enjeux actuels de notre société.

Une problématique générale guide donc ce mémoire :

En quoi concevoir en terre crue conduit à une remise en question du métier d'architecte dans le cadre du marché public français pour répondre aux enjeux actuels environnementaux?

Hypothèses : l'utilisation de la terre crue permet de renouer les liens entre l'architecte, la matière, et le fait construit.

ORGANISATION DU MÉMOIRE

La première partie du mémoire expose ce qui m'a permis de définir et de mieux comprendre l'évolution et le lien du métier d'architecte avec la matière : dans un premier temps je propose une approche historique de cette évolution, pour arriver à une vision du métier d'aujourd'hui et de ses responsabilités face aux enjeux actuels, et finir en développant le cas d'un nouveau métier émergent : celui d'architecte expert, accompagnant des projets intégrant la terre crue.

¹ Julien Choppin, conférence « Métamorphoser l'acte de construire, n°1 : l'Espoir paysan » 29/09/2020, en parlant du projet Super-Cayrou / Bivouac sur les chemins de Saint-Jacques de Compostelle, Gréalou 2020 à la minute 42 lien conférence : <https://www.youtube.com/watch?v=xd3UoqEqQYY&t=522s>

² Ferro, Sérgio. Dessin Chantier. Ecole d'architecture de Grenoble. Paris: Editions de la Villette, 2005.

La deuxième partie présente une analyse du processus même de la conception architecturale intégrant la terre crue, en développant trois points : le choix de la terre et de la technique, la logique constructive nécessaire pour construire en terre et, pour finir, les outils mis en place par les architectes pour mener à bien cette conception.

Une dernière partie traitera directement du contexte du marché public, en suivant là aussi trois points : la présentation du cadre de la loi MOP et sa compatibilité avec le matériau terre, un approfondissement de la question des réglementations avec lesquelles doit composer l'architecte, et, pour finir, une étude de cas que j'ai suivie pendant mon stage : celui de Cycle Terre.

EXPÉRIENCES ET MÉTHODOLOGIE

Mon projet de formation m'a amenée à faire un stage au sein de l'agence d'architecture Nama, qui gère des projets d'équipements publics scolaires intégrant la terre crue, mais mène aussi des projets de recherche et d'accompagnement de projets d'architecture, via le pôle Dessin Chantier de CRAterre. Ce mémoire se base donc principalement sur mon expérience et sur les études de cas que j'ai pu aborder pendant mon stage :

- Le projet Cycle Terre pour la partie règlementaire, la campagne d'essais et formulation d'Atex
- L'accompagnement technique pour le lot terre du projet du Lycée des Métiers mené par les architectes Encore Heureux et CO Architectes à Longoni, Mayotte.
- Le concours de l'agrandissement d'un groupe scolaire élémentaire et maternel à Saint-Jean de Moirans (38), gagné par l'agence Nama.
- L'accompagnement technique de l'agence MAES architectes pour des projets en Martinique et à Marseille.

Une recherche bibliographique m'a aussi permis d'appuyer et de mieux définir le sujet. Les ouvrages principaux sur lesquels je me suis basée, sont des recherches récentes sur l'utilisation de la terre crue dans le contexte contemporain. Le mémoire de recherche d'Elvire Leylavergne³ m'a permis de considérer l'ensemble de la filière en France, et les freins et solutions pour un meilleur développement de la filière. Le mémoire d'Anne-lyse Antoine et Elisabetta Carnevale « Architectures contemporaines en terre crue en France de 1976 à 2015 »⁴ m'a donné un aperçu des réalisations en terre construites en France, ainsi

³ Leylavergne, Elvire. « La filière terre crue en France, enjeux, freins et perspectives ». ENSAG, 2012.

⁴ Antoine, Anne-Lyse, et Elisabetta Carnevale. « Architectures contemporaines en terre crue en France de 1976 à 2015 ». Mémoire DSA, ENSAG, 2016.

que de nombreux exemples et témoignages. La thèse d'Hugo Gasnier « construire en terre d'excavation, un enjeu pour la ville durable »⁵, qui aborde l'adaptation de la conception architecturale du matériau terre, m'a permis de préciser l'angle d'orientation de ma recherche et d'enrichir mes questionnements. Pour compléter cette recherche, j'ai également réalisé une enquête sous forme de questionnaire envoyé à des architectes Français ayant réalisé un projet intégrant la terre crue et soumis à la loi MOP. Sur les 29 agences contactées, 7 ont répondu. Malgré le faible taux de retours, plusieurs réponses ont été très complètes et enrichissantes. Cela m'a permis de réaliser un entretien avec Gauthier Claramount de l'agence Dauphin au sujet du projet « Le Foyer » à Riberac (24), intégrant des ouvrages en pisé, mais aussi un entretien avec Martin Pointet de BETerre, pour avoir son point de vue sur le métier d'accompagnement.

⁵ Gasnier, Hugo. « Construire en terres d'excavation, un enjeu pour la ville durable ». ENSAG, 2019.

1. RÉCONCILIER LE MÉTIER D'ARCHITECTE À SON ÉCOSYSTÈME, GRÂCE A LA TERRE CRUE

1.1. Une déconnexion historique du métier avec la matière

L'APPARITION DU MÉTIER D'ARCHITECTE

C'est avec l'apparition de nombreux édifices religieux aux XIIe et XIIIe siècles, que les premiers maîtres maçons rattachés au clergé commencent à se faire appeler « architectes bâtisseurs ». Ces ouvrages plus imposants et symboliques, nécessitent alors une personne tiers, un architecte bâtisseur, qui projette, dessine et organise le chantier.

Mais c'est en 1420 à Florence, avec Filippo Brunelleschi (1377, 1446), que l'architecte s'émancipe du mode de production corporatif de la construction, et proclame son indépendance libérale. Un changement profond s'opère entre l'architecte maître du Savoir et les artisans exécutants du Faire.

A cette époque, le monde de la construction est régi par différentes guildes, et Brunelleschi impose sa place en tant que concepteur et régisseur, libéré de ce système corporatif.

Ce moment particulier est clairement énoncé dans l'ouvrage de Gérard Ringon, Histoire du métier d'architecte en France, en citant l'exemple du dôme de la coupole de la chapelle Santa Maria del Fiore.

« Dans l'édification de ce dôme, Jean Castex, reprenant les analyses d'Argent, voit l'apparition « d'un modèle professionnel nouveau », celui de « l'homme du dessin, l'homme du projet, l'architecte » qui introduit la séparation claire entre le moment de la conception et celui de l'exécution, mais aussi la responsabilité et le pouvoir de l'architecte sur l'ensemble de ce processus »⁶

Ce changement s'affirme d'autant plus avec l'arrivée de la perspective. L'architecte émane désormais du monde de l'art, comme le montre notamment l'exemple de Michel Ange, qui manie les nouveaux outils de dessin et de communication pour transmettre une intention qui porte une idée de création architecturale.

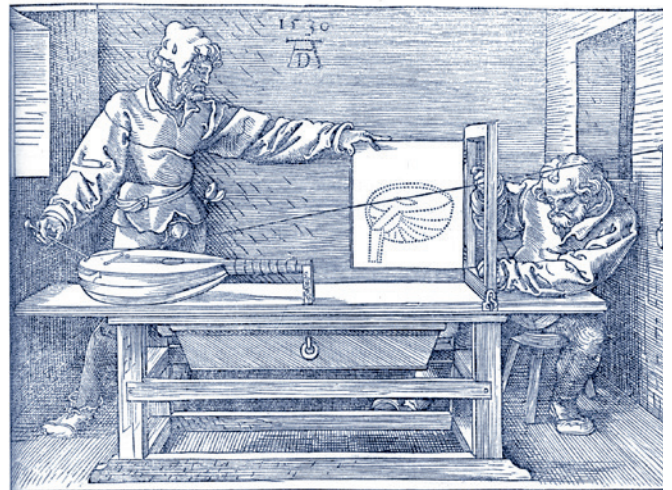
⁶ Ringon, Gérard. Histoire du métier d'architecte en France. Presses Universitaires de France. Que sais-je ? Paris, 1997. p33

L'ARCHITECTE MODERNE EN FRANCE

En France, c'est avec Philibert Delorme (1514, 1570) que le métier d'architecte prend sa forme moderne, initiée par Brunelleschi. Il répond à des commandes prestigieuses, royales, et montre ses qualités en dessin mais aussi ses responsabilités et sa bonne gestion du budget d'un chantier. Il est celui qui « *doit conduire le travail des maçons* »⁷

L'architecte développe alors son métier auprès de commandes royales, avec notamment Jean-Baptiste Colbert, surintendant des bâtiments, arts et manufactures du roi au XVIIe siècle. Ce premier architecte AMO (Aide à la Maîtrise d'Ouvrage) fonde en 1671 l'Académie Royale d'Architecture, poursuivie par François Blondel. L'objectif est clair : « *faire sortir l'architecture, pour ainsi dire, du mortier et de la truelle* »⁸. Gérard Ringon explique que « *ces propos ont une double signification : théorique d'abord, puisque le métier d'architecte n'est pas affaire de savoirs pratiques mais relève de la connaissance de principes fondamentaux, mais aussi sociale car ces nouveaux savoirs qui le fondent assurent la prééminence technique et sociale sur l'ensemble des métiers du bâtiment* »⁹

C'est à partir de là, qu'en France, l'architecte éloigne le Savoir du Faire, se détache du terrain et de la matière, pour se focaliser sur les grands monuments royaux puis publics au détriment de l'architecture vernaculaire.



Le dessin sort du chantier, l'architecte dessine dans son atelier
Gravure de Hieronymus Rodler, 1531

Au XVIIIe siècle, l'apprentissage de l'architecture s'organise davantage et sort de l'Académie en s'ouvrant à des écoles telles que les Beaux-Arts ou les Ponts et Chaussées. Le processus de conception architecturale prend forme. Dans ces écoles sont enseignées l'analyse d'un programme dans un premier temps, puis la réponse par une esquisse avec des dessins en plan, façade et coupe, présentés sous forme de concours devant un jury.

Mais ce clivage de l'enseignement tantôt artistique tantôt technique pose question, comme le montrent les interrogations de Chrysostome Quatremère de Quincy en 1791 :

⁷ Ringon, Gérard. Histoire du métier d'architecte en France. Presses Universitaires de France. Que sais-je ? Paris, 1997. p41

⁸ Idem p48

⁹ Idem p48

« « mais n'est-il pas étrange qu'on en soit venu au point de disséquer un art, d'en séparer la pratique de la théorie ? Qui croirait qu'il existe dans Paris deux écoles d'architecture, comme art du goût, et dans l'autre comme art du besoin... qu'il y ait une école pour apprendre à faire un temple, et une école pour apprendre à faire un pont » (cité d'après Anthologie, Architecture architecte, 1790-1948) »¹⁰

En plus de se détacher de la matière, du terrain, le métier d'architecte tend à s'éloigner de la technique et des calculs avec les Ponts et Chaussées qui formera par la suite des ingénieurs.

FRANÇOIS COINTERAUX : L'ARCHITECTE, LA MATIÈRE ET SON TERRITOIRE

« C'est notamment le cas avec les architectures vernaculaires dont l'édification s'appuie sur des savoirs et sur des formes de division et d'organisation du travail dont l'architecte est absent. »¹¹ (Ringon)

C'est dans cette période de controverse entre l'architecte artiste et l'architecte ingénieur, que François Cointeraux (1740, 1830) cultive une nouvelle forme d'exercer le métier.

Cet architecte de formation est aussi « *agriculteur, estimateur d'immeubles de la campagne, expert arpenteur-juré, maître maçon, entrepreneur* »¹². Grâce à ces différentes formations et regards il va pousser sa pratique « d'architecte rural » en tentant de renouer le savoir et le faire, la théorie avec le terrain, la matière et ses questions de mise en oeuvre. Natif de la région Rhône Alpes, c'est dans ce territoire encore très rural mais riche de ressources et savoir-faire qu'il s'intéresse au pisé, technique de terre compactée dans des banches, qui foisonne sur ce territoire.

« L'apport de Cointeraux est essentiel par le fait qu'il formule, au-delà de la continuité du « faire », un véritable corpus de savoir théorique, pratique et critique, de nature encyclopédique et met en place les conditions favorables à sa large diffusion. »¹³

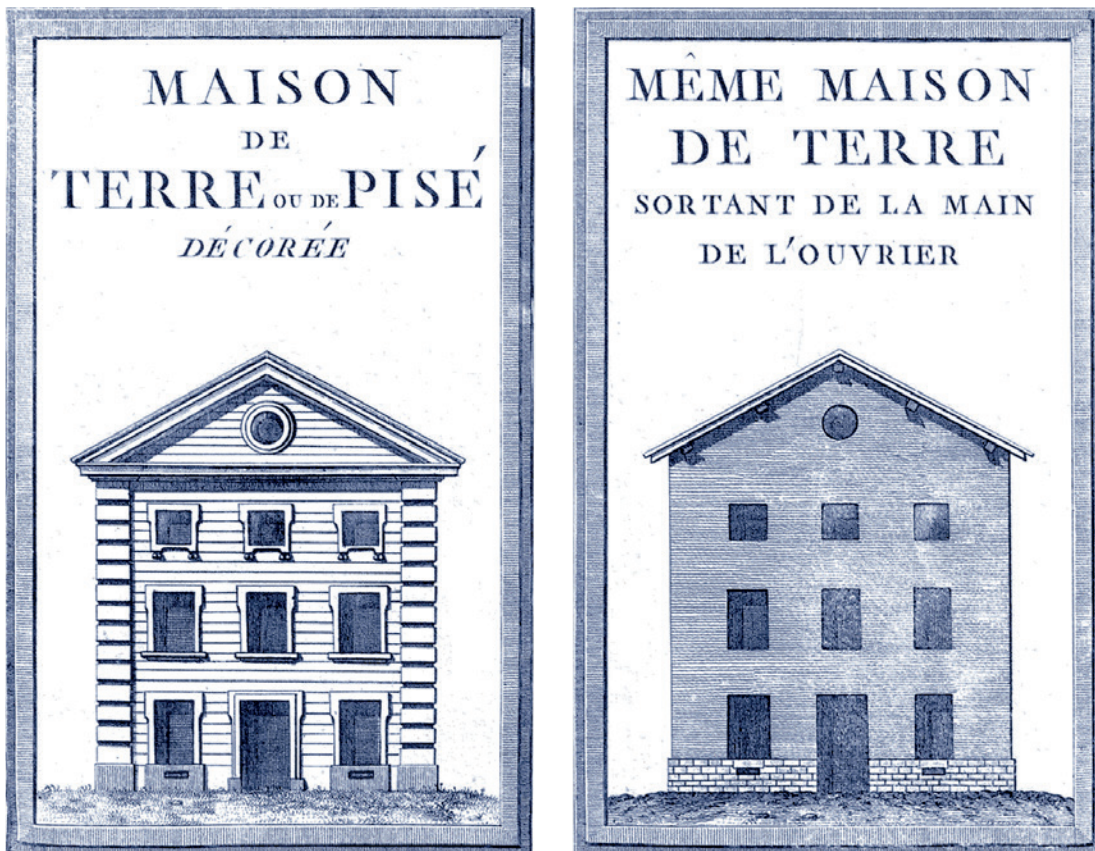
François Cointeraux va porter un nouveau regard sur cette technique rurale qu'il analyse et renouvelle, tant dans les outils de mise en oeuvre et d'optimisation de chantier que dans la forme et l'esthétique architecturale. Il réalise tout l'intérêt de la construction en terre, et va jusqu'à démontrer qu'il est possible de construire en milieu dense urbain, de résister aux incendies, mais aussi de donner aux façades en

¹⁰ Ringon, Gérard. Histoire du métier d'architecte en France. Presses Universitaires de France. Que sais-je ? Paris, 1997. p 69

¹¹ Idem p3

¹² Guillaud, Hubert, et CRAterre. Une grande figure du patrimoine régional Rhône-Alpes: François Cointeraux (1740-1830), pionnier de la construction moderne en pisé. Grenoble: CRAterre-EAG, 1994. p8

¹³ Idem p3



Couverture du Premier cahier de l'école d'architecture rurale,
François Cointeraux

pisé une décoration plus bourgeoise en pierres de taille factices, avec l'enjeu d'anoblir ce matériau très rural pour l'époque.

Peu de temps après, et dans la continuité de cette réflexion, Eugène Viollet-Le-Duc (1814,1879) vient apporter un regard critique sur la formation artistique et dématérialisée des architectes .

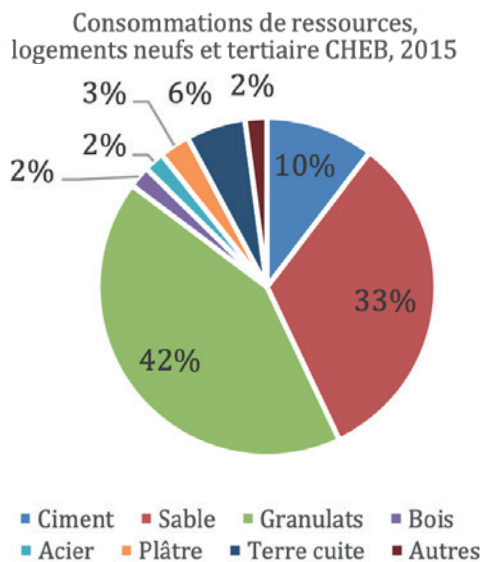
« Tout cela peut être en marbre, en pierre, en moellon enduit, en bois ou en carton, personne ne saurait le deviner et messieurs les professeurs ne paraissent pas s'en préoccuper plus que les élèves. Cependant il n'a jamais existé une architecture digne d'être considérée comme un art qui n'ait tenu compte de la structure... »¹⁴

¹⁴ Viollet -Le-Duc, cité par Gérard Ringon dans son ouvrage Histoire du métier d'architecte en France. Presses Universitaires de France. Que sais-je ? Paris, 1997. p 80

LA RÉFORME INDUSTRIELLE DU BÉTON DE CIMENT

Mais peu de temps après, un évènement majeur vient bouleverser le monde de l'architecture au début du XXème siècle : la découverte du béton de ciment armé. Ce matériau a permis une remise en question du métier classique de l'architecte, notamment avec les frères Perret, issus d'une famille de maçons, qui abordent l'architecture par le biais direct de la matière.

Mais le béton de ciment, bien que mis en oeuvre à ses débuts en Rhône Alpes avec le même procédé de banches que celui du pisé, va se démocratiser dans le monde entier pour devenir matériau universel, utilisé systématiquement dans des projets au détriment de techniques de maçonnerie en pierre ou brique, pan de bois mais aussi en terre crue..



La transformation du monde de la construction est radicale. Soutenu par une politique de reconstruction rapide d'après-guerre, le ciment est aujourd'hui produit partout sur le territoire français. Par son développement industriel, il devient la référence économique, structurelle et même formelle de l'architecte.

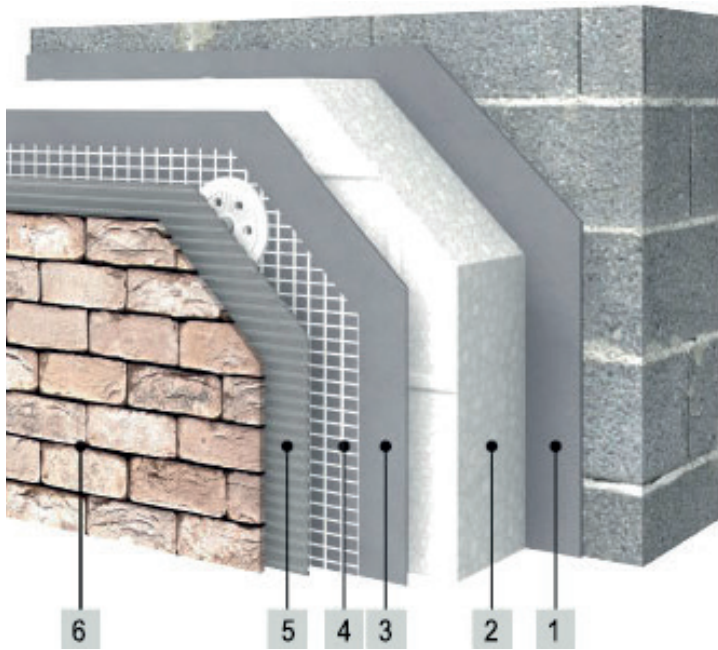
Sérgio Ferro ajoute même que c'est le béton qui vient signer la « subordination réelle » du travailleur, le savoir de la construction est maîtrisé uniquement par des techniciens. « *le béton devient le premier matériau qui n'a pas besoin du savoir-faire de l'ouvrier* »¹⁵.

Les matériaux industriels utilisés aujourd'hui tendent vers de plus en plus de technicité, et norment l'architecture contemporaine. Ces produits répondent aux exigences qu'ils ont eux-mêmes imposé et conditionnent le dessin architectural. L'architecte dessine de manière systématique des murs séparatifs en béton armé de 18cm, des cloisons distributives en placo de 7cm, qui sont la norme et permettent une optimisation foncière du mètre carré.

*« Le monde industriel a développé des procédés de construction de plus en plus élaborés, éloignant le bâtiment des matières premières. Matières premières, matières finales construites : deux continents à la dérive l'un de l'autre. »*¹⁶ (Raphaël Ménard)

¹⁵ Ferro, Sérgio. Conférence Ethique et Architecture. ENSAG, Leçon inaugurale, 10 décembre 2018.

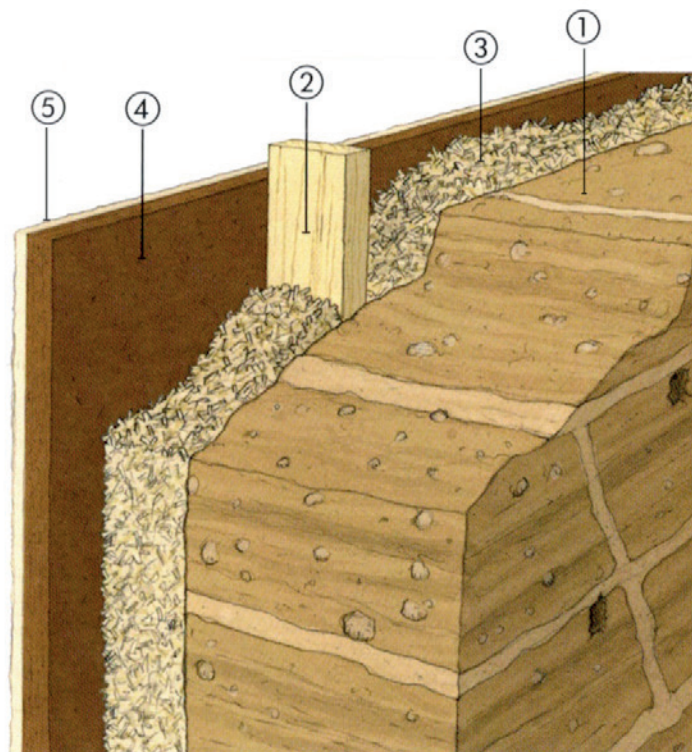
¹⁶ Ménard, Raphaël. « Le pic de l'architecture ». Matière Grise, Encore Heureux, Editions du Pavillon de l'Arsenal, 2014.



Granol'therm Brick
«Le charme de la brique»

© Cantillana SA 2020

- 0 Mur en maçonnerie de parpaing
- 1 Mortier de collage
- 2 Isolants en polystyrène (PSE blanc ou gris)
- 3 Mortier d'armature
- 4 Treillis d'armature
- 5 Ancrage
- 6 Colle pour plaquettes minérales
- 7 Finition: plaquettes minérales
- 8 Mortier de jointoiment



- Mur en pisé 1
- Ossature bois 120x45 2
- Chênevotte de chanvre en vrac 3
- Panneaux fibre de bois pour ITE 4
- Enduit extérieur 5

Mur en pisé ITE

Illustration : Hervé Nallet
L'isolation thermiques-acoustique,
 2017, éditions Terre Vivante

300 KG
DE
NATURE

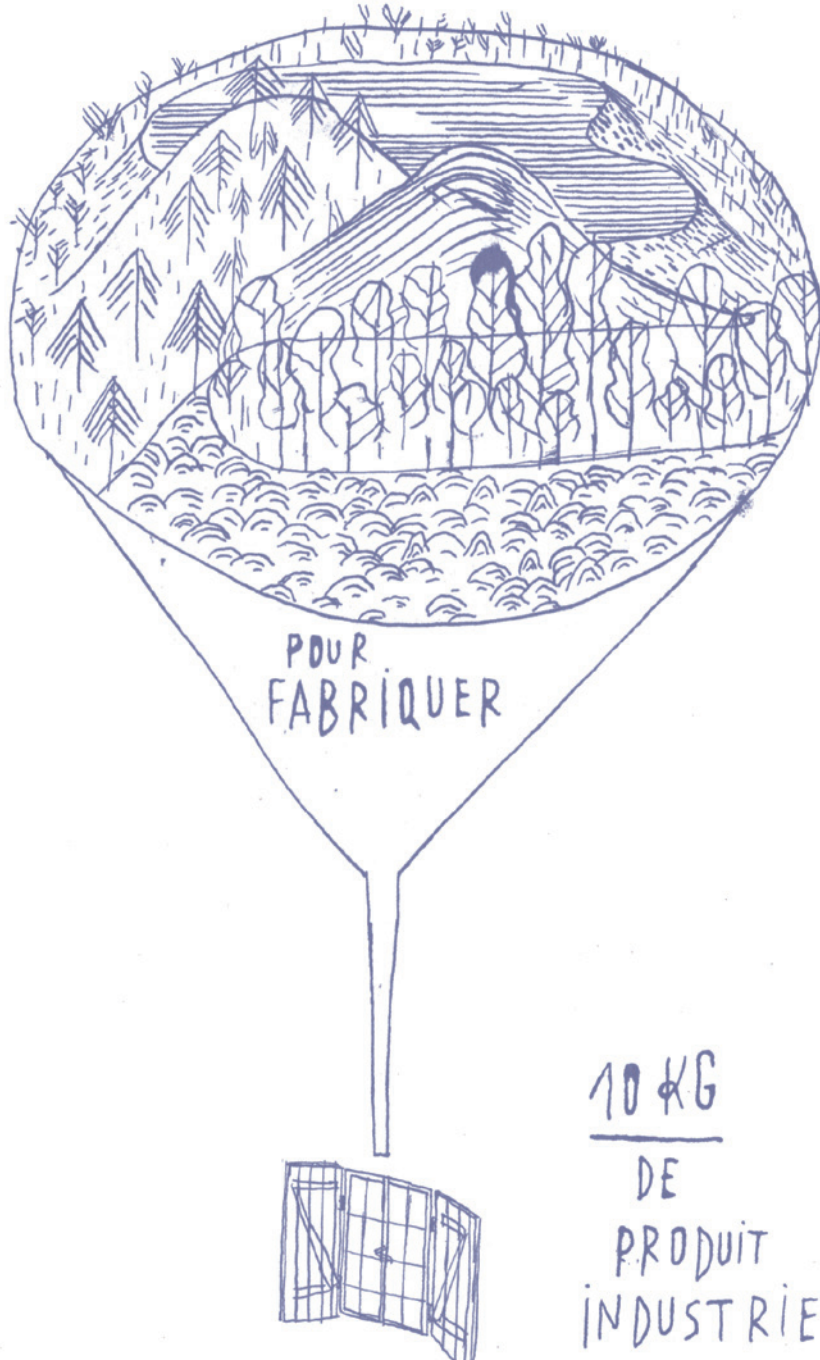


Illustration de Bonnefrite
Matière grise, Encore Heureux, Editions du Pavillon de l'Arsenal, 2014

1.2. Urgences et responsabilités d'aujourd'hui de l'architecte : agir sur le territoire

« La matière nous rattache pourtant à la terre et c'est grâce à elle, à la manière dont elle est travaillée et mise en oeuvre, que nous sommes quelques part »¹⁷ (Bernard Quirot)

L'URGENCE DE CONSTRUIRE AUTREMENT

Il n'est plus nécessaire de rappeler l'urgence actuelle d'une action à toute échelle face au dérèglement climatique. Les architectes sont les acteurs principaux du secteur du bâtiment, lui-même responsable de 38 % des émissions totales de CO2 liées à l'énergie¹⁸. Même si des efforts concernant l'usage des bâtiments (isolation, chauffage) commencent à porter leur fruit, l'énergie de production des matériaux, leur recyclage et leur transport, restent encore peu pris en compte et peuvent être très émetteurs de CO2.

« Aujourd'hui, comment repère-t-on un bâtiment « durable » ? On scrute d'abord sa performance énergétique... en omettant l'ensemble des externalités engendrées par l'acte même de construction » (Raphaël Ménard)

Les questions de construire autrement avec plus de sobriété énergétique, ne peuvent se faire sans une remise en question du métier de l'architecte et du processus de conception. Dans leur Manifeste pour une frugalité heureuse et créative, Alain Bornarel, Dominique Gauzin-Müller et Philippe Madec lancent d'ailleurs un cycle de conférence intitulé « *Métamorphoser l'acte de construire* ». « *C'est à une véritable métamorphose des modes de concevoir, de construire et d'habiter qu'il convient de s'atteler pour assumer efficacement notre responsabilité face aux enjeux de demain.* »¹⁹

Cette responsabilité prend de l'ampleur chez les architectes, elle est notamment visible chez ceux ayant répondu à mon questionnaire, comme les architectes de l'agence Dumont Legrand :

« C'est notre rôle en tant qu'architecte de porter le développement de ces nouvelles manières de construire, plus écologiques et responsables. »²⁰

¹⁷ Quirot, Bernard. Simplifions. Editions Cosa Mentale. Essais. Tusson, 2019. p41

¹⁸ « Buildings construction and operations accounted for 36% of global final energy use and nearly 40% of energy related carbon dioxide (CO2) emissions in 2017. » Données présente dans le rapport de l'ONU Environnement : The 2018 Global Status Report - Towards a Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector

¹⁹ Bornarel Alain, Gauzin-Müller Dominique, Madec Philippe : Texte de présentation du Manifeste, 18/01/2018 <https://www.frugalite.org/fr/le-manifeste.html>

²⁰ Voir Questionnaire, Annexe 1 p76

« SOLUTIONS LOCALES POUR UN DÉSORDRE GLOBAL »²¹

Même si historiquement l'architecte s'est peu intéressé à l'architecture vernaculaire, il s'y confronte davantage aujourd'hui pour trouver des solutions bas carbone, adaptées aux ressources matérielles et humaines locales.

A l'instar de Cointeraux au XIX^{ème} siècle, les acteurs du renouveau de l'architecture de terre partent tous d'une analyse et d'une compréhension de cultures constructives oubliées, propres à un territoire. Cette logique s'observe partout dans le monde, que ce soit par exemple avec Hassan Fathy et les constructions nubiennes en Egypte, ou bien avec CRATerre en France avec ses recherches sur le pisé en Rhône Alpes. Tous ces acteurs partent d'une volonté de sortir d'un système de construction mondialisé polluant et non adapté, en remettant sur la table une logique de conception et de construction en accord avec un territoire.

Il ne s'agit donc pas de se reconnecter uniquement à la matière - l'exemple du béton nous montrant ses limites - mais bien de reconnecter l'architecte et un écosystème représenté par des ressources (matières) mais aussi par une culture constructive propre liée à un contexte géographique, climatique, historique, social et économique.

Cette logique est induite par les matériaux bio et géosourcés. La variabilité des terres présentes sur le territoire français en fait aussi une nécessité dans le cadre d'une conception et réalisation en terre crue, renforcée par le fait que les filières des acteurs de la terre crue, sont elles aussi organisées par territoire, encore liés à des constructions qui restent majoritairement rurales.

L'architecte devient le médiateur entre une demande, un programme et des enjeux environnementaux, sociaux et économique liés à un territoire. Il est le coordinateur des différents acteurs et fait valoir les intérêts communs.

« Par les choix réalisés pour le projet, l'architecte va orienter les flux de matière qui seront prélevés dans la nature en influençant les paysages et l'aménagement des territoires. Par son action sur le projet, il participe à la construction de filières. Le rôle et la responsabilité de l'architecte est donc bien plus large que la simple conception »²² (Hugo Gasnier)

Dans cette logique, l'architecte en vient même à se poser la question de son implantation. Peut-il maîtriser les enjeux d'un territoire auquel il n'appartient pas ? et cela dans un temps court de conception ? Un tiers des architectes français sont basés en Ile de France (32,4% en 2017)²³ et même si le

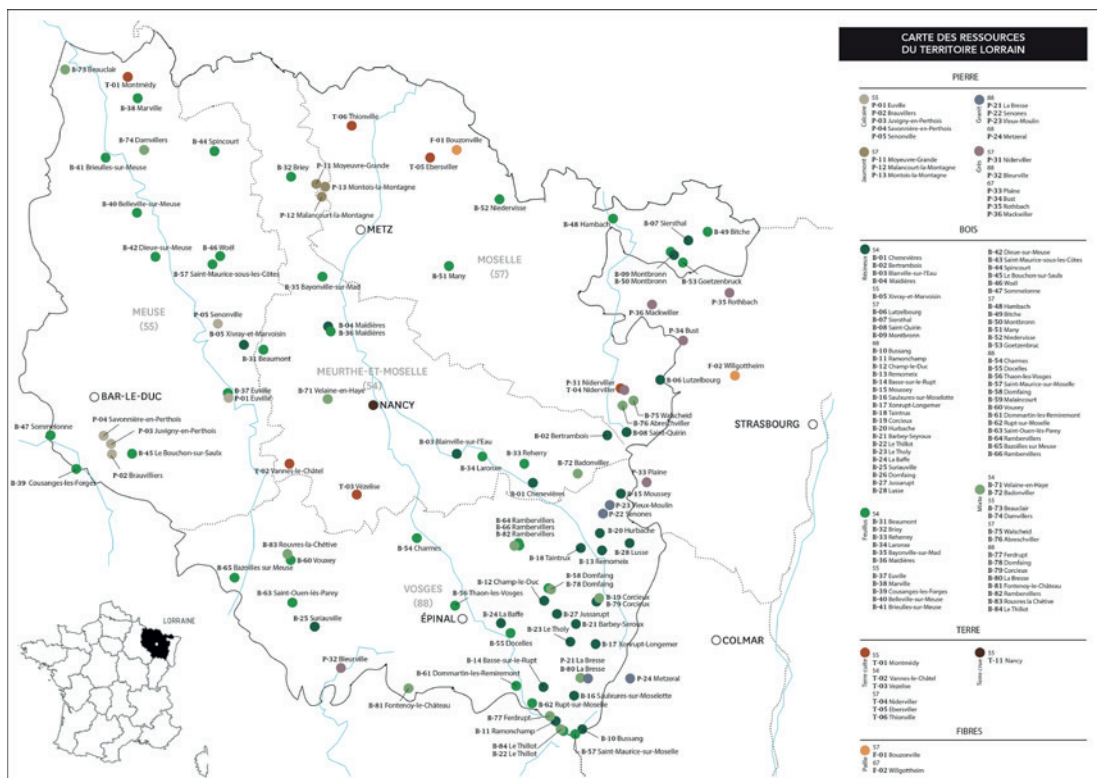
²¹ Titre du film documentaire : Coline Serreau. Solutions locales pour un désordre global. Documentaire. Cinémao, Eniloc, Colibris, Studio

³⁷ Montparnasse Production, Kino Factory, 2010.

²² Gasnier, Hugo. « Construire en terres d'excavation, un enjeu pour la ville durable ». ENSAG, 2019.

²³ Source : l'Ordre des Architectes : <https://issuu.com/ordre-national-des-architectes/docs/archigraphie-2018>

marché y est conséquent, beaucoup répondent à des projets sur le reste du territoire français. Certains architectes primés ont néanmoins choisi d'installer leur activité en territoire rural, comme Boris Bouchet, Simon Teyssou, Bernard Quirot, ... et développent des analyses des ressources d'un territoire, comme les architectes de StudioLada qui mettent en place une carte des ressources disponibles en territoire lorrain²⁴.



Carte des ressources du territoire lorrain, document en cours d'élaboration par le groupe « Lorraine » du Mouvement pour une frugalité heureuse et créative. <https://www.pavillon-arsenal.com/fr/et-demain-on-fait-quoi/11629-pour-ouvrir-une-breche-frugale-heureuse-et-creative.html>

²⁴ Voir le dossier Circuits courts : un nouveau régionalisme critique ?, Magazine D'Architecture, n°284 Octobre 2020

ARGUMENTERRE

Dans son mémoire, Elvire Leylavergne rapporte les freins exprimés par les architectes pour construire en terre crue : le manque de professionnels qualifiés, le peu de culture générale sur la terre crue, une capitalisation technique peu partagée. L'enquête réalisée pour ce mémoire fait aussi ressortir un constat général : la terre demande « *beaucoup de temps et d'énergie à chaque étape pour rassurer l'ensemble des acteurs.* »²⁵ Que ce soit au niveau de la maîtrise d'ouvrage, des bureaux de contrôle, des bureaux d'étude, l'architecte par son rôle de médiateur et chef d'orchestre, doit passer une grande partie de son temps à convaincre de l'intérêt de bâtir en terre.

Mais cette force de persuasion dont doit faire preuve l'architecte pour tout projet, est particulièrement chronophage avec la terre crue. Certains architectes familiers de cette matière ont développé des arguments forts pour convaincre, comme cet exemple de Vincent Rigassi par rapport au frein économique souvent cité pour la terre crue :

« Quelques élus nous ont suivi dans l'idée qu'un « surinvestissement » dans de la main-d'œuvre peut trouver un équilibre : on prend de l'argent public pour payer un bâtiment public, on fait travailler des entreprises et si on a beaucoup de main-d'œuvre, la moitié environ de cette part de main-d'œuvre génère des cotisations sociales, donc de l'argent qui revient à l'argent public...

Quand on sait que 70 à 80% du coût du pisé est de la main-d'œuvre, la moitié d'une opération en pisé ne coûte rien, puisque l'argent public mobilisé retourne au public...

Cette question d'intensité sociale est pour nous un argument fort du pisé, mais cela n'empêche évidemment pas de continuer à chercher des compromis, notamment en trouvant des conceptions de mise en œuvre rationnelles et peu chronophages... »²⁶
(Vincent Rigassi)

Lors du DSA, nous avons fait l'exercice « Argumenterre » en posant sur la table tous les arguments contre la terre crue, et en essayant de trouver un argument fort pour convaincre et contourner ces obstacles. Cet entraînement est essentiel pour pouvoir exercer le métier d'architecte et démonter les faux aprioris desservant la terre crue, tels que « trop cher », « pas contemporain », « ne tient pas », etc..

²⁵ Jean-Marie Le Tiec, voir questionnaire annexe 1, p76

²⁶ Etretien de Vincent Rigassi « Stratégie pour une restauration lourde » Site internet Terra Terre <https://www.tera-terre.org/vincent-rigassi/>

ENJEU POLITIQUE DU MÉTIER

Politique : ensemble des discours, actions et réflexions ayant pour objet l'organisation du pouvoir au sein d'une société.» (<https://dicophilo.fr/definition/politique/>)

Les bâtiments publics sont construits par la maîtrise d'ouvrage, agissant en fonction des besoins de la société. S'il est bien mené, la communauté s'approprie le projet qui devient un élément démonstrateur de techniques, de matériaux. Construire des projets publics en terre crue permet de démocratiser cette matière, de sensibiliser les usagers avec leur environnement et peut influencer leurs propres logements.

« En effet, un bâtiment public marque le paysage et est identifiable par la communauté. Ce sont des lieux ouverts au public et leurs cahiers des charges sont soumis à beaucoup plus de règles que ceux du marché privé (hors bâtiments avec un programme très spécifiques comme l'industrie ...). Les ouvrages en terre sont ainsi visibles de tous et démontrent par l'expérience qu'il est possible de construire avec ce matériau. »²⁷(Antoine et Carnevale)

L'architecte a alors une double mission :

- Il est coordinateur de tous les acteurs : il porte l'intérêt de la maîtrise d'ouvrage, des usagers, de leur environnement et histoire.
- Il est aussi acteur d'une transmission de connaissance et d'une sensibilisation aux enjeux du développement durable de ce territoire : par une conception démonstratrice des matériaux, par des assemblages, en montrant les structures, en rattachant les matériaux et techniques à un territoire, il contribue à rendre les procédés et techniques appropriables, intelligibles face aux enjeux du développement durable.

Dans son article « Le pic de l'Architecture », Raphaël Ménard calcule le poids énergétique des décisions que prend l'architecte dans sa conception, tous les flux et la consommation d'énergie engendrés par la transformation du matériau, son transport, son entretien et son recyclage.

« Comparé aux besoins moyens d'un Terrien, en ce début de XXIème siècle, l'architecte est grand électeur au suffrage censitaire de l'écologie : un vote qui vaut 2000 voix de citoyens »²⁸(Raphaël Ménard)

²⁷ Antoine, Anne-Lyse, et Elisabetta Carnevale. « Architectures contemporaines en terre crue en France de 1976 à 2015 ». Mémoire DSA, ENSAG, 2016. p114

²⁸ « Par an, l'architecte manipule un flux de 4 millions de kWh pendant les 1000 heures consacrées aux projets. Il est le machiniste d'une centrale virtuelle, consommant 400 litres de carburant à l'heure et dont il détient les clés pour optimiser le rendement. Au même instant, il a besoin de 100 W d'apport métaboliques et d'un peu d'énergie grise pour projeter. L'architecte est une machine énergétique hallucinante : il

Mais ces choix peuvent aussi avoir un impact positif sur l'économie d'un territoire. A Mayotte, le projet du Lycée des Métier de Longoni, relance la filière de fabrication de BTC (Blocs de Terre Comprimée) qui s'était peu à peu éteinte. Par le choix d'un matériau, l'architecte permet un développement économique et améliore l'autonomie d'autant plus nécessaire pour des populations insulaires.

contrôle 40 000 fois ses propres besoins! »

Ménard, Raphaël. « Le pic de l'architecture ». Matière Grise, Encore Heureux, Editions du Pavillon de l'Arsenal, 2014.

1.3. Un accompagnement des architectes pour une conception en terre renforcée

LA RÉPONSE À UNE DEMANDE CROISSANTE D'ACCOMPAGNEMENT

Face à un travail chronophage lié au choix de la terre crue, l'architecte dispose d'un temps court dédié aux études dans le cadre du marché public. Il devient alors difficile (avant tout pour un premier projet en terre crue) de prendre connaissance de toutes les préconisations, surtout lorsque celles-ci doivent être prises dès le début de la conception. Une aide est alors souvent nécessaire pour accompagner les architectes.

« L'étude d'un projet va très vite, surtout si c'est sous forme de concours, il faut donc vite injecter des choses pour qu'elles aient une chance d'exister. On est aujourd'hui plus réactifs. Les expériences que nous avons faites, nous aident à intégrer plus facilement cette matière à notre champ de vision. »²⁹ (Gauthier Claramunt)

De plus, face au nombre croissant de projets convoquant la terre crue en France, cette demande d'accompagnement pousse au développement d'un véritable marché auprès de la maîtrise d'oeuvre, mais aussi de la maîtrise d'ouvrage ou des entreprises. Dans son étude, Elvire Leylavergne met en avant cette demande :

« Par rapport au besoin du marché de la construction et de la réhabilitation du patrimoine, ces architectes attirent l'attention sur le manque de professionnels compétents au niveau de la mise en oeuvre, de la conception, de la programmation »³⁰

Des architectes ont alors décidé d'en faire tout ou partie de leurs activités, comme le pôle d'assistance à la maîtrise d'oeuvre, à la maîtrise d'ouvrage ou aux entreprises du CRAterre, aujourd'hui coordonné par Jean-Marie Letiec. Ce pôle accompagne en particulier des architectes lors des phases d'études. Il en est de même pour BEterre fondé par Martin Pointet et rejoint aujourd'hui par Jim Prunier et Romain Bajoux. Amàco s'oriente aussi vers cette activité aujourd'hui.

En complément des travaux que j'ai pu faire pendant mon stage, un entretien avec Martin Pointet³¹ de

²⁹ Voir entretien Gauthier Claramunt, annexe 2 p 82

³⁰ Leylavergne, Elvire. « La filière terre crue en France, enjeux, freins et perspectives ». ENSAG, 2012. p70

³¹ Retranscrit en annexe 3 p 86

BEterre m'a permis de préciser les caractéristiques et conditions de cet accompagnement, qui en sont les commanditaires et comment intervient-il dans le processus de conception architecturale.

LE DOMAINE D'INTERVENTION

La demande d'accompagnement se fait majoritairement par les architectes, pour compléter leur équipe de maîtrise d'oeuvre. Pour BEterre, environ 70 % des clients sont architectes, 20 % des particuliers pour des diagnostics ou conseils et 10% des bureaux d'étude.

Un accompagnement idéal se fait depuis le début du projet, en concours ou en phase esquisses. BEterre est d'ailleurs souvent sollicité pour être intégré dans le dossier de candidature (présélection au concours), pour ses références en terre crue, nécessaires lorsque le programme établi par la maîtrise d'ouvrage précise une demande spécifique en matériaux biosourcés, géosourcés ou même en terre crue. Dans le cas où la candidature est retenue, l'expert terre est force de proposition et peut orienter dès le début vers un choix de la technique et de la logique constructive. Mais ce n'est pas toujours le cas. Les architectes réalisent souvent assez tard, au moment des phases Avant-Projet ou Projet qu'un accompagnement technique est nécessaire. Le projet étant déjà bien avancé dans le dessin, le travail consiste alors à régler des problèmes de logique constructive.

LES MISSIONS RÉALISÉES

Construire aujourd'hui en terre crue, nécessite des études complémentaires que cet accompagnement peut gérer. Dans sa thèse³², Hugo Gasnier définit certaines des étapes importantes pour un projet en terre crue :

- **Diagnostic ressources :**

« L'identification des savoir-faire locaux nécessaires à la mise en oeuvre des matériaux choisis est un préalable indispensable pour concevoir un projet contextualisé. Cette dimension parfois négligée par les architectes doit être fortement présente puisque nécessaire lorsqu'il s'agit de concevoir des édifices utilisant le matériau terre »³³ (Hugo Gasnier)

³² Gasnier, Hugo. « Construire en terres d'excavation, un enjeu pour la ville durable ». ENSAG, 2019. p233

³³ Idem p220

Hugo Gasnier propose d'intégrer, en plus d'un diagnostic de pollution des sols et d'une étude géotechnique, un diagnostic ressource axé sur l'utilisation de terres de déblais, celles du site mais aussi celles localisées sur des plateformes de tri. Nous pourrions étendre ce diagnostic aux ressources présentes sur le territoire, en incluant les carrières par exemple (mais énergivore ?). Le diagnostic peut aussi montrer qu'il est plus pertinent d'utiliser un autre matériau biosourcé que la terre à cet endroit.

Il serait intéressant d'intégrer au même moment, aux prémices du projet, un diagnostic humain. Hugo Gasnier parle d'une « production anticipée ». Un état des lieux des savoir-faire et des entreprises disponibles est nécessaire le plus tôt possible. Certains projets restent bloqués au moment de l'appel d'offre car aucune entreprise ne peut répondre.

Martin Pointet note néanmoins que les architectes les sollicitent peu pour cette étude de ressources. C'est pourtant dans la compétence de l'architecte de mener ces recherches aux prémices du projet. Malheureusement cette phase est peu ou pas réalisée, alors qu'une analyse est plus que nécessaire pour valider la faisabilité d'un projet. Savoir si la matière terre est disponible, sous quelle forme elle est mise en oeuvre dans ce territoire et si des entreprises qualifiées sont présentes et disponibles pour le construire. Il serait pertinent d'effectuer ce diagnostic ressources par la maîtrise d'ouvrage, lors de la définition du programme, et d'en faire part au concours (ou lors de la procédure adaptée) aux architectes. De plus, un tel diagnostic peut servir à plusieurs projets sur le même territoire.

- **La transformation de la matière en matériaux :**

Une analyse des terres en laboratoire permet de définir dans un premier temps la composition d'une terre, sa granulométrie, son pourcentage en argile et sa réaction à l'eau (cohésion, retrait, limite de liquidité et plasticité,...). Même si une terre possède un fort pourcentage d'argile, elles ne sont pas forcément actives. La terre est ensuite orientée vers une utilisation en matériaux de construction. Des essais de formulation avec une autre terre, du sable ou des fibres sont réalisés pour améliorer les caractéristiques de la matière première. Ces matériaux formulés sont ensuite testés pour calculer leur résistance à la compression, à l'érosion, etc..



L'enquête réalisée auprès des différents architectes, montre qu'une analyse en laboratoire des terres n'est pas toujours nécessaire. Lorsque les acteurs d'un territoire, comme par exemple en Rhône Alpes, sont bien organisés et savent reconnaître les ressources disponibles et maîtrisent les savoir-faire du pisé, le passage en laboratoire est optionnel. Cependant, lorsqu'un soutien technique est nécessaire, ou pour la création d'une filière (comme pour le projet du Lycée des Métiers à Mayotte d'Encore Heureux, ou le projet de Cycle terre), une analyse des terres permet d'orienter le choix de la terre et de la technique pour en garantir une utilisation optimale.

Le fait que le laborantin soit aussi architecte, permet d'ouvrir l'analyse et d'aller au delà de simples chiffres et résultats.

La terre est testée, manipulée, en pensant déjà à sa mise en oeuvre, à sa transformation en matériau de construction, à son architecture. Les conseils donnés ensuite aux architectes, ne sont pas uniquement techniques, mais soulèvent des possibles usages esthétiques, fonctionnels, bioclimatiques,...

- **Accompagnement technique :**

Cet accompagnement technique, que se soit au niveau de CRATerre ou de BEterre, est néanmoins considéré comme transitoire. Même si les deux étapes vues précédemment ont toute leur place dans une expertise à part, l'accompagnement technique des architectes dans le dessin jusqu'au contrôle du chantier pourrait être maîtrisé par des bureaux d'étude structure et thermique. Il constate d'ailleurs que les architectes qui le sollicitent renouvellent souvent cette collaboration à contrario des bureaux d'étude, qui acquièrent rapidement cette compétence en interne. BEterre n'ayant pas la compétence de bureau structure, il est parfois compliqué de justifier un ouvrage lorsqu'un bureau de contrôle réticent exige des calculs. Par ailleurs, ce métier d'expert terre rajoute une équipe en plus dans la maîtrise d'oeuvre, ce qui est parfois difficile de justifier au regard du budget (souvent limité) alloué à la conception.

La SCOP Ecozimut, à Toulouse, est un bel exemple de bureau d'étude thermique qui développe une partie de son activité dans l'expérimentation de matériaux en terre crue. Elle accompagne notamment l'équipe d'architecte de l'agence Dumont Legrand sur le projet important de logements à Biganos en terre allégée. Pour ce projet, Amàco a été missionné par la maîtrise d'ouvrage pour effectuer un diagnostic ressources ainsi que des essais matériaux pour le document de consultation, avant le lancement du concours.³⁴

³⁴ Voir la réponse de l'agence Dumont Legrand au questionnaire, annexe 1 p76

Malgré un accompagnement, il arrive que des bureaux d'études restent récalcitrants. C'était le cas pour la Maison de santé à Badonvillier, conçue par les architectes de l'agence Mil Lieux accompagnés par BEterre : « *Nous voulions utiliser la terre du site. Face aux réticences très fortes du bureau de contrôle, nous avons dû accepter de faire venir une terre d'Isère, qui avait déjà été utilisée pour un autre chantier en pisé, et dont nous disposions des caractéristiques techniques* »³⁵. Même avec beaucoup d'énergie et de volonté, l'utilisation de terre du site peut encore paraître trop risquée pour certains acteurs.

Un projet en terre crue exige une logique architecturale plus globale, et non uniquement technique. L'atout fort d'un bureau d'étude comme BEterre, est qu'il est composé d'architectes qui utilisent le même langage, et peuvent conseiller sur la conception même de l'édifice.

Martin Pointet propose des prestations à l'heure ou à la journée pour conseiller, sensibiliser, ce qui peut être intéressant au début d'un concours par exemple. Amàco propose aussi une formation de quelques jours destinée aux architectes pour les initier aux techniques de terre crue. L'agence Dauphin a d'ailleurs conforter ses compétences en architecture de terre crue grâce à cette formation.

³⁵ Voir la réponse de l'agence Mil Lieux au questionnaire , annexe 1 p76

2. UNE LOGIQUE CONCEPTUELLE INHÉRENTE À LA TERRE CRUE

2. 1. Le choix de la terre et de la technique

« Face à un site et à un programme, il ne s'agit pas de trouver une réponse par le dessin, mais d'abord de choisir un système constructif, et donc un matériau, dicté par le contexte. C'est seulement à partir de là que devrait commencer le travail de la forme qui est alors intrinsèquement liée à la matière »³⁶ (Bernard Quirot)

L'amorce idéale d'un projet serait une analyse des savoir-faire locaux à partir des cultures constructives locales, ainsi qu'une recherche et analyse en simultané d'une terre (du site ou proche) en accord avec ces cultures constructives. En suivant cette logique, il faudrait donc construire en bauge en Normandie, en pisé en Rhône Alpes, en Adobe en Midi- Pyrénées etc..

Certains architectes ont associé cette logique à leur projet, comme l'agence Dumont Legrand avec leur projet de logement à Biganos intégrant la terre allégée. Ces architectes ont choisi d'utiliser les terres d'une briqueterie située à une vingtaine de kilomètres du futur site du projet.

« La forte volonté de l'équipe était de trouver un système constructif qui permettait d'utiliser la matière avec le moins de transformation possible. Partant du constat que les terres très argileuses sont historiquement utilisées dans la construction comme des liants, nous avons pris le parti d'utiliser la terre de la briqueterie de Le Barp comme une colle dans un mélange terre/fibres végétales. »³⁷

Dans leur mémoire, Anne-Lyse Antoine et Elisabetta Carnevale décrivent « l'évolution des tendances pour les techniques de construction, de la BTC au pisé »³⁸. Elles affirment à partir d'un graphique (ci-contre) que le renouveau de l'architecture en terre crue s'est initié par la technique du BTComprimé, et qu'aujourd'hui le pisé prend de plus en plus de place sur le marché. Une autre analyse de ce diagramme peut aussi être faite.

³⁶ Quirot, Bernard. Simplifions. Editions Cosa Mentale. Essais. Tusson, 2019.

³⁷ Voir la réponse de l'agence Dumont Legrand au questionnaire, annexe 1 p76

³⁸ Antoine, Anne-Lyse, et Elisabetta Carnevale. « Architectures contemporaines en terre crue en France de 1976 à 2015 ». Mémoire DSA, ENSAG, 2016. p98

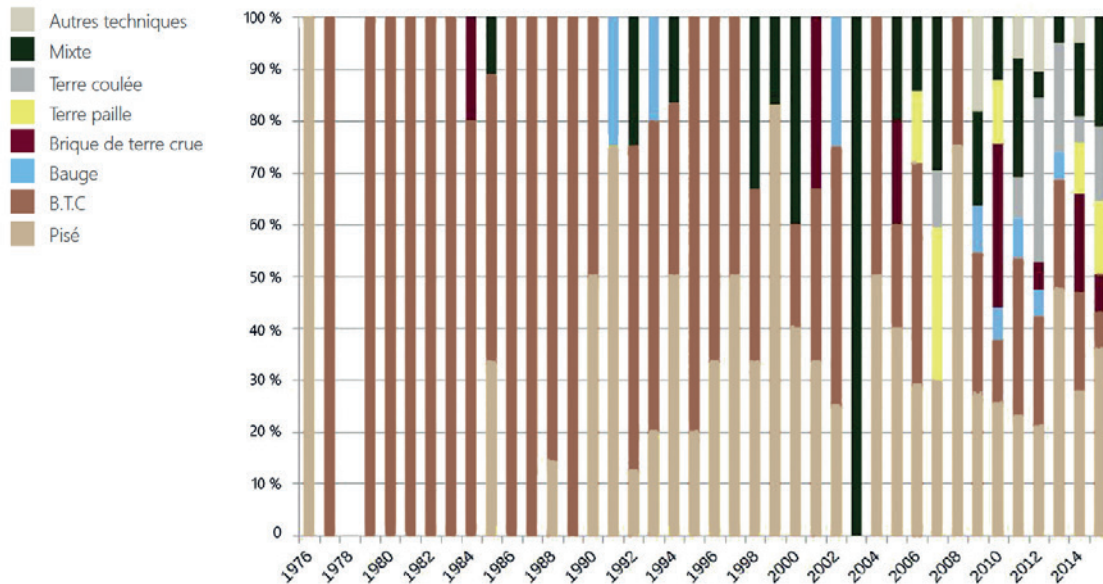


Fig 15 Proportion des techniques utilisées dans la construction neuve en terre crue entre 1976 et 2015 en France métropolitaine par année
© Anne-Lyse Antoine et Elisabetta Carnevale

La BTComprimé est une technique nouvelle, qui dépend d'un mode de production mécanisé, et ne se raccroche pas à des cultures constructives anciennes. Ce matériau préfabriqué sous forme de brique, se raccroche plus à des techniques de maçonneries industrielles. Il est plus facile à contrôler et à normer. Cependant, le graphique montre aussi que les constructions en terre crue s'orientent petit à petit vers plus de diversité dans des techniques innovantes (terre allégée projetée, terre coulée) mais aussi traditionnelles (torchis, bauge, adobe). Un lien peut être fait entre cette diversité et l'attention de plus en plus marquée des architectes (et des acteurs de la construction en général) vers des solutions plus locales, avec leur ressources et techniques inhérentes.

Mais cette logique locale n'est pas toujours évidente. Les techniques voyagent, la diffusion rapide des connaissances sort les techniques de leur région et rend possible leur emploi en dehors de leur territoire d'origine. La technique du pisé historiquement très liée à la région Auvergne Rhône-Alpes est aujourd'hui réalisée un peu partout sur le territoire français.

De ce fait, d'autres paramètres peuvent intervenir dans le choix de la technique, en fonction de contextes variables :

Un contexte urbain

Un projet en ville peut entraîner une conception dense ainsi qu'une gestion de l'espace du chantier contraint par le poids du foncier. Les matériaux et procédés constructifs doivent alors s'adapter à ce contexte particulier pour permettre de construire en hauteur avec peu d'emprise au sol : la préfabrication permet de réduire le temps de chantier, minimise les gênes occasionnées (nuissances sonores, occupations de l'espace public,...). La terre crue s'est développée tardivement dans ce domaine.

Le projet Cycle Terre répond à ce contexte urbain dense, en s'intéressant aux problématiques de transport, aux recyclages des terres d'excavation (catégorisées jusque-là en tant que déchet) pour en produire des matériaux préfabriqués tels que la BTC, du mortier, des panneaux de terre extrudés et de l'enduit.

L'absence de culture constructive en terre crue

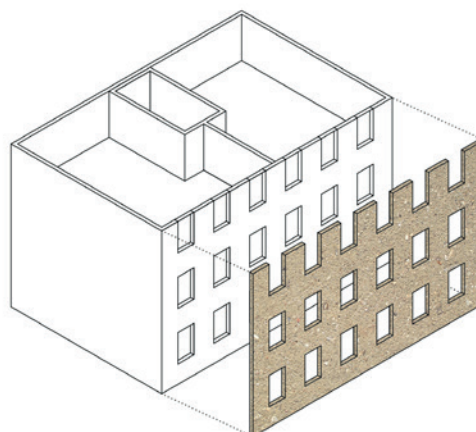
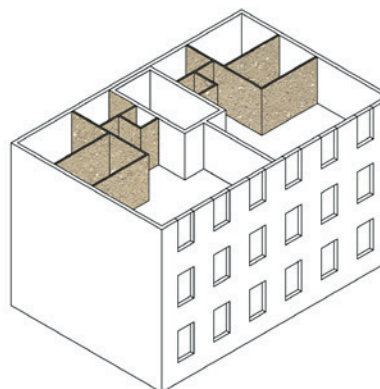
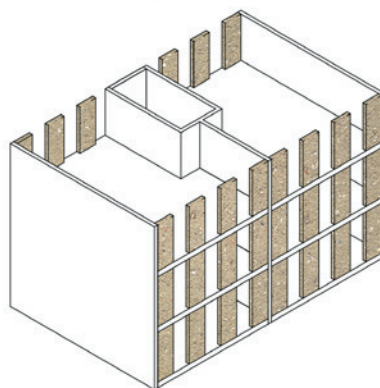
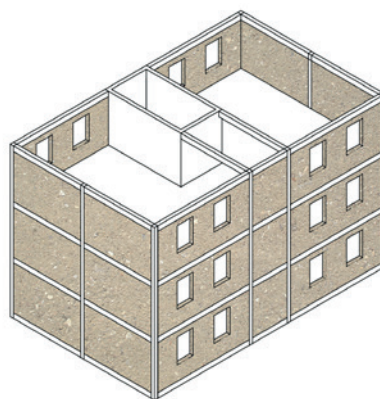
Dans certaines régions, même si la terre est présente, l'architecture vernaculaire en terre crue ne s'est peu ou pas développée. Dans ce cas, il est quand même possible de construire en terre crue à partir d'analyses de la terre du site, ou de terres proches. Cette démarche peut être l'occasion de former sur le chantier une entreprise locale, ou de lancer une nouvelle filière de matériaux.

De plus, lorsque le contexte est dominé par d'autres ressources (pierre, bois, paille...), la terre crue peut être utilisée en second plan. Elle est très intéressante pour accompagner d'autres techniques. C'est le cas par exemple avec des structures légères en bois ou en paille. Un simple enduit ou des panneaux de terre extrudés apportent de la masse et de l'inertie, ce qui est recherché notamment pour améliorer le confort d'été. La terre est aussi un bon allié pour protéger ces matières organiques du feu. En tant que matière inerte géosourcée, elle est très utile dans les constructions règlementées en tant qu'écran thermique pour les structures ou isolations inflammables.

Un choix à faire face aux futurs usages

Les futurs usages sont à prendre en compte dans le choix de la technique. S'il s'agit de logements, de locaux d'activité, d'établissements scolaires, de lieux de stockage ou de conservations, etc... la technique choisie peut être orientée pour être visible, ludique (dans le cas d'écoles par exemple), ou bien protégée et enduite pour un entretien facile, ou encore massive pour ses capacités régulatrices dans le cas d'un mur trombe, etc. C'est ce qui a motivé les architectes de Nama et Design & Architecture dans le choix de murs épais en pisé pour le centre INRA à Orléans, en répondant à un besoin de conservation d'échantillons de sol.

L'entretien est aussi un des points à prendre en compte pour proposer une technique en cohérence avec les futurs usages des bâtiments. Un bailleur social qui doit entretenir sur le long terme ses logements en locations n'a pas les mêmes exigences qu'un bâtiment de stockage par exemple.



*L'utilisation de la terre crue en rénovation / milieu urbain
Dessin © Inès Touzard*

Heureusement, l'atout premier de la terre crue est qu'elle peut se décliner sous de multiples formes, de multiples matériaux et mises en oeuvre. Elle a aussi l'avantage de rester encore majoritairement dans une production artisanale lui permettant une liberté conceptuelle jusque dans la forme du matériau. L'adobe offre particulièrement cette liberté et il est facile de concevoir un moule qui donnera une forme à la brique propre au projet. L'architecte pousse alors la conception jusque dans le matériau, par le dessin d'outils de chantier, à l'instar de François Cointeraux au XIXème siècle.

Le choix d'une terre et d'une technique amène ensuite l'architecte à trouver une forme architecturale en corrélation avec cette technique.

« Chaque technique a sa propre esthétique. Elle découle des caractéristiques de la matière, de sa répartition granulométrique et de l'état hydrique de sa mise en oeuvre, mais également du type et de la taille de ses systèmes de fabrication. »³⁹

C'est cette synergie forte entre le choix d'une terre et le choix d'une technique qui enrichit la conception architecturale. Elle pousse les questions concrètes de mise en oeuvre et de faisabilité aux prémices du projet. Ce travail nécessite néanmoins une gymnastique d'aller-retour dans la conception, qui se doit d'être alors souple et conciliante, adaptative.

ACCOMPAGNEMENT DE L'AGENCE MAES ARCHITECTES

Lors de mon stage chez Nama Architecture, j'ai participé à l'analyse de terres en provenance de Martinique, que l'agence MAES Architecture nous a fait parvenir dans le cadre d'un concours. La demande des architectes était de voir si ces terres pouvaient être utilisées pour des BTC. Deux terres nous sont parvenues, la première provenant directement du site et l'autre d'un lit de rivière en contrebas. Les deux terres s'avèrent être finalement des granulats, constitués de graviers, sables avec un peu de silts, mais pas d'argile. En analysant la terre du site, je me suis rendue compte qu'il s'agissait de granulats de type Pouzzolane, parfaits pour un usage en béton de site allégé pour une dalle ou en remplissage d'ossature par exemple. Cet usage a été suggéré dans le rapport, tout en conseillant de trouver une autre terre fine et cohésive pour la mélanger à ces granulats et en faire des BTC. Les architectes ont ainsi envoyé deux autres terres, l'une composée de sable, avec peu de cohésion, et l'autre très cohésive, mais sous forme de pâte très dure à dissoudre qui demanderait une énergie importante pour être mélangée aux premières terres lors du chantier.

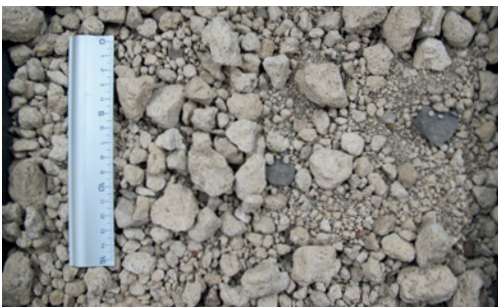
³⁹ Construire en terre crue dans les opérations d'Habitats à Loyer Modérés, en location ou en accession étude du champ des possibles
R.dacteurs : Jean-Marie LE TIEC, Hugo GASNIER p17

Le concours n'a pas été remporté par l'agence Maes, mais par une autre équipe souhaitant faire aussi des parois en terre crue. Ce n'est qu'après le choix du lauréat, que la maîtrise d'ouvrage a réalisé qu'il ne serait pas envisageable, ou tout du moins très compliqué, de construire en terre. Elle demande maintenant à l'équipe de Maes Architecte d'aider le projet à se concrétiser. Cet exemple est assez courant : un matériau est choisi par défaut sans diagnostic ressources et une bonne intention de construire en terre crue aboutit à un projet très compliqué à mettre en œuvre, entraînant une importante reformulation et plus de transports.

Néanmoins, cette expérience a été formatrice pour l'agence Maes Architecture. Suite à cela, elle nous a envoyé des terres de site pour un concours à Marseille, sans avoir choisi une technique au préalable. La terre analysée s'avère être sablo-limoneuse, mais avec des argiles actives, et offre de nombreuses possibilités en BTC, Mortier ou Pisé, avec peu voire pas de reformulation. Nous avons pu donc orienter l'architecte vers un choix possible de techniques, à confronter avec les entreprises qualifiées disponibles sur le territoire.

Cette expérience est un bel exemple révélant le changement qu'impose la terre crue dans le processus de conception, et le besoin d'adaptation rapide de l'architecte.

TERRES DE MARTINIQUE



1. TERRE DU SITE

Cette terre ne présente pas d'argile, donc pas de cohésion. Cependant, les grains de type « pierre ponce, pouzzolane » présentent un intérêt en construction pour la réalisation de bétons allégés, avec des liants à base de chaux ou de ciment. Selon la granulométrie, les grains intéressants sont ceux supérieurs à 1mm de diamètre.



2. TERRE «LIT DE RIVIÈRE»

Cette terre ne présente pas d'argile, pas de cohésion. Il s'agit de sable et de gravier de rivière. Cependant, sa granulométrie est intéressante pour sa régularité et son hétérogénéité. Cette terre pourrait être utilisée pour du béton, ou pour des BTC sous réserve de ré-équilibrer le mélange avec une terre très argileuse.

2.2. Adopter la bonne logique constructive

CHAQUE TECHNIQUE DEMANDE SON LANGAGE, SON ARCHITECTURE

La variabilité des terres permet de développer d'innombrables matériaux et techniques constructives, qui engendrent par conséquent une grande hétérogénéité de formes architecturales en terre crue.

Cette liberté conceptuelle est néanmoins cadrée par son contexte (historique, géographique, environnemental, social, etc.), mais aussi par la technique choisie entraînant une logique constructive qui guide et trame le dessin et en devient son langage tout au long du processus de création architecturale.

« Ainsi le pisé, la bauge ou la terre coulée ont une logique constructive de grands éléments avec une esthétique monolithique liée aux systèmes de coffrage tel que le béton banché alors que les briques comprimées ou moulées répondent à la logique de maçonnerie de petits éléments avec une esthétique liée au calepinage et au traitement de surface par application éventuelle d'enduits de finition. Les techniques comme le torchis ou la terre allégée sont des techniques de remplissage qui permettent de garnir une structure en bois existante. »⁴⁰

UNE LOGIQUE PROPRE À L'ARCHITECTURE DE TERRE

Le choix de la terre et de la technique ne suffit pas à garantir une bonne réalisation et à maintenir sa durabilité. La terre crue, pour perdurer, doit être protégée. Elle est tributaire du dessin global de l'architecte.

Cette logique de protection est bien connue sous l'expression « de bonnes bottes et un bon chapeau », désignant de bons soubassements et une bonne toiture. Ce langage corporel caractérise la terre en tant que matière vivante, qui a besoin de se protéger de l'humidité du sol, et de la pluie du ciel.

Ces deux éléments architecturaux sont primordiaux pour construire en terre crue. Ce principe a bien été développé tout au long de la formation DSA terre, et présenté dans le traité de construction en terre de CRATerre. Une bonne logique constructive incite donc à penser la base de l'édifice, son élévation et sa couverture en corrélation et non comme une réponse technique. En effet, ces éléments peuvent

⁴⁰ Construire en terre crue dans les opérations d'Habitats à Loyer Modérés, en location ou en accession étude du champ des possibles
R.dacteurs : Jean-Marie LE TIEC, Hugo GASNIER p17

sortir de leur simple rôle de protection, et enrichir la conception architecturale, comme l'exemple ci-contre du soubassement en BA de l'espace rural de proximité à Marsc-en-Livradois, dessiné par l'architecte Boris Bouchet, où l'assise du bâtiment s'étend pour former une assise pour les usagers. La conception peut être en plus enrichie par une observation des détails des architectures vernaculaires proches. Elles proposent une réponse formelle au climat : la hauteur du soubassement, l'exposition des pignons, l'orientation face aux vents dominants, les débords et pentes de toiture etc.. Ce sont de nombreux indices pour guider la conception.



Espace rural de proximité à Marsc-en-Livradois, 2012

Architecte : Boris Bouchet

Photographie : Benoît Alazard

LES DANGERS D'UNE CONCEPTION NON ADAPTÉE

« Le monde dans lequel nous vivons n'a désormais plus besoin d'architecture car celle-ci a quitté le monde concret de la matière, elle n'est plus un langage, elle n'est plus une culture »⁴¹ (Bernard Quirot)

Cette logique constructive liée à l'architecture de terre n'est pas toujours invoquée, et certains projets contemporains ne se posent pas la question constructive induite par le matériau.

La terre peut être mal positionnée à des endroits très exposés ou peu protégés, obligeant à stabiliser le matériau, ce qui entraîne une perte de ses qualités hygro-thermique ainsi qu'un recyclage plus compliqué. Le problème se constate aussi avec une isolation thermique étanche intérieure mal adaptée.



Un projet en terre mal conçu entraîne donc des incohérences techniques et architecturales. L'exemple de cette image de concours⁴² nous montre comment la terre peut être associée à une logique constructive systémique de dalle et voile en béton armé qui ne lui correspond pas. Sur cette photo, tout l'édifice est en terre, sans soubassement, sans protection en toiture. Sans savoir d'ailleurs, malgré une image réaliste, s'il s'agit de maçonnerie ou d'une technique banchée telle que le pisé.

Cette déconnection à la matière dont parle Bernard Quirot, se traduit par une conception architecturale basée sur une sélection de produits industriels et non un choix assumé de matériaux

et de leur technique. Le projet a déjà sa forme architecturale, et sa « texture » est déterminée par la suite selon les catalogues fournis par les industriels. La matérialité est réduite à un collage sur un dessin prédominé par la doctrine du béton.

« On ne fait plus d'architecture de terre, mais on essaie de mettre la terre dans l'architecture. » (Arnaud Misse)

⁴¹ Quirot, Bernard. Simplifions. Editions Cosa Mentale. Essais. Tusson, 2019. p22

⁴² Projet Lauréat du concours *Imagine Angers*, <http://imagine.angers.fr/candidat/jean-moulin/>

LA FRAGILITÉ À L'EAU DEVIENT UNE FORCE ARCHITECTURALE

À l'exception de régions très peu pluvieuses comme au Sahel, il est impossible de construire un édifice 100% en terre crue en France, alors que la pierre et le bois le permettent. La terre crue est toujours accompagnée d'autres matériaux, conduisant à une mise en relation, une rencontre des différents corps de métier et des savoir-faire. De plus, pour des raisons principalement économiques (dues au coût encore élevé d'un ouvrage en terre crue), son usage est concentré sur une partie du bâtiment, souvent bien visible ou symbolique.

C'est le cas du projet « Le Foyer »⁴³ à Riberac (24) dessiné par l'agence Dauphins. Deux ouvrages en pisé sont positionnés à des emplacements stratégiques : à l'entrée de l'édifice, cet espace extérieur couvert protège de la pluie les usagers, mais il protège également l'ouvrage en pisé isolé à l'extérieur par de la chaux chanvre. A l'intérieur de l'édifice, un long mur en pisé joue le rôle de colonne vertébrale pour distribuer les différentes salles mais sert aussi de support central à la charpente bois.

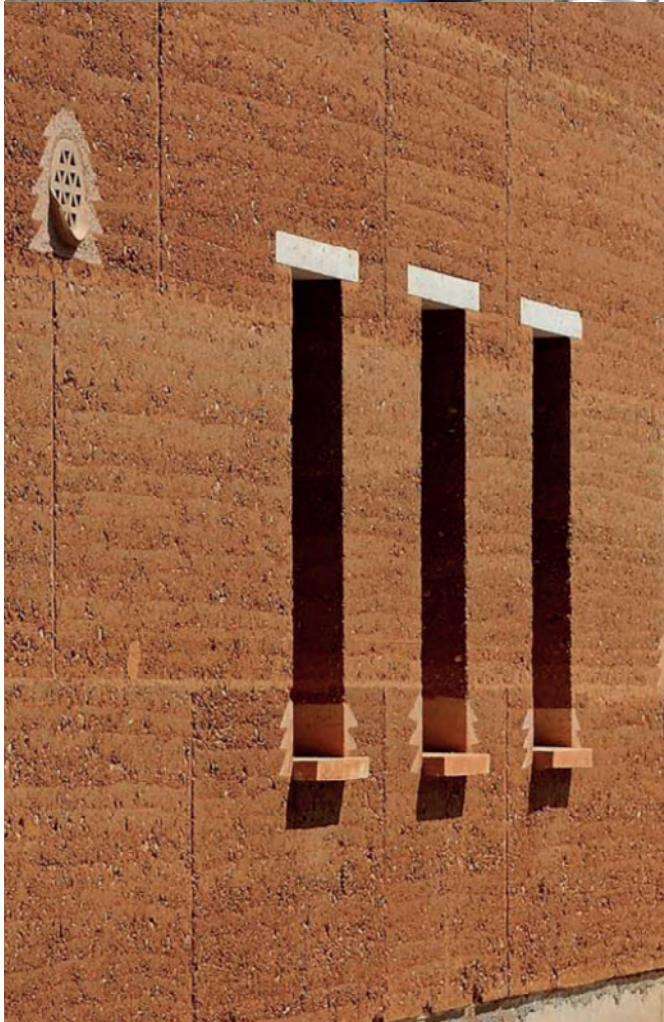
Cette vulnérabilité à l'eau enrichit en fait la conception. Elle pousse la réflexion de l'architecte sur l'endroit le plus pertinent où l'utiliser pour profiter au maximum de toutes ses qualités et assurer sa durabilité.

Un ouvrage comme un mur en pisé ou en bauge massif permet de gérer d'une part la structure, le gros oeuvre, et d'autre part l'aspect fini esthétique, le second oeuvre. Construire en terre permet de valoriser et montrer le savoir-faire du maçon, dont le travail est la plupart du temps caché. C'est aussi le cas d'ouvrages en pierres massives qui traitent en même temps les questions structurelles et esthétiques.

Lors du dernier festival Grain d'Isère (2019), François Streif nous montrait d'ailleurs comment intégrer la question contemporaine des exigences thermiques, avec un mur massif en bauge constitué d'une partie plus dense, et d'une partie plus fibrée, plus isolante. De ce fait, le mur en bauge répond aux besoins



43 Photo du projet «Le Foyer» à Riberac, Crédit photo : Dauphin architecte



structuraux, thermiques, esthétiques en plus de ses qualités de matériau géosourcé.

Même si la terre a une bonne capacité d'absorption à l'eau (plus ou moins accentuée en fonction de la qualité des argiles), ce contact doit être réparti de manière homogène. La terre crue se détériore le plus souvent par l'écoulement ou la stagnation de l'eau concentrés à un endroit. L'analyse du chemin de l'eau est donc un aspect primordial à prendre en compte pour bien concevoir en terre crue.

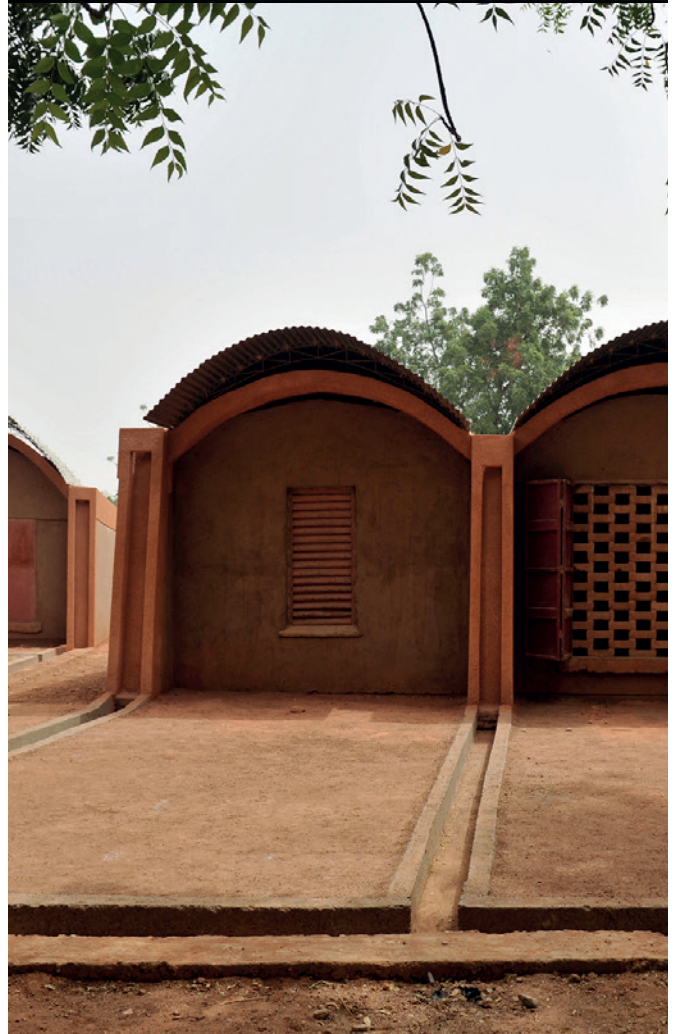
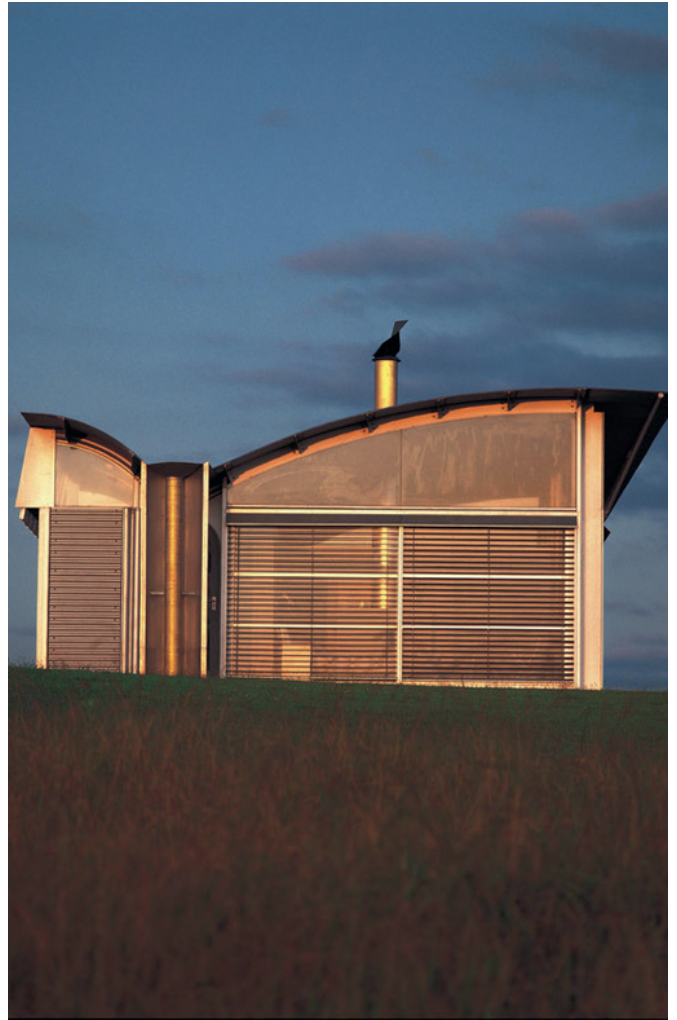
Ces précautions amènent à des solutions riches d'expressions architecturales, un exemple marquant en Rhone Alpes est celui des harpages réalisés à la chaux pour protéger les angles des murs en pisé de l'érosion. Cet élément répond à un besoin technique tout en prenant une forme d'ornement, qui est repris d'ailleurs dans l'architecture contemporaine.

Certains architectes répondent au sujet de l'eau par une réflexion formelle et fonctionnelle sur l'architecture. Car travailler avec l'eau pour s'en protéger, c'est aussi travailler avec une ressource et pousser la réflexion sur la gestion et la récupération des eaux pluviales, mais aussi sur la problématique paysagère de la perméabilité des sols.

Une solution technique ornementale

En haut : Photo d'une bâtisse en pisé en Rhone Alpes, Crédit photo : CRAterre

En bas : Le harpage traditionnel est repris dans l'architecture contemporaine : Ecole maternelle Les Roches de Condrieu, 2016 Architectes : Brenas Doucerain



Quand l'eau donne forme à l'architecture

En haut : Magney House, Australia : 1999,

Architecte : Glenn Murcutt

En bas : Gando Teacher's Housing, Burkina Fasso, 2004

Architecte : Francis Kéré, Photo : Erik Jan Ouwerkerk

2.3. Quels outils et moyens pour mieux intégrer la terre crue à la conception architecturale

Après avoir vu comment bien choisir une terre et sa technique ainsi que les bonnes logiques constructives pour concevoir un projet en terre crue, il convient de questionner les moyens nécessaires pour mener à bien cette conception, et les outils dont a besoin l'architecte pour concevoir un projet en terre crue.

LA MAIN : LE PREMIER OUTIL



Toucher au creux de la main

Essais de terrain pour la construction en terre crue

Vidéo Amâco : <https://www.youtube.com/watch?v=pPBqe-2bsZew>

Le premier geste instinctif qui vient lorsqu'on se retrouve face à une terre est de la toucher, la prendre dans sa main, la compresser, la faire passer entre ses doigts, la sentir. Il n'est pas possible de manipuler ainsi le béton, le métal, le bois, la pierre à leur état naturel avant leur transformation en matériau. C'est sans doute une raison pour laquelle il s'agit d'un des plus vieux matériaux de construction : c'est avec ses mains que l'homme a appréhendé en premier la terre pour la modeler et l'utiliser pour son artisanat et son habitat.

Durant le DSA, les exercices sensoriels d'Alba Rivero ainsi que les différents exercices pratiques aux Grands Ateliers nous ont permis de comprendre cette matière en grain, en la touchant, la comparant, la transformant. La terre incitera toujours un lien direct entre la main et la matière. Elle rapproche le métier d'architecte au terrain, au concret, et replace l'usage de la main, comme continuité directe de la pensée, dans le processus de conception architecturale.

De fait, aux prémices d'un projet, les premiers tests pour comprendre la matière terre sont des tests de terrain tactiles. Des mains, de la terre et de l'eau la mettent à l'épreuve pour la transformer en matériau de construction.

L'EXPÉRIMENTATION

Dans sa thèse, Hugo Gasnier met en avant ce cycle nécessaire qu'induit une conception intégrant la terre crue : celui d'un aller-retour constant entre dessin et expérimentation :

« L'expérimentation est un processus itératif entre l'idée et la vérification constructive (...) (elle) peut prendre plusieurs formes, dessin technique, maquettes, échantillons, mais l'outil préféré des artisans spécialisés pour cela est la réalisation d'un élément prototype. Mais souvent, le processus nécessite l'utilisation de l'ensemble de cette palette d'outils. »⁴⁴(Hugo Gasnier)

Cette expérimentation permet, en particulier pour des projets intégrant la terre crue, de mettre en évidence les points techniques et les éléments complexes à résoudre, pour garder une bonne cohérence tout au long du processus entre les intentions formelles et les enjeux environnementaux dont l'architecte est garant.

Certains architectes ou ingénieurs travaillant avec ce matériau portent une attention particulière à l'expérimentation. C'est le cas avec les architectes experts terre ou même les bureaux d'étude comme Ecozymut qui recherchent et développent des matériaux avec les architectes qu'ils accompagnent.

Certains architectes expérimentent aussi avec les entreprises, comme lors du concours de logements à Biganos, entre l'agence Dumont Legrand et l'entreprise Pyrénées Charpentes qui dès cette



Prototype Cycle Terre

Essais de mise en oeuvre des matériaux Cycle Terre aux Grands Ateliers, Photo : Inès Touzard

phase du projet, expérimentaient des mises en oeuvre de terre allégée. Mais cette collaboration a été possible dans le cadre d'un contrat conception-réalisation où l'entreprise est mandataire du projet.

De plus, comme le souligne Hugo Gasnier, la construction d'un mur essai (ou prototype) est primordial pour communiquer entre les différents acteurs (maitrise d'ouvrage, architectes, bureaux d'études, entreprises,) et vérifier la mise en oeuvre des détails avant le début du chantier. C'est d'ailleurs cet outil qui est le plus cité par les architectes sollicités dans le cadre de l'enquête pour ce mémoire.

⁴⁴ Gasnier, Hugo. « Construire en terres d'excavation, un enjeu pour la ville durable ». ENSAG, 2019. p222

Comment représenter la terre ? L'architecte utilise le dessin (à la main ou informatique) pour esquisser une intention, la développer en plan, en coupe, en élévation, la représenter en perspective pour communiquer, et l'approfondir par des dessins techniques. Mais comment représenter une matière granuleuse, anguleuse, hétérogène par une ligne fine noire ?

Donner du relief dans le dessin à cette matière, permet de prendre conscience des joints entre la terre et d'autres matériaux, et de concevoir ces vides, car les détails importants en architecture de terre ne peuvent se résoudre à la mousse expansée et au joint acrylique.

Dans le système de concours public, il est maintenant systématiquement demandé aux architectes de représenter l'esquisse du projet avec une vue en perspective qui par la concurrence et les progrès en informatique se veut toujours plus réaliste. De plus, ces images sont souvent réalisées en externe à l'agence par manque de temps et du fait de la complexité de leur maîtrise.

L'exemple du concours à Angers présenté précédemment nous montre que dans le temps très court du concours, certains projets règlent la question de la matérialité par un « collage » de la matière sur un système constructif non adapté. Ces images séduisantes peuvent figer un projet, bloquer une conception et un dessin souple basé sur l'expérimentation, processus nécessaire et inhérent à la terre crue. La maquette est peu utilisée alors qu'elle est un bon moyen de communication, compréhensible par les non architectes, et peut laisser une certaine liberté conceptuelle et un approfondissement des questions de mise en oeuvre par la suite.

Un changement radical de la conception architecturale s'opère en France actuellement : celui de la conception collaborative en BIM (Building Information Modelling) où chaque acteur, en réseau, peut intervenir sur le projet architectural, qui prend désormais le nom de modèle. La maîtrise d'ouvrage, les grandes entreprises générales, poussent le processus de conception architecturale vers une exigence aigüe des détails pour un « meilleur » contrôle économique du respect des normes et des détails techniques.

L'architecte Jérôme Guéneau développe cette question de la transformation du métier d'architecte avec l'arrivée du BIM :

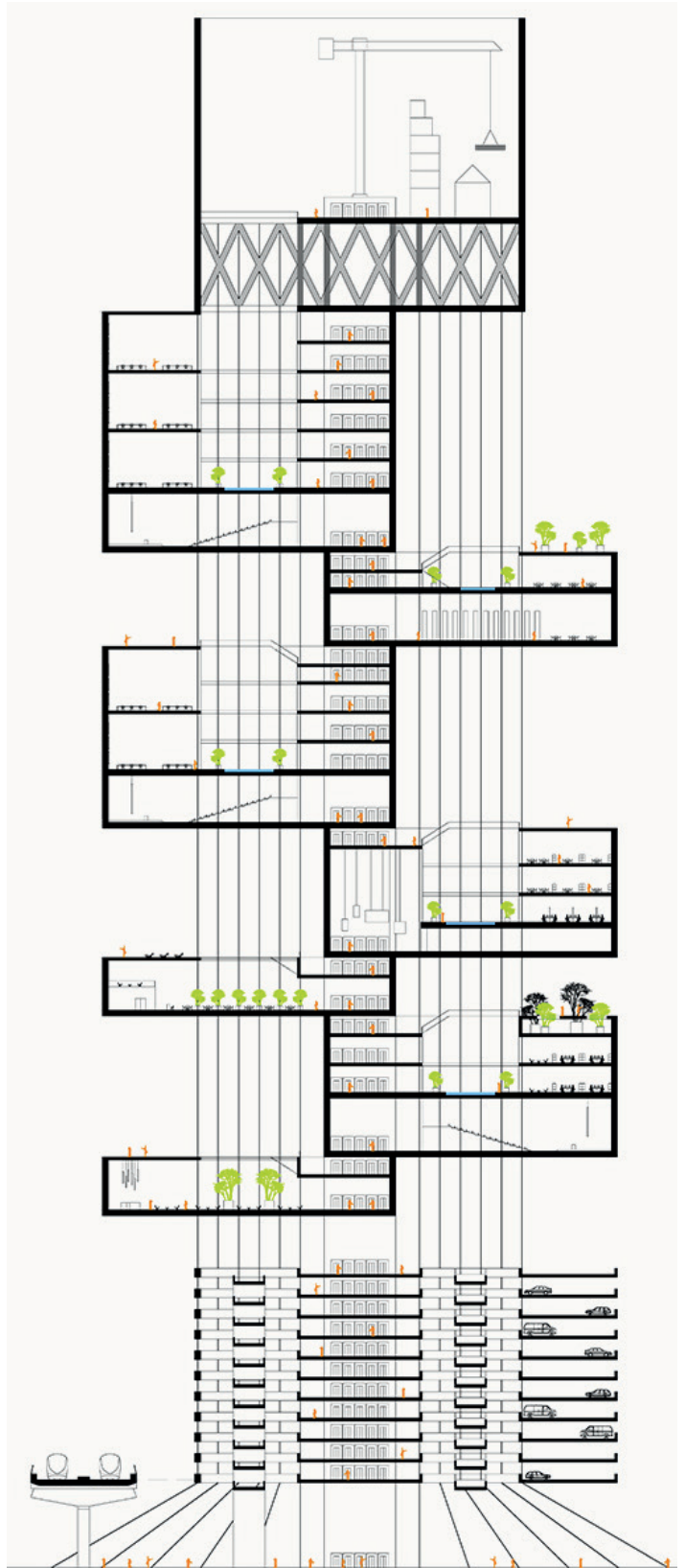
« Ce changement dans l'organisation du travail par la déqualification des savoirs et savoir-faire dans l'exécution des ouvrages au bénéfice des intermédiaires dans les phases projet, est permis par la toujours plus grande opérativité des outils de modélisation. Ces nouveaux outils tendent à soustraire toute part d'incertain dans la réalisation des ouvrages

au profit de l'exécution de modèles intégrés. »⁴⁵ (Jérôme Guéneau)

Même si cet outil est efficace pour des projets importants à grande échelle, il est difficile d'imaginer une conception en terre crue considérant les enjeux d'économies circulaires, de ressources locales et ses savoir-faire, avec l'outil BIM lorsque celui-ci pousse l'architecture vers un assemblage de produits industriels normés, modélisables et calculables dont la terre ne peut faire partie.

⁴⁵ Guéneau, Jérôme. « Le métier d'architecte et le BIM. Nouvelles répartitions des tâches et des responsabilités dans les métiers de la création ». Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques, 14 janvier 2019. p17

The Shift, tour en terre crue à Dubaï
Coupe et perspective de concours,
Atelier Dupont, 2014

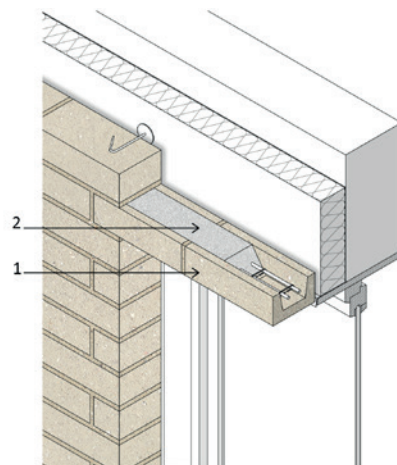
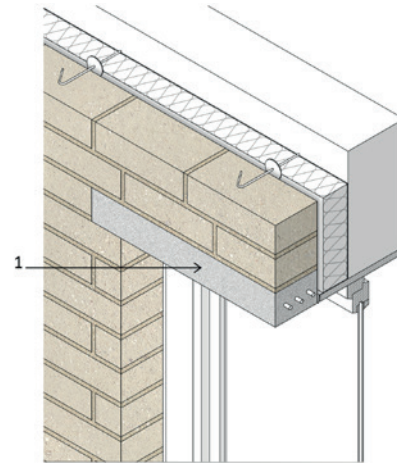
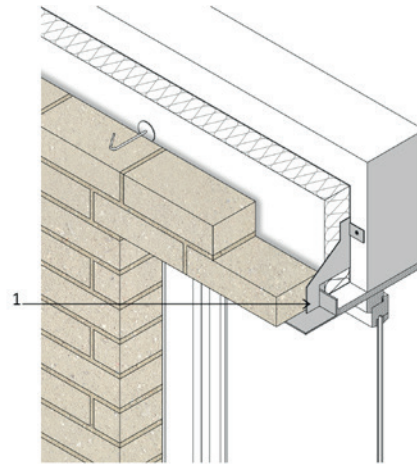




DÉTAILS TECHNIQUES

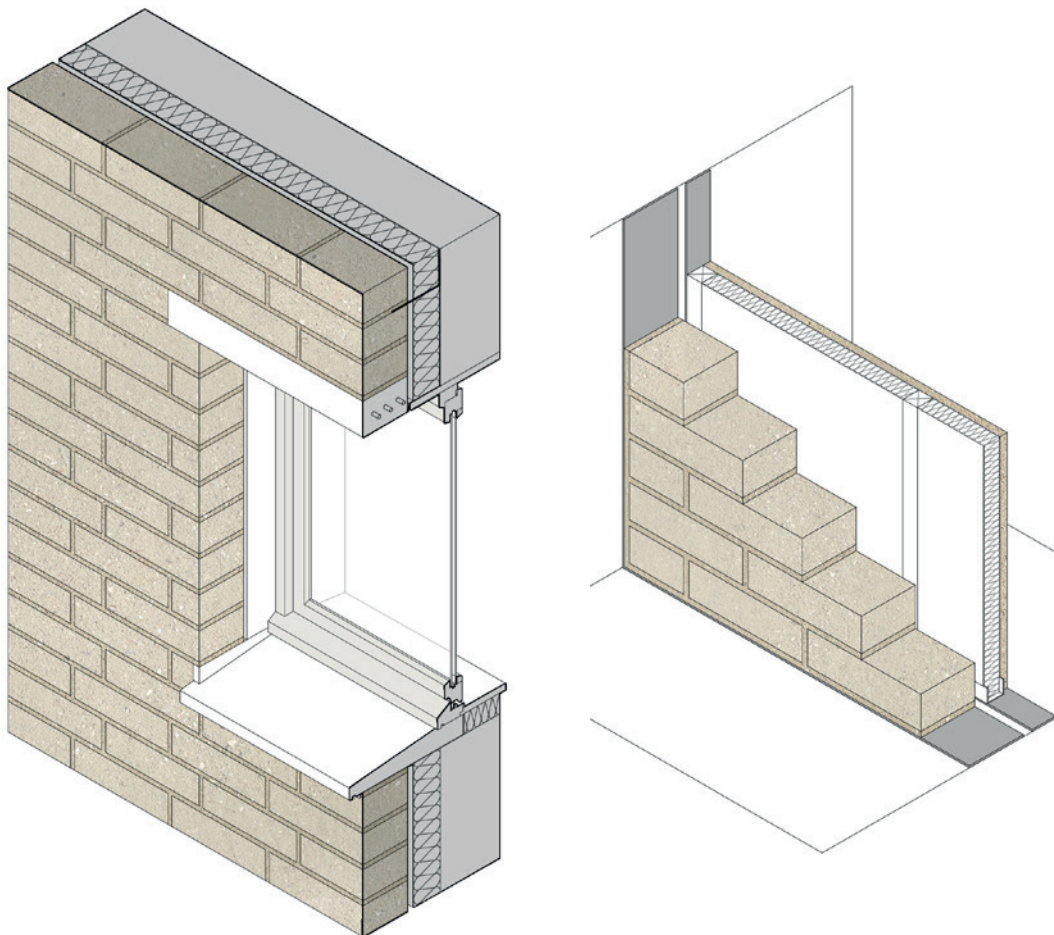
Durant mon stage, j'ai travaillé sur de nombreux détails techniques que ce soit pour le projet du Lycée des Métiers à Mayotte pour les phases APS/APD, ou pour les ATEX de Cycle Terre. Mon premier étonnement, était le manque de dessin technique intégrant la terre crue et répondant aux exigences normatives contemporaines. C'était par exemple le cas pour Cycle Terre, avec des cloisons en BTC non porteuses qui doivent être désolidarisées sur ses côtés (pour des raisons structurelles et acoustiques), et dont très peu d'exemples sont disponibles.

Le corpus littéraire et graphique offre de nombreuses documentations et explications sur les caractéristiques de la matière, leur transformation en matériaux et les techniques possibles, mais peu de documentation sur des détails techniques en cadre conventionnel et en accord avec les réglementations actuelles du marché public. L'éditeur Terre Vivantes propose des ouvrages avec des détails bien illustrés en volume, sur des questions d'isolations, de rénovation avec des matériaux biosourcés et géosourcés dont quelques-uns intègrent la terre crue.



Face à une architecture de plus en plus normée et complexe, la réconciliation de l'architecte avec l'acte de construire ne peut se faire sans références justes en détails techniques, démonstrateurs de bonnes mises en oeuvre. Un détail en 3D précis du solin entre une toiture et un mur en pisé, est bien plus directement parlant qu'une explication en texte de celui-ci.

La filière bois a aussi été dans la même situation. A son renouveau, très peu de documentations et détails étaient disponibles. Aujourd'hui, une simple recherche sur internet mène à de nombreux sites de données techniques gratuites sur le bois tel que <https://catalogue-bois-construction.fr/>, regroupant par élément de construction de nombreux détails techniques, ou encore le site <https://www.panoramabois.fr/>, regroupant plus de 3000 projets français en bois et leur fiches techniques (détails constructifs, provenance de la matières, etc)



*Dessin technique en axométrie, accompagnant les
Atex Cycle Terre*

Dessins : Inès Touzard

3. LE CADRE DU MARCHÉ PUBLIC FRANÇAIS, UNE VRAIE CONTRAINTE POUR L'ARCHITECTURE DE TERRE CRUE?

3.1. L'adaptation du cadre du marché public et ses procédures

LANCEMENT D'UN PROGRAMME ET D'UN CONCOURS

« Quel que soit le montant du marché, et donc dès le 1er euro, les marchés publics doivent respecter les principes de liberté d'accès à la commande publique, d'égalité de traitement des candidats et de transparence des procédures. Ces principes permettent d'assurer l'efficacité de la commande publique et la bonne utilisation des deniers publics. »⁴⁶(ordre des architectes)

Tout projet lancé par une maîtrise d'ouvrage publique, doit respecter le code des marchés publics. Cette procédure règlementée, commence par la définition d'un programme et d'une enveloppe financière par la maîtrise d'ouvrage. Cette étape est très importante, car la maîtrise ouvrage peut orienter vers l'utilisation de matériaux biosourcés et géosourcés, voire même demander directement l'emploi de la terre crue. Mais cette volonté doit se traduire par une adaptation du budget prévisionnel.

Lors de mon stage, j'ai pu travailler sur un concours de réhabilitation et d'extension d'une école à Saint-Jean-de-Moirans (38). La maîtrise d'ouvrage spécifiait dans son programme la volonté d'utiliser des matériaux respectueux de l'environnement :

« Dans le respect de la performance énergétique souhaitée et du budget alloué à l'opération, les espaces construits seront étudiés de préférence en structure bois/pisé ou bois/paille si la performance ne peut être atteinte en pisé. Dans ce cas échéant, une recherche d'inertie thermique avec des murs intérieurs en pisé sera proposée. L'utilisation du bois en structure, habillage interne, etc.. sera privilégié. (...) L'approvisionnement en circuits courts des matériaux sera privilégié. La provenance des matériaux sera précisée à chaque phase de conception du projet. Les bois utilisés seront labellisés Bois de Chartreuse ou équivalent. »⁴⁷

Lorsque nous avons esquissé le projet, nous avons intégré un mur en pisé dans la partie extension de la maternelle, technique locale très présente dans la commune. Mais l'économiste nous a amené

⁴⁶ <https://www.architectes.org/les-march%C3%A9s-publics>

⁴⁷ Programme du concours de Réhabilitation et extension de l'école de Saint-Jean-de-Moirans

à supprimer cet ouvrage trop coûteux. Le budget prévisionnel n'intégrait pas une place particulière pour cette volonté. Nous le dépassons déjà fortement en restant avec des matériaux écologiques plus « conventionnels ». De plus, la phase de concours ne permet pas une négociation directe avec la maîtrise d'ouvrage, pour discuter et argumenter ses choix. La note descriptive demandée à l'architecte est le seul moyen d'exprimer ses réflexions et partis pris.

AIDES FINANCIÈRES

L'exemple du projet « Le Foyer » expliqué lors de l'entretien avec Gauthier Claramunt de l'agence Dauphin, montre comment certaines aides accordées aux communes permettent de lever ce frein financier. Dans ce cas, il s'agit de l'aide apportée par le programme TEPCV (Territoire à Energie Positive pour une Croissance Verte) dont la commune de Ribérac en fait partie.

« La maîtrise d'ouvrage était suffisamment enthousiaste pour ne pas nous virer parce que nous avons proposé de la terre. Mais c'est encore un motif de risque. Il s'agit là d'une communauté de commune rurale, qui a été remaniée, et dont c'est sûrement l'unique occasion de faire un projet comme celui-ci, qui représente un engagement important ainsi qu'une grande valeur symbolique. Le fait qu'ils aient choisi ce projet, montre bien qu'ils avaient un engagement fort. C'est d'ailleurs ce qui nous a permis de tenir le projet tout le long, sans le modifier de l'étude à la réception. La maîtrise d'ouvrage était soumise au TEPCV qui leur assurait aussi une subvention et qui les engageait à un certain niveau de performance et les sortait de ce qu'ils avaient l'habitude de voir. »⁴⁸

LA MAÎTRISE D'OEUVRE EN INTERNE

Le pouvoir public peut aussi avoir sa propre maîtrise d'oeuvre en interne, sans recourir à une maîtrise d'oeuvre privée et toutes les procédures de sélection qui vont avec. L'ensemble des compétences doit alors être pris en interne : architecte, bureaux d'études, économiste, etc.. L'équipe de maîtrise d'oeuvre publique ne peut être composée d'un architecte fonctionnaire et un bureau d'étude libéral, sauf dans le cas de compétences très techniques (un expert Terre peut sûrement en être le cas). Dans le cycle de conférence *Métamorphoser l'acte de construire*⁴⁹, Emmanuel Pezres - Architecte et Directeur recherche & innovation territoriale de la ville de Rosny-sous-Bois - expose son travail de

⁴⁸ Voir entretien avec Gauthier Claramunt de l'agence Dauphin, annexe 2 p 82

⁴⁹ Cycle de conférence dans le cadre du Manifeste pour une Frugalité heureuse et créative, Bomarel Alain, Gauzin-Müller Dominique, Madec Philippe, 2018

recherche sur un territoire et ses ressources locales et filières de matériaux pour les appliquer au sein de projets publics. Ses recherches directement appliquées permettent de démontrer qu'il est possible de construire autrement, dans l'intérêt public. Par ce biais, cet architecte entend faire valoir les responsabilités de son métier face aux enjeux environnementaux et sociaux :

« En tant que service public, une maîtrise d'œuvre interne doit avant tout préserver et améliorer le bien commun qu'est notre écosystème physique et social, aujourd'hui largement dégradé. Néanmoins, force est de constater que l'acte de construire fait aujourd'hui partie des principaux prédateurs de cet écosystème. »⁵⁰ (Emmanuel Pezres)

LES LIMITES DE LA LOI MOP

La loi MOP (Maîtrise d'Ouvrage Publique) est nécessaire pour cadrer le processus d'appel à une maîtrise d'œuvre privée et permet un juste équilibre concernant l'implication et la responsabilité des différents acteurs de la construction pour défendre les intérêts publics.

Cependant, cette organisation séquentielle des acteurs a ses limites concernant le partage des connaissances et des savoir-faire entre les artisans et la maîtrise d'œuvre. Martin Pointet explique dans son entretien qu'une technique peut être approfondie pendant les études, en développant par exemple la fabrication in situ de briques de terre crue avec la terre du site, et que la ou les entreprise(s) répondant à l'appel d'offre peu(ven)t proposer à la place un matériaux acheté, fabriqué dans une usine lointaine. La communication avec les entreprises, avec les détenteurs des savoir-faire, ne se fait qu'en phase d'exécution, une fois l'appel d'offre lancé. Cette règle permet en effet de respecter le code du marché public, mais néglige une conception transversale, pourtant bien utile pour comprendre et intégrer les cultures constructives locales.

Cependant, certaines solutions permettent de palier à ce manque de communication entre l'artisan et l'architecte. L'article R2431-32⁵¹ permet une consultation anticipée des entreprises en phase étude, pour que celles-ci puissent aider techniquement la maîtrise d'œuvre à la conception.

D'autre part, de plus en plus de projets publics prennent la forme de marchés Conception-Réalisation (ou

⁵⁰ Issu du texte de présentation de la conférence

⁵¹ Article R2431-32 - Décret n°2018-1075 du 3 décembre 2018 du code de la commande publique

Lorsque les méthodes ou techniques de réalisation ou les produits industriels à mettre en œuvre impliquent l'intervention, dès l'établissement des avant-projets, de l'opérateur économique chargé des travaux ou du fournisseur de produits industriels, le maître d'ouvrage peut décider de les consulter de façon anticipée pour un ou plusieurs marchés publics de technicité particulière.

Cette consultation intervient soit à l'issue des études d'avant-projet sommaire ou d'avant-projet définitif pour les ouvrages neufs de bâtiment et pour les opérations de réhabilitation de bâtiment et d'infrastructure, soit à l'issue des études préliminaires pour les ouvrages neufs d'infrastructure.

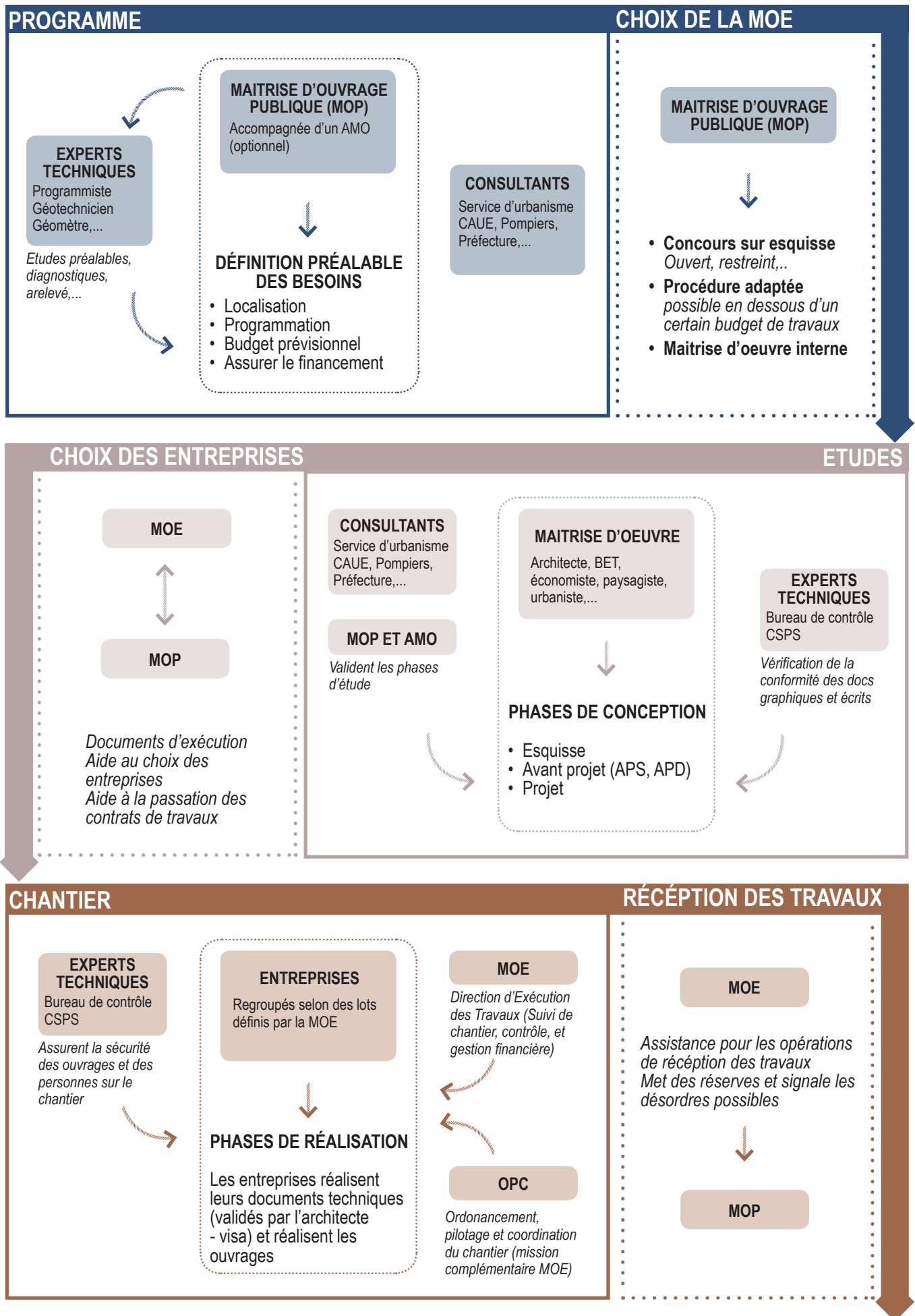
L'opérateur économique chargé des travaux ou le fournisseur de produits industriels retenu après consultation établit et remet au maître d'œuvre les documents graphiques et écrits définissant les solutions techniques qu'il propose.

marchés globaux). Cette nouvelle forme de contrat met fin à l'organisation triptyque maître d'ouvrage, maîtrise d'oeuvre et entreprises. Un opérateur économique est choisi par la maîtrise d'ouvrage, qui gère la conception ainsi que la construction. Le projet en cours à Biganos de l'agence Dumont Legrand en est un exemple qui a permis aux architectes et à l'entreprise Charpentes Pyrénées, mandataire du projet, d'expérimenter des matériaux de terre allégée dès la phase concours.

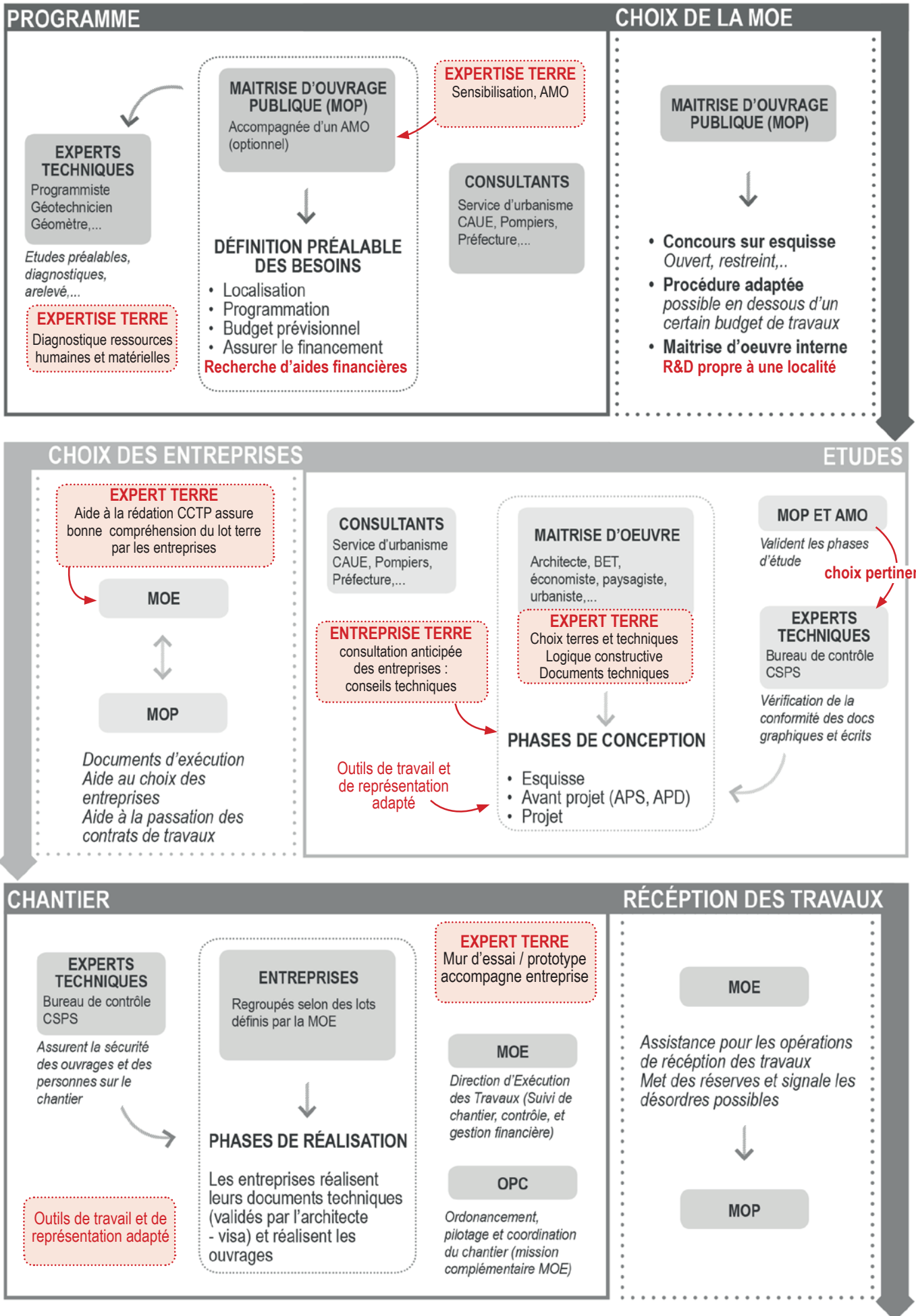
Ce cadre idéal où l'entreprise est aussi motivée pour développer des techniques en matériaux biosourcés ou géosourcés n'est toutefois pas commun. Ce type de marché est le plus souvent réservé aux entreprises générales nationales, au détriment des petites PME, majoritaires dans le domaine de la terre crue, et ne pouvant répondre à de telles commandes. De plus, la maîtrise d'ouvrage n'a plus le contrôle sur la conception, elle doit tout définir dans son programme et ne peut plus le faire évoluer en phase étude. L'architecte ne défend plus ses intérêts de qualité architecturale (dont celle du respect de l'environnement) directement avec la maîtrise d'ouvrage garante de l'intérêt public, mais avec l'entrepreneur dont le souci premier est le plus souvent l'économie⁵².

⁵² « En regroupant les entreprises et le concepteur dans un contrat unique, le maître d'ouvrage en phase conception comme en phase réalisation n'a plus un interlocuteur technique, maître d'oeuvre indépendant des intérêts des entrepreneurs. Outre la question de la faiblesse des moyens qui peuvent lui être octroyés, le concepteur n'est plus dans la même position pour défendre les intérêts de la maîtrise d'ouvrage en matière de qualité architecturale, de qualité générale des prestations en particulier dans la mise en oeuvre, face aux intérêts de l'entreprise désormais son partenaire puisque le concepteur et l'entrepreneur sont cotraitants du même marché. » Mission interministérielle pour la qualité des constructions publiques, Christian Romon, Gérard Lamour, et Jacques Chalançon. Conception-réalisation: recommandations pour un bon usage du processus, 2010.

Processus du projet et ses acteurs / loi MOP



Adaptation du processus pour une conception intégrant la terre crue



3.2. Les réglementations de la construction française et la terre crue

NORMES, RÉGLEMENTATION

Tout projet qu'il soit privé ou public est soumis au code de la construction et de l'habitat (CCH). Des réglementations spécifiques s'appliquent cependant selon les usages des bâtiments, le CCH les regroupe en 3 catégories : Logement, ERP (Etablissement Recevant du Public) et IGH (Immeuble de Grande Hauteur).

Les exigences évoluent en fonction de ces catégories, et sont de l'ordre structurelle, sécuritaire, d'accessibilité, incendie, thermique et acoustique.

Ces exigences sont définies en premier par consensus de la communauté scientifique du BTP sous forme de DTU (Document Technique Unifié) puis de normes. Certaines de ces normes sont ensuite homologuées par l'Afnor et rendues obligatoires sous la forme NF DTU, auxquelles se réfèrent les réglementations.

« Les normes permettent ainsi, la diffusion de la technologie, depuis la collectivité technique et économique compétente, vers l'ensemble des entreprises, formant la base des solutions techniques reproductibles et ainsi la création progressive d'une « culture technique » commune qui vise à supprimer divers obstacles techniques. »⁵³ (Hugo Houben et Vincent Rigassi)

UN FREIN POUR CONSTRUIRE EN TERRE CRUE ?

Ces normes et réglementations sont vues comme une des principales résistances à la construction en terre crue dans le cadre du marché public, car elles rassurent les bureaux de contrôle et les assurances. Elvire Leylavergne en a fait le constat dans son mémoire :

« Bien que les techniques traditionnelles de terre crue permettent de construire des murs porteurs en adobe, en bauge et en pisé..., en l'absence de modes d'exécutions décrits, écrits et reconnus, elles ne sont pas validées par le système assurantiel conventionnel. De fait, il est difficile pour l'ensemble des acteurs (concepteurs, bureaux d'études, économistes, artisans, maîtres d'ouvrage, assureurs,...) d'engager leur responsabilité, ne connaissant ni ce matériau, ni sa mise en oeuvre, et n'ayant aucun outil réglementaire et/ou données de références auxquels se référer. »⁵⁴(Elvire Leylavergne)

⁵³ Houben, Hugo, et Vincent Rigassi. « Normalisation de la construction en terre : Vue générale ». CRATerre-EAG, s. d.

⁵⁴ Leylavergne, Elvire. « La filière terre crue en France, enjeux, freins et perspectives ». ENSAG, 2012. p98

Elvire Leylavergne ajoute que par manque de référence et de base de calcul, les ouvrages en terre sont souvent surdimensionnés ou doublés d'une autre structure, entraînant un surcout.

Cependant, concevoir une norme par consensus nécessite des moyens et une filière bien organisée et en accord. Ce fut facile pour des filières industrielles de matériaux nouveaux, mais plus difficile pour les matériaux biosourcés et géosourcés comme la terre crue, qui partent avec une multitude de techniques et de savoir-faire existants, et dont les filières s'organisent par territoire dans une logique d'économie circulaire où la valeur marchande va plus dans la main d'oeuvre que dans la matière.

Malgré cela, il est possible de normer des matériaux en terre crue sans figer le processus de fabrication du produit (qui peut être aléatoire si artisanal) mais plutôt en visant une performance à atteindre. Ce qui permet dans le cas de la terre crue, de définir par exemple le résultat à la compression voulu, peu importe la terre utilisée.

« Il convient de distinguer la norme de moyens de la norme de résultats. La première qui est la plus classique, décrit concrètement les moyens à utiliser pour atteindre un objectif, elle est un peu un guide de fabrication, mais peu figer la technique. La seconde fixe le résultat à atteindre (caractéristiques, performances, etc.) mais laisse au prestataire l'entière liberté de choix des moyens. Au contraire de la précédente, elle ne risque pas de bloquer le progrès et favorise l'innovation »⁵⁵(Hugo Houben et Vincent Rigassi)

Cette approche a permis dans le cadre du projet du Lycée des Métier à Longoni (Mayotte), de lancer une filière de BTC. Les performances et caractéristiques des briques seront contrôlées, mais cette performance peut être atteinte par des petites briqueteries locales qui n'auraient pas les moyens de s'accompagner d'une ligne de production industrialisée et normée.

ETAT DES LIEUX : RÉFÉRENCES EN TERRE CRUE

La terre crue dispose aujourd'hui de références normatives : La norme XP P13-901 pour la fabrication et mise en oeuvre de BTC comprimé (qui s'élargit aujourd'hui vers les BTCrue), ainsi que de Règles Professionnelles⁵⁶ sur La mise en œuvre des enduits sur supports composés de terre crue. Pour la plupart des autres techniques, des certifications existent, mais elles sont accordées à un projet en particulier, telles que des Avis techniques et Avis Technique Expérimentaux⁵⁷ (Atex). De nombreux

⁵⁵ Houben, Hugo, et Vincent Rigassi. « Normalisation de la construction en terre : Vue générale ». CRATerre-EAG, s. d.

⁵⁶ Lors de l'absence d'un DTU, des professionnels accompagnés d'experts peuvent définir ensemble des règles professionnelles, reconnues par le cadre assurantiel. Ces règles peuvent ensuite aboutir à un DTU.

⁵⁷ Il existent 3 catégories d'ATEX :

Atex ont été réalisés autour de la terre crue, mais sont peu communiqués car ils restent propres à une situation ou un projet, et ne sont valables qu'un certain temps (maximum 3 ans). Cette procédure peut être exigée par le bureau de contrôle, mais elle est couteuse et demande du temps pour son élaboration.

Toutefois, d'autres références existent en terre crue. Pour la première fois, les professionnels français de la terre crue se sont entendus pour rédiger des guides de bonnes pratiques par technique constructive (pisé, torchis, enduit, brique de terre crue, bauge et terre allégée). Même s'ils ne sont pas reconnus en tant que textes normatifs, ils concrétisent un projet commun, un accord entre les professionnels pour cadrer et aider l'utilisation de ces techniques.

De plus, il faut aussi mentionner le patrimoine bâti en terre crue, âgé pour certains bâtiments de plusieurs centaines d'années, bien plus vieux que le béton. C'est une référence majeure démontrant la durabilité du matériau et rappelant l'importance d'une bonne conception architecturale le protégeant. L'architecture est au final aussi importante à regarder que le matériaux en lui-même, mais elle ne peut être normée.

CONTOURNER LES RÈGLEMENTATIONS

Face à ce frein réglementaire, une alternative a été mise en place récemment (2018) : le permis d'innover⁵⁸. Lancé par la maîtrise d'ouvrage et avec le suivi d'un organisme certificateur indépendant, il permet de faire valoir un résultat obtenu, qui est équivalent à la réglementation en vigueur, sans justifier les moyens mis en oeuvre pour les atteindre.

« Le maître d'ouvrage (...) peut (...) être autorisé à déroger aux règles de construction (...) lorsqu'il apporte la preuve qu'il parvient, par les moyens qu'il entend mettre en œuvre, à des résultats équivalents à ceux découlant de l'application des règles auxquelles il est dérogé et que ces moyens présentent un caractère innovant, d'un point de vue technique ou architectural. »⁵⁹

Mais comment seront justifiés ces résultats auprès de l'organisme certificateur ? Les essais en laboratoire coûtent cher, et s'il faut aussi monter un dossier pour expliquer l'expérimentation sur les matériaux, cette

L'Atex de type A pour un produit ou un procédé, utilisé sur plusieurs chantiers dans une durée limitée

L'Atex de type B pour une technique propre à un projet en particulier

L'Atex de type C peut étendre l'atex de type B à une autre technique ou projet

⁵⁸ « Depuis le 13 mars 2019, les maîtres d'ouvrage peuvent déroger à une liste de normes de construction sous réserve d'apporter la preuve que la solution qu'ils proposent parvient à des résultats équivalents et présente un caractère innovant. Tout ce qu'il faut savoir sur la mise en oeuvre de ce permis » voir plus sur le site de l'ordre des architectes : <https://www.architectes.org/actualites/favoriser-l-innovation-le-permis-d-experimenter-est-ne#:~:text=Pour%20pouvoir%20d%C3%A9roger%20%C3%A0%20certaines,d%C3%A9rog%C3%A9%20et%20que%20ces%20moyens>

⁵⁹ Article 1 de Ordonnance n° 2018-937 du 30 octobre 2018 visant à faciliter la réalisation de projets de construction et à favoriser l'innovation

démarche se rapproche fortement de celle d'un Atex. Il n'y a encore pas de retour d'expérience sur le permis d'innover, cette étude serait intéressante à pousser avec l'application de matériaux en terre crue.

En attendant, de nombreux édifices publics sortent de terre, en pisé, en bauge, en terre allégée, sans qu'il n'y ait de réglementation ou de norme les concernant. Certes, cela demande un processus laborieux et beaucoup d'efforts pour les architectes afin de concevoir en détail les projets et convaincre les bureaux de contrôle, mais cette lacune mène vers des projets toujours plus riches, innovants et uniques. Adapter la terre crue au système normatif entrainerait moins de réflexion autour du fait construit, et délaisserait ce lien fort entre la matière et l'architecte que permet la terre crue.

Il faut trouver un système référentiel qui s'adapte aux matériaux, basé sur un résultat à atteindre et des principes de protection architecturale permettant plus de confiance et d'évolution dans les différentes techniques en terre crue. Hugo Houben et Vincent Rigassi résumant d'ailleurs les principes fondamentaux que doivent suivre les éléments normatifs, pour « être effectifs et opérationnels »⁶⁰ :

- « être précis », les exigences et calculs doivent être « spécifiques à ce matériau et ne pas être une transposition de normes prévues pour d'autres matériaux »
- « être établis par consensus, par l'ensemble des opérateurs concernés, publics, privés, techniques, utilisateurs, organismes financiers, etc. ; »
- « être réaliste » : en prenant en compte une application en fonction des spécificités régionales : l'environnement, climats, cultures, économie...
- « être compréhensible » : pour être correctement appliqués (en conception et réalisation). Notamment comme nous l'avons vu en partie deux, en prenant en compte une représentation graphique (détails techniques) et accompagnée de préconisations architecturales.

« Le risque, c'est une approche techniciste de la loi. Moi, au contraire, je veux plus de matière grise, pour rendre possible une réflexion globale. J'ai envie d'une loi vivante, qui serait confrontée à la vie et mise en application comme une jurisprudence pour des cas à venir. Une loi qui ferait école, qui changerait les mentalités. »⁶¹ (Patrick Bouchain)

Les textes normatifs deviennent de plus en plus techniques et nombreux en se superposant les uns aux autres et ce domaine en vient à être maîtrisé davantage par les bureaux d'études. « La surnormalisation

⁶⁰ Houben, Hugo, et Vincent Rigassi. « Normalisation de la construction en terre : Vue générale ». CRATerre-EAG, s. d.

⁶¹ Bouchain, Patrick. Le permis de faire, l'esprit plus que la lettre, Propos recueillis par Stéphanie Sonnette. <https://www.espazium.ch/fr/actualites/le-permis-de-faire-l-esprit-plus-que-la-lettre>, 4 octobre 2017.

déresponsabilise,(notamment les architectes) cela ne fait aucun doute »⁶².

Il serait pourtant plus intéressant d'expliquer des principes constructifs, une logique constructive que l'architecte peut s'approprier et innover si les résultats obtenus atteignent ces exigences.

⁶² Idem

3. Le cas de cycle terre : une réponse au cadre réglementaire et urbain.

UN CONTEXTE PARTICULIER

La terre crue ne fait pas partie des cultures constructives de Paris. La capitale française s'est historiquement développée avec ses ressources souterraines : le calcaire grossier pour un usage en maçonneries de pierre, le gypse pour le plâtre, un peu d'argiles pour des briques et tuiles cuites, comme le décrit Hugo Gasnier dans sa thèse :

« À différentes périodes de l'histoire, les ressources du sous-sol de Paris ont été exploitées. La craie, le calcaire, le gypse et l'argile sont les matières premières qui ont servies à bâtir la ville de Paris. Les zones urbaines d'aujourd'hui se développent au-dessus de ces anciens sites d'extraction. Cette relation entre la ville et son sous-sol est souvent négligée et on oublie parfois l'importance de celui-ci sur le développement économique et matériel de la ville de Paris. »⁶³ (Hugo Gasnier)

C'est sur cette même logique d'utilisation des ressources souterraines parisiennes que s'est développé Cycle Terre. Il s'agit d'un projet de revalorisation des terres d'excavations des travaux du Grand Paris (infrastructures, gares...), pour les transformer en matériaux préfabriqués en terre crue. Avec l'aide de fonds européens, des matériaux tels que la BTC, du mortier, des panneaux de terre extrudés et des enduits seront produits dans une fabrique à Sevrans et vendus en région parisienne. L'objectif de ces matériaux préfabriqués est de répondre au contexte dense urbain de Paris.

Ce projet a été développé en partenariat avec le laboratoire de recherche CRATerre et Amàco pour la formulation des terres, l'élaboration des matériaux en terre crue et le développement de la chaîne de production. Pour vendre ces produits innovants, une partie importante du travail est de les faire certifier par l'élaboration d'Atex de type A, nécessitant une campagne d'essais sur des prototypes pour justifier et atteindre les objectifs réglementaires. J'ai pu durant mon stage, participer à cette phase de réalisation d'ATEX avec Eugénie Créte, Arnaud Misse et Mathilde Chamodaut, notamment avec le suivi des essais ainsi qu'à la rédaction et aux détails techniques des Atex accompagnant chacun des matériaux.

⁶³ Gasnier, Hugo. « Construire en terres d'excavation, un enjeu pour la ville durable ». ENSAG, 2019. p131

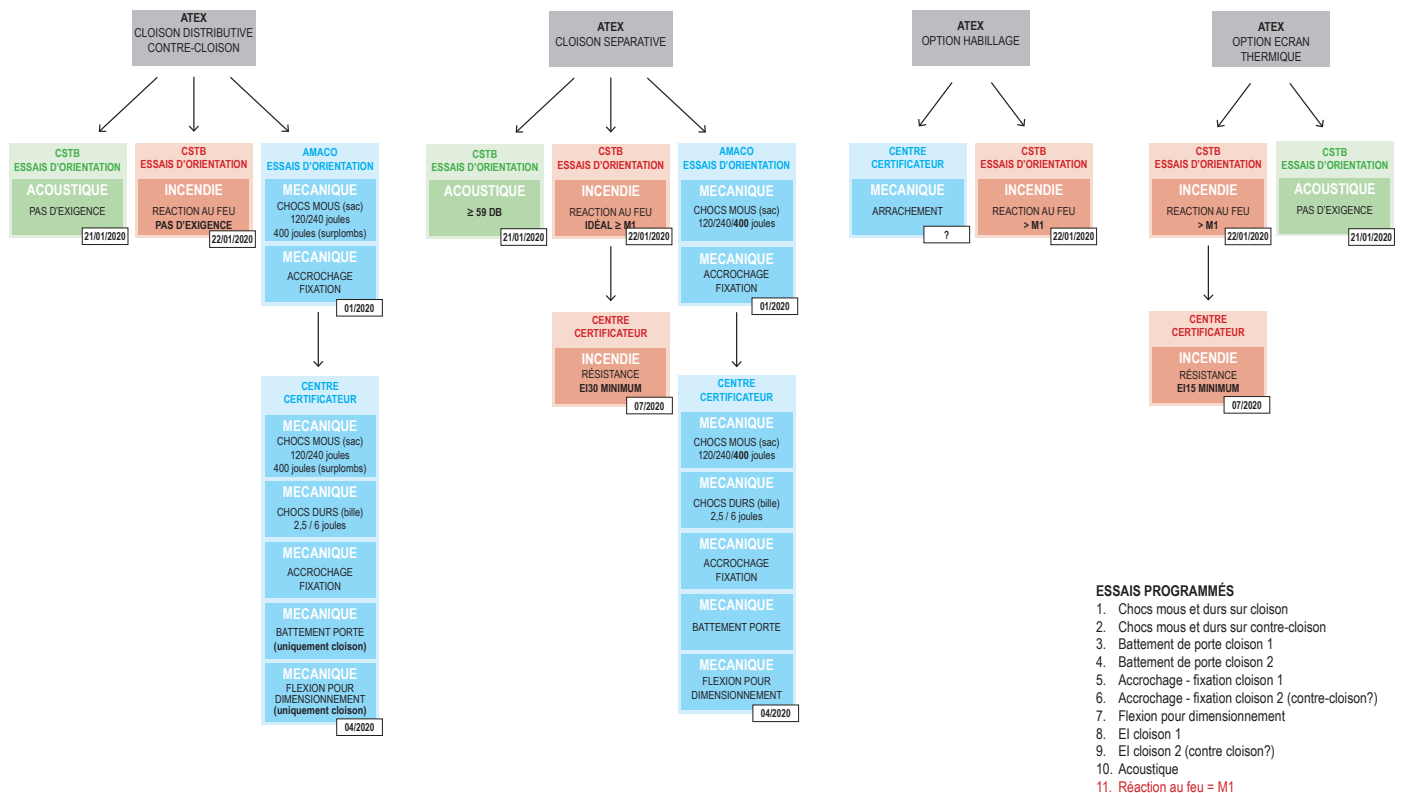
Les différents essais et calculs permettent de justifier un respect des exigences telles que : la réaction ou la résistance au feu, la qualité acoustique et thermique, la résistance mécanique (compression, flexion, chocs, fixations).

Les produits Cycle Terre seront donc accompagnés de fiches techniques montrant leur caractéristiques et performances, ainsi que des ATEX expliquant le domaine d'emploi des matériaux, les détails de conception et de mise en oeuvre ainsi que les précautions d'entretien. Ainsi, les architectes et entreprises peuvent utiliser ces documents auprès des bureaux de contrôle et assurances, et éviter de faire eux-mêmes les démarches administratives de certification par projet.

UNE AVANCÉE DANS LES RÈGLEMENTATIONS

Les différents essais réalisés amènent à des PV (procès-verbaux) fournissant des données utiles pour d'autres projets en terre crue. C'est une opportunité rare pour que des données précises soient produites sur des parois notamment en acoustique. Ces données sont depuis longtemps demandées par les bureaux d'étude pour mieux calculer les ouvrages en terre crue et en caractériser les performances.

PANNEAUX DE TERRE EXTRUDÉS



Orientation des essais Cycle Terre pour panneaux extrudés
Synthèse des exigences selon le type d'ouvrage visé

© Inès Touzard

Réaction et résistance au feu

La réaction au feu permet de mesurer la combustibilité d'un matériau. Les échantillons en terre testés sont de classement européen A1 (le meilleur), ce qui est évident vu qu'il s'agit d'une matière inerte non combustible.

La résistance au feu quant à elle est plus exigeante. Il s'agit de calculer la durée de résistance d'un ouvrage au feu avant qu'il ne cède. Cet essai se réalise dans un grand four simulant un incendie pour confronter l'ouvrage à des températures extrêmes, les résultats s'échelonnent toutes les 15 minutes.

La résistance au feu est importante, car dans le cas de cloisons séparatives entre logements, ou entre salles de classe par exemple, la résistance doit être d'au moins REI 30 (R pour résistance, E pour étanchéité, I pour isolation et 30 pour les minutes). La cloison en BTC (de 15cm d'épaisseur) testée au CSTB a tenu 45 minutes avant de céder.

Ces mesures de réaction et résistance détermineront l'usage des matériaux terre crue de Cycle terre, pour un usage en cloison séparative, en cloison simple distributive, ou encore en tant qu'écran thermique pour des isolants combustibles (fortement recherché dans la construction bois avec isolant biosourcé).

En haut : Essai au feu Lepir 2 sur béton de chanvre

Comportement et propagation du feu en façade ©Cerib

Au milieu : Essai de résistance mur BTC Cycle Terre

Après démolition du mur : sont visibles le dispositif de four et ses capteurs. Lieu : CSTB, 2020, ©CRATerre

En bas : Echantillon de BTC après essai au feu

Une couche plus rouge représente la partie cuite, c'est entre celle-ci et la partie noire qu'un risque de désolidarisation est possible. Lieu : CSTB, 2020, ©CRATerre





Caractéristiques acoustiques

Le comportement acoustique d'une paroi dépend du coefficient d'absorption acoustique propre au matériau mais surtout de la mise en oeuvre au niveau des joints et jonctions avec les autres matériaux.

Lorsque nous avons monté les murs d'essai au CSTB, nous avons constaté que si les joints verticaux des briques ne sont pas assez garnis, ou si le mortier de terre crue non stabilisé est trop mouillé et fait du retrait au séchage, de nombreux ponts acoustiques sont présents et affaiblissent considérablement les performances acoustiques de la paroi.

Les résultats des essais sont très bons. Une paroi BTC non enduite de 10cm atteint 49 dB, déjà utilisable dans un logement ou entre salles de classe, peut, en paroi double, facilement atteindre les 59 dB exigées pour des cloisons séparatives.

Résistance mécanique

Dans le cadre de cloison en BTC, il s'agit d'un assemblage de petits éléments (briques) qui travaillent ensemble et le rôle du mortier y est déterminant.

Le calcul de l'élançement et des différents efforts est effectué par un bureau d'étude structure, qui se base sur les règles de l'EuroCode 6. Mais des essais sur des prototypes sont nécessaires pour justifier la résistance à la flexion ou aux chocs. Les résultats à la résistance aux chocs sont très satisfaisants. La cloison en BTC de 10cm a résisté à des chocs de 900 joules (le maximum).

En haut : Montage du mur BTC Cycle Terre pour essai acoustique, lieu : CSTB, décembre 2020 ©Craterre

En bas : Essai au choc sur mur BTC Cycle Terre, lieu GAIA, 2020 ©Craterre



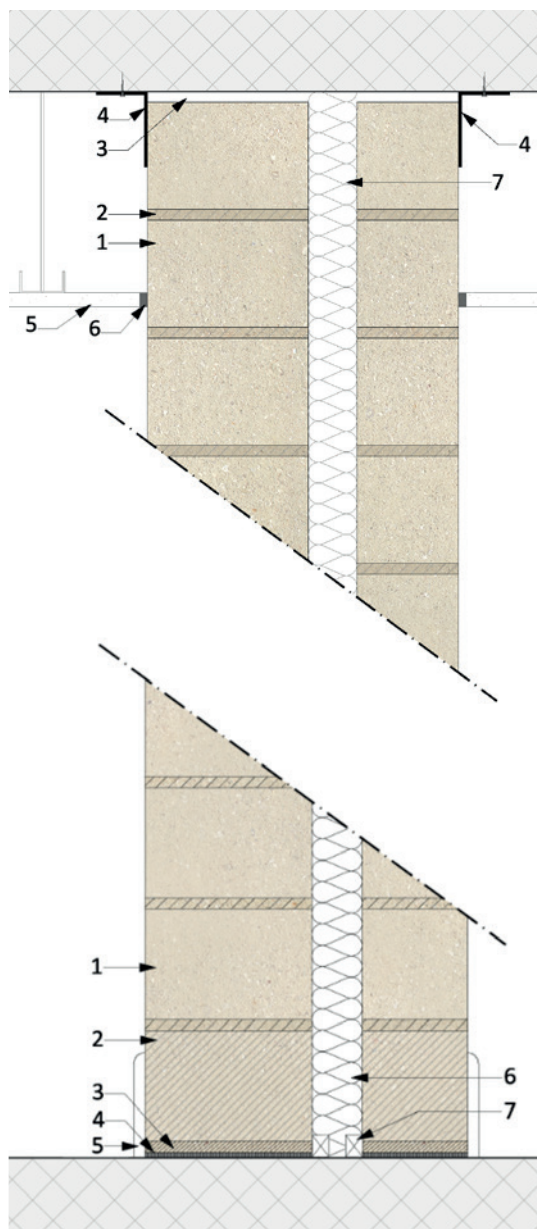
LA SÉPARATION CONTRAIGNANTE DES ÉLÉMENTS ARCHITECTURAUX, GROS OEUVRE ET SECOND OEUVRE

J'ai eu l'occasion pendant mon master à l'ENSAP Lille d'étudier les « maisons 1930 », ces maisons industrielles construites en bande, principalement en brique cuite et qui témoignent d'un mode de construction collectif. Tous les éléments sont solidaires les uns des autres. Les murs mitoyens sont porteurs mais les cloisons, elles aussi en brique, aident à soutenir le plancher. Chaque élément, matériau, joue un rôle structurel et a son importance. La conception et l'organisation des tâches sur le chantier était collective, le maçon communiquant avec le charpentier etc. Aujourd'hui, le gros oeuvre (principalement en béton de ciment) est coulé, voué à être masqué par des doublages. Chaque corps de métier intervient seul, sans avoir une vue d'ensemble sur l'ouvrage qu'il réalise, donc sans compréhension et prise de décision selon son savoir-faire.



Photo de chantier de maisons 1930,
© Archives du monde du travail, Roubaix

1. Maçonnerie BTC 2. Vide 3. Cornière métallique ou latte en bois fixée uniquement au gros œuvre 4. Faux plafond 5. joint souple 6. Isolant



1. Maçonnerie BTC 2. Éventuellement BTCS si une protection renforcée à l'humidité est recherchée 3. Mortier à base de liant hydraulique (600 kg/m³ de ciment), ép. min. 2 cm 4. Bande de désolidarisation 5. Plinthe 6. Isolant 7. Tasseaux en bois fixés au gros œuvre mais non fixés à la cloison

© Mathilde Chamodot et Inès Touzard

Les réglementations participent à cette séparation. Les ouvrages porteurs sont clairement séparés de ceux dit de second oeuvre. Il devient très compliqué de démontrer qu'une même matière, la terre crue, peut être utilisée en porteur, en remplissage, en cloison, en colle, en enduit, etc..

Pourtant, la BTC est utilisée à Mayotte (département français soumis à des risques importants de séismes, inondation, érosion, tsunami,...) pour le projet du Lycée des Métiers à Longoni, en mur porteur de 30cm, sur deux niveaux.

Pour Cycle Terre, nous avons dû désolidariser des cloisons en BTC de 30cm de large (10cm de brique sur chant + 5cm d'isolant + 15cm de brique en panneresse). Une des incohérences des réglementations, est que les ouvrages porteurs et non porteurs sont dissociés et doivent forcément être désolidarisés du gros oeuvre pour absorber ses déformations, même dans le cas où cette cloison peut aider structurellement, car elle induirait plus de complexité et de dialogue entre les différents corps d'états (pourtant enrichissant). L'architecture en vient à être composée d'éléments distincts, et non pensés dans leur ensemble.

CONCLUSION

En quoi concevoir en terre crue conduit à une remise en question du métier d'architecte, dans le cadre du marché public français, pour répondre aux enjeux environnementaux actuels?

L'approche historique de l'évolution du métier d'architecte montre que son éloignement avec la matière et le fait construit ne date pas uniquement du XXe siècle avec l'arrivée du béton et du système industrialisé mondial. La déconnexion s'est opérée à partir de l'affirmation du métier d'architecte moderne, initiée par Brunelleschi au XIVe siècle, en prônant une séparation du Savoir et du Faire : l'architecte comme subordonateur sachant face aux artisans exécutant ses dessins. Pour autant, au XIXème siècle, François Cointeraux montre qu'une autre forme d'exercer l'architecture est possible. Il renoue avec les questions de matérialité en s'intéressant à la technique du pisé, liée aux ressources et cultures constructives de la région Rhône Alpes. Par ses fines observations, il théorise et innove sur cette technique, tant par des questions d'optimisation des outils et du processus de fabrication du matériau, que par des questions esthétiques.

La posture prise par Cointeraux résonne fortement avec les considérations et enjeux actuels. L'architecte a un rôle important à jouer localement pour faire valoir les intérêts communs environnementaux face à un mode de production industriel et mondialisé destructeur. La terre crue, par la diversité des ressources et des techniques qu'elle mobilise, par l'organisation territoriale de ses filières, est un bon moyen pour pousser l'architecte vers ces considérations.

Néanmoins ce processus nécessite beaucoup d'énergie et de motivation pour convaincre. Développer un bon argumentaire est nécessaire, et s'avère compliqué lorsque l'architecte n'a pas toutes les connaissances en la matière. C'est pourquoi d'autres architectes se sont spécialisés dans l'accompagnement des équipes de maîtrise d'œuvre et le soutien aux différents acteurs, en proposant d'analyser des ressources humaines et matérielles, en conseillant sur les principes de conception et les choix techniques, et en accompagnant le dessin et le chantier. Mais ce métier d'expert terre ne peut être que transitoire. Ses compétences tendent à être intégrées par les bureaux d'études déjà nombreux dans les équipes de maîtrise d'œuvre.

Construire en terre crue, c'est revoir ses systématismes en développant une conception flexible. Concevoir en terre crue demande de mettre en corrélation la matière (sa provenance, sa composition,

ses propriétés...), ceux ou celles qui la travaillent (leur connaissances, projets, motivations...), les techniques constructives, et le contexte (urbain, social, d'usage, etc.). Cette conception itérative entre ces quatre éléments amène des questions opérationnelles de mise en oeuvre aux prémices du projet, qui permettent d'assurer une utilisation qualitative de la terre crue : disponible localement, faible énergie de transformation, confort d'été, qualité hygro-thermique, etc...

L'architecture de terre a aussi une grande particularité : elle nécessite une logique constructive prenant en compte sa sensibilité à l'eau. Mais cette contrainte peut devenir une force et enrichir la conception. L'architecte peut donner forme et langage à la gestion de l'eau, en transformant un simple besoin technique en une réponse formelle et esthétique architecturale.

Une telle processus nécessite une adaptation des outils de l'architecte, en commençant par une découverte tactile de la matière. Tout au long de la conception, la main et l'expérimentation sont dûment sollicités. Des outils informatiques, pourtant nécessaires, peuvent conduire vers des erreurs de conception lorsqu'ils sont utilisés de manière systématique, sans remise en question, et la communication du projet s'en voit impactée. Pour faciliter cette conception, l'architecte a aussi besoin de plus d'informations techniques détaillées, peu accessibles aujourd'hui. Ces détails constructifs sont le langage de l'architecte, ils permettent de visualiser rapidement des solutions d'adaptation de la terre crue aux exigences contemporaines, mais aussi de maîtriser la conception jusque dans ses détails.

Pour construire en terre crue dans le cadre du marché public, l'architecte doit s'accommoder des règles et phases imposées. La loi MOP permet de mener à bien un projet respectant un intérêt public et des valeurs communes, même si elle contraint à un processus linéaire avec peu de communication entre les artisans et les architectes. Mais les connaître et les maîtriser permet aussi de réaliser qu'elles ne sont pas si contraignantes, de nombreuses dérogations et interprétations étant possibles. La terre peut être normée si les résultats exigés ne regardent pas différents moyens d'y parvenir, pour permettre de garder une mise en oeuvre et production artisanales.

La preuve est là : de nombreux projets en terre crue se construisent aujourd'hui, avec plus ou moins de facilité. Le fait que cette matière ne rentre pas encore complètement dans un cadre conventionnel, permet d'enrichir des projets toujours plus innovants et spécifiques. Malgré l'effort et l'énergie dépensés par les architectes, chaque processus est en effet unique et fait progresser les pratiques vers des architectures de terre (non standard).

Le projet Cycle Terre lance une filière de matériaux préfabriqués en terre crue à Paris avec des terres d'excavations des travaux du Grand Paris. Le projet participe peut-être à l'émergence et au développement d'une nouvelle culture constructive propre au milieu urbain parisien. Ce projet permet d'avancer dans les recherches et la production de données sur les matériaux en terre crue, notamment

grâce à la réalisation d'essais respectant des procédures règlementées. Même si les ouvrages doivent se contraindre encore à une architecture hétéroclite entre éléments porteurs et de second oeuvre, reléguant encore la terre crue dans ce deuxième cadre, les matériaux Cycle Terre pourront être utilisés dans des opérations de logement sociaux, sans remettre de nouveau en question leur usage.

Cette dynamique croissante autour de la terre crue doit s'accompagner et se coordonner avec le développement des autres filières de matériaux bio et géosourcés pour garantir une alternative durable à la conception et construction architecturale. Les techniques constructives en terre crue dépendent du bois, des fibres, de la pierre.

L'architecte est indispensable dans cette transition. Il doit pour cela montrer qu'il maîtrise et conçoit avec ses connaissances techniques et constructives. Mais cela ne peut pas se limiter à un acte individuel de création : il importe de communiquer avec ceux qui ont les savoir-faire, de regarder les exemples construits, de témoigner et d'analyser les projets et expériences, de proposer avec et pour les autres des améliorations, de construire une nouvelle culture professionnelle, collective par définition.

L'innovation se fait en observant les intelligences constructives existantes, et en les accompagnant vers des besoins contemporains.

« Je pense qu'en tant qu'architecte, on construit souvent bien plus que des bâtiments, je pense qu'on construit aussi des relations, des sentiments, des doutes et des espérances. Et c'est notamment dans toutes ces choses parfois immatérielles qui gravitent autour de la fabrication du projet, ou qui élargissent les limites de notre propre discipline que se mesurent la valeur et les effets de nos actions construites »⁶⁴ (Julien Choppin)

⁶⁴ Julien Choppin, conférence « Métamorphoser l'acte de construire, n°1 : l'Espoir paysan » 29/09/2020

BIBLIOGRAPHIE

Antoine, Anne-Lyse, et Elisabetta Carnevale. « Architectures contemporaines en terre crue en France de 1976 à 2015 ». Mémoire DSA, ENSAG, 2016.

Berthier, Stéphane. « Circuits courts : un nouveau régionalisme critique ? » D'Architectures, no 284 (octobre 2020).

Bouchain, Patrick. Le permis de faire, l'esprit plus que la lettre, Propos recueillis par Stéphanie Sonnette. <https://www.espazium.ch/fr/actualites/le-permis-de-faire-lesprit-plus-que-la-lettre>, 4 octobre 2017.

Choppin, Julien. L'espoir paysan - Métamorphoser l'acte de construire. Cycle de conférence dans le cadre du Manifeste pour une Frugalité heureuse et créative, 29 septembre 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=xd3UoqEqYY&t=527s>.

Coline Serreau. Solutions locales pour un désordre global. Documentaire. Cinémao, Eniloc, Colibris, Studio 37, Montparnasse Production, Kino Factory, 2010.

Conseil d'architecture, d'urbanisme et de l'environnement (Deux-Sèvres), et Roland Council. Guide de la maîtrise d'ouvrage publique: construire ou réhabiliter un petit équipement public. Niort (15 rue Thiers, 79000): CAUE 79, 1998.

Ferro, Sérgio. Dessin Chantier. Ecole d'architecture de Grenoble. Paris: Editions de la Villette, 2005.

Ferro, Sérgio. Conférence Ethique et Architecture. ENSAG, Leçon inaugurale, 10 décembre 2018. France, Mission interministérielle pour la qualité des constructions publiques, Christian Romon, Gérard Lamour, et Jacques Chalançon. Conception-réalisation: recommandations pour un bon usage du processus, 2010.

Gasnier, Hugo. « Construire en terres d'excavation, un enjeu pour la ville durable ». ENSAG, 2019.

Gasnier, Hugo, et Jean-Marie Le Tiec. « Construire en terre crue dans les opérations d'Habitats à Loyer Modérés, en location ou en accession ». CRATerre, s. d.

Guéneau, Jérôme. « Le métier d'architecte et le BIM. Nouvelles répartitions des tâches et des responsabilités dans les métiers de la création ». Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques, 14 janvier 2019. <https://doi.org/10.4000/tc.10327>.

Guillaud, Hubert, et CRATerre. Une grande figure du patrimoine régional Rhône-Alpes: François Cointeraux (1740-1830), pionnier de la construction moderne en pisé. Grenoble: CRATerre-EAG, 1994.

Houben, Hugo, et Vincent Rigassi. « Normalisation de la construction en terre : Vue générale ». CRATerre-EAG, s. d.

Leylaverigne, Elvire. « La filière terre crue en France, enjeux, freins et perspectives ». ENSAG, 2012.

Ménard, Raphaël. « Le pic de l'architecture ». Matière Grise, Encore Heureux, Editions du Pavillon de l'Arsenal, 2014.

Quirot, Bernard. Simplifions. Editions Cosa Mentale. Essais. Tusson, 2019.

Ringon, Gérard. Histoire du métier d'architecte en France. Presses Universitaires de France. Que sais-je ? Paris, 1997.

ANNEXES

- 1 Questionnaire
- 2 Entretien avec Gauthier Calarmunt de l'agence Dauphin
- 3 Entretien avec Martin Pointet de BETerre

1 | Questionnaire

Ce questionnaire a été envoyé par mail avec le média Google Forme®, à 28 agences d'architecture. Le taux de réponse est faible (8 agences) et il n'est pas possible d'en tirer une synthèse statistique. Cependant, certaines réponses sont très intéressantes à exploiter en tant que témoignage. J'ai donc décidé d'en sélectionner quelques-unes présentées ici.

La terre crue et le processus de conception architecturale dans le contexte Français du marché public.

En quoi le matériau terre crue permet une remise en question du métier d'architecte et du processus de conception architectural ? Quels outils et accompagnements sont mis en place tout au long du projet ? Comment l'architecte fait face à un système réglementaire contraignant ?

1. Pouvez vous rappeler le nom de votre agence, le projet dont il est sujet, sa date de livraison (ou DCE si projet en cours) et localisation ?

- **Brenas Doucerain Architectes** / Ecole maternelle des Roches de Condrieu. livraison 2018
- **NAMA Architecte** (JM Le Tiec) / Projet CEES à Orleans, livraison 2014 et Groupe scolaire à Miribel livraison 2019
- **Dumont Legrand Architectes** / 93 logements collectifs en ossature bois, dont 10 maisons individuelles et une résidence sociale en terre-fibres / PRO en cours, livraison 2022. Biganos, Gironde (33)
- **Jean-Marc Jourdain Architecte** / Éco-centre «Pierre et terre» à Risle (Gers)
- **Sarl d'architecture Mil Lieux** / Maison de santé de Badonviller (54-Meurthe et Moselle) réception en juillet 2013

2. Qui a proposé l'utilisation du matériau terre crue ? S'il s'agit de la maîtrise d'ouvrage, la demande était-elle formulée dans le programme ? S'il s'agit de vous, qu'est ce qui vous a poussé à concevoir en terre ?

- **Brenas Doucerain Architectes** / C'est une proposition des architectes: Le site du projet au sein du groupe scolaire existant est délimité par une impasse bordée de restes de mur en pisé. Les anciennes bâtisses du bourg des Roches de Condrieu sont souvent construites en mur pisé sur mur de soubassement en galets. Les constructions agricoles dans la plaine environnante sont toutes construites en pisé. La ressource en terre adaptée à la construction en pisé est omniprésente. Par ailleurs, pour un programme d'école maternelle, il nous a semblé intéressant, dans un esprit démonstratif et pédagogique de mettre en œuvre des matériaux bio et géosourcés comme le bois, côté cour et le pisé côté impasse. Ils sont mis en œuvre sans traitement, la matière est laissée brute.
- **NAMA Architecte** / Projet CEES : Le maître d'ouvrage, connaissance d'un usager du maître d'ouvrage. / Groupe scolaire à Miribel : Le maître d'ouvrage, accompagnement AMO et subventions
- **Dumont Legrand Architectes** / Il s'agit d'une demande de la maîtrise d'ouvrage, formulée dans le programme, mais qui constitue une des raisons pour lesquelles nous avons répondu à cette consultation. Nous avons en effet, de part nos expériences passées, développé un intérêt

tout particulier pour les matériaux biosourcés, dont les mélanges terre-fibres, autour du béton de chanvre.

- **Jean-Marc Jourdain Architecte** / L'architecte et le maître d'ouvrage
- **Agence Mil Lieux** / C'est nous qui avons proposé le pisé au maître d'ouvrage qui ne le connaissait pas, mais qui a accepté de jouer le jeu

3. Quelle est la technique choisie ? (pisé, BTC, bauge, terre allégée,..). A quelle étape de la conception ce choix à-t-il été fait ? (concours, esquisse, APS, APD ?)

- **Brenas Doucerain Architectes** / pisé préfabriqué sur site. Le mur de la façade Ouest le long de l'impasse est construit en pisé jusque sous allège. Il est non porteur et isolé, posé sur un soubassement béton. L'arase du mur pisé servant d'appui de fenêtre, il est protégé par un appui maçonné en béton blanc.
L'angle Nord Ouest qui enveloppe les locaux techniques est construit en pisé sur toute la hauteur. Il n'est pas isolé car les espaces sont non chauffés. Il était conçu pour être porteur, mais l'ingénieur béton n'a pas été capable de justifier ses calculs. Nous avons pris la décision de passer la dalle haute en porte à faux sur l'ensemble du local, le mur pisé est mur enveloppe.
Le système de mise en œuvre est la préfabrication mais sur chantier. La terre est amenée en vrac, triée à la main sur tapis roulant et débarassée de ses cailloux, vidée entre banches placées sur la machine, couches par couches de 10 cm d'épaisseur, compacté par la machine par un pilon mécanique. Puis un manuscope déplace la banche remplie de terre, et les superposent une à une pour monter le mur pisé.
Dimension des éléments préfabriqués : 40 cm d'épaisseur, 1m de hauteur, 2m de longueur adaptable en fonction des baies.
- **NAMA Architecte** / Pour les deux projets, la technique choisie est le pisé, et le choix s'est fait depuis le concours
- **Dumont Legrand Architectes** / Il s'agit de terre allégée, mélange terre / fibres constitué de la terre argileuse extraite des carrières du Barp, à proximité de Biganos. Ce choix a été opéré dès la phase concours.
- **Jean-Marc Jourdain Architecte** / Techniques diverses : pisé, adobe et enduits terre
- **Agence Mil Lieux** / Pendant les études, il s'agissait de pisé réalisé en place, et un tout petit peu avant le démarrage du chantier, nous avons été obligé pour des problèmes de planning de passer au pisé préfabriqué à quelques kms du chantier

4. Le choix de la technique s'est-il fait en fonction de la terre disponible? d'une étude des cultures constructives locales ? d'un choix purement esthétique ? ou autre ?

- **Brenas Doucerain Architectes** / terre disponible et principe de construction ancestrale mis en œuvre par un artisan contemporain
- **NAMA Architecte** / Projet CEES : choix technique (inertie) et symbolique (conservatoire des échantillons de sol : couches de sol idem technique pisé) / Groupe scolaire à Miribel : lien au patrimoine local
- **Dumont Legrand Architectes** / Le choix de la technique est basé sur plusieurs paramètres. Il s'agissait évidemment de répondre aux attendus du concours et à l'ambition environnementale. Il s'appuie ensuite sur le type de terre disponible dans les environs du projet, notamment à la carrière du Barp : une terre très argileuse. Avec cette terre à l'état brut, il est très difficile de trouver un système constructif adapté, sans devoir rajouter soit une quantité importante de matière (70 à 80% de sable pour maîtriser le retrait des briques), soit des adjuvants qui viennent dégrader les

caractéristiques intrinsèques de la terre crue (ajout de ciment pour faire un béton de terre coulé). La forte volonté de l'équipe était de trouver un système constructif qui permettait d'utiliser la matière avec le moins de transformation possible. Partant du constat que les terres très argileuses sont historiquement utilisées dans la construction comme des liants, nous avons pris le parti d'utiliser la terre de la briqueterie de Le Barp comme une colle dans un mélange terre/fibres végétales.

Ce choix semblait de surcroît cohérent avec les compétences croisées des membres de l'équipe :

- L'entreprise Pyrénées Charpentes, reconnu dans la construction bois comme un spécialiste de la préfabrication ;
- l'agence Dumont Legrand, qui a développé une expertise sur l'emploi des fibres végétales dans ses projets (chaux/chanvre, bois, paille)
- la SCOP EcoZimut, acteur actif et engagé dans la construction en terre crue, prescriptrice de solutions constructives via son bureau d'étude, et accompagnant le développement de matériaux à base de terre crue via sa cellule de R&D.

Le mélange terre/fibre sera donc adapté à la préfabrication, et permettra d'utiliser la ressource locale de terre crue sans aucune transformation ni ajout.

- **Jean-Marc Jourdain Architecte** / Choix du pisé pour masse thermique et artisan local et technique locale/ Adobe pour présentation de la simple brique, enduit terre pour couvrir la paille porteuse.
- **Agence Mil Lieux** / Le choix de la technique a été fait sur un critère esthétique et environnemental, et nous voulions utiliser la terre du site. Face aux réticences très fortes du bureau de contrôle, nous avons du accepter de faire venir une terre d'Isère, qui avait déjà été utilisée pour un autre chantier en pisé, et dont nous disposions des caractéristiques techniques

5. Avez-vous été accompagné pour la recherche et l'analyse de la terre ? si oui par qui ?

- **Brenas Doucerain Architectes** / Pas d'accompagnement
- **NAMA Architecte** / Par Craterre
- **Dumont Legrand Architectes** / Dans la recherche et l'analyse de la terre non, si ce n'est par les rapports réalisés par AMACO, constituait le dossier de consultation, qui a procédé à un travail d'identification des ressources locales et à des essais sur la terre crue.
- **Jean-Marc Jourdain Architecte** / Tests sur place par l'architecte suivant les modèles du livre *Traité de construction en terre*
- **Agence Mil Lieux** / Oui par Martin POINTET de l'entreprise CARACOL (SCOOP qui n'existe plus aujourd'hui)

6. Avez-vous été accompagné techniquement par un(e) professionnel(le) de la terre crue ? si oui à quel moment du projet ?

- **Brenas Doucerain Architectes** / Pas d'accompagnement
- **NAMA Architecte** / Par Craterre à chaque étape
- **Dumont Legrand Architectes** / La SCOP Ecozimut, bureau d'étude (voir ci-dessus), intégrée à l'équipe dès le stade du concours.
- **Jean-Marc Jourdain Architecte** / Christian Baur pour le pisé et BO Reynartz pour la paille et enduit terre
- **Agence Mil Lieux** / Oui également martin POINTET

7. Lors de la conception du projet, avez-vous mis en place des outils particuliers ? (maquettes, expérimentations, recherche particulières,...), si oui lesquels ?

- **Brenas Doucerain Architectes** / Prototype
- **NAMA Architecte** / Production de murs d'essais avec l'entreprise adjudicatrice du lot terre (mise au point matériau)
- **Dumont Legrand Architectes** / Nous avons pendant la phase de dessin du concours procédé à des journées d'expérimentation dans les locaux de l'entreprise Pyrénées-Charpentes (s'agissant d'un marché de conception-réalisation, l'entreprise est mandataire du marché et partie intégrante de l'équipe dès la candidature). Ces essais avaient pour but d'aboutir à un mélange performant et satisfaisant, en évaluant les dosages, mais aussi en testant différentes fibres végétales (copeaux de bois, paille, chènevotte de chanvre) et différents procédés de mise en œuvre.
- **Jean-Marc Jourdain Architecte** / Non
- **Agence Mil Lieux** / Nous étions dans une démarche BIM, avec une maquette 3D renseignée pour certaines parties techniques. Nous avons également dessiné l'ensemble des modules préfabriqués en pisé, et notamment les élévations pour l'insertion de colorant sur certaines couches de terre

8. Le bureau de contrôle était-il coopératif ? avez-vous dû faire un ATEX ?

- **Brenas Doucerain Architectes** / Non et non ..
- **NAMA Architecte** / Pas d'atex, Le Bureau de Contrôle a été choisis par le Maître d'ouvrage en connaissance de présence de terre crue. Il a été bien accompagné par le BET structure + CRATERRE
- **Dumont Legrand Architectes** / Les bureaux de contrôle, à quelques exceptions près, se basent sur le principe du retour d'expérience pour formuler leurs avis. Difficile pour eux de se positionner lorsque ceux-ci sont quasi-inexistants. Très réticent au départ, le bureau de contrôle a fait évoluer sa position au fur et à mesure des échanges. La maîtrise d'ouvrage ne souhaitant pas porter l'impact calendaire et financier d'un ATEX, nous avons convenu de valider le procédé sur la base d'un avis de chantier.
- **Jean-Marc Jourdain Architecte** / Pas de bureau de Contrôle, tout est conçu techniquement par l'architecte, étude de sol par sondage, étude thermique (bâtiment sans chauffage autre que le soleil), étude de fondation par l'analyse des traditions, étude structure (bois et paille porteuse)
- **Agence Mil Lieux** / Pas vraiment, car il n'a compris qu'à la 1ère réunion de chantier qu'il s'agissait d'un chantier en terre crue porteuse ! Quand il a finalement compris que le maître d'ouvrage n'accepterait pas de modifier ce point, il a finalement cédé, sans vraiment s'intéresser à la question. Le plus drôle, c'est qu'il s'agit de SOCOTEC, à savoir le BC qui est intervenu sur l'une des toutes premières opérations en terre crue en France dans les années 80, à savoir le Village de Villefontaine en Nord Isère. Ce qui à l'époque ne leur avait posé aucun problème ...

9. Avez-vous noté des freins pour mener à bien ce projet en terre crue ? (financier, réglementaire, manque de références ou document technique, manque d'entreprises qualifiées,...)

- **Brenas Doucerain Architectes** / Le bureau de contrôle a refusé que ce mur soit considéré comme porteur
- **NAMA Architecte** / Oui économique, réglementaire, peu d'entreprises = beaucoup de temps et d'énergie à chaque étape pour rassurer l'ensemble des acteurs.
- **Dumont Legrand Architectes** / Ils sont de plusieurs natures. D'abord dans les mentalités. Dans l'imaginaire des gens, une maison en bois ou en terre n'est pas aussi solide qu'une maison en parpaings ou en briques. C'est un peu la fable des trois petits cochons si vous voulez. Il faut donc faire de la pédagogie pour faire changer les mentalités. Les collectivités sont frileuses pour les mêmes raisons.
Ensuite, ce sont des filières nouvelles et des techniques qui, bien qu'empiriques et vernaculaires, ont été délaissées depuis de nombreuses années. Les textes normatifs régissant l'emploi de ces

matériaux, tant du point de vue de la tenue structurelle, que de la thermique ou de la sécurité incendie, sont aujourd'hui manquants, ou trop sommaires pour être opposés aux organismes de contrôle. Le manque de retour sur expérience est aussi souvent invoqué, et on se retrouve dans une situation de serpent qui se mord la queue. Sans projets, pas d'expérience. Sans expérience, pas de projets.

Ensuite, du point de vue purement technique, ces matériaux sont très performants mais nécessitent d'être mis en place avec attention, et placés dans de bonnes conditions de fonctionnement. Ils doivent être protégés par exemple, des intempéries, de la pluie, etc... Cela nécessite une réflexion plus importante sur le dessin de l'architecture mise en place, et sur la mise en oeuvre.

Enfin, le dernier frein est bien entendu financier. Il est impossible de construire moins cher que le triptyque parpaing, laine de roche, enduit. Ces matériaux biosourcés trouvent leurs sens à moyen terme dans une économie de charges énergétiques par exemple, dans le confort quotidien et évidemment dans leur empreinte carbone. Mais la société actuelle est court-termiste et souhaite des données immédiates. Sur le devis, le parpaing est moins cher. Un dernier aspect du surcoût de ces techniques est leur absence de démocratisation, ou d'industrialisation. Peu de procédés industriels ont été développés pour améliorer la production et la mise en oeuvre, et donc abaisser les coûts. Et les personnes porteuses de ces techniques sont souvent des artisans passionnés, pour lesquels le terme « industrialisation » a une connotation négative.

Tous ces éléments ont donc un impact sur le temps de conception du projet, qui rend parfois les maitrises d'ouvrage réticentes à se lancer dans ces expérimentations. Par chance, certains acteurs, comme AQUITANIS, la mairie de Biganos, ou même l'entreprise Pyrénées-Charpentes avec qui nous travaillons, sont prêts à prendre ce risque. C'est notre rôle en tant qu'architecte de porter le développement de ces nouvelles manières de construire, plus écologiques et responsables.

- **Jean-Marc Jourdain Architecte** / Les éventuels bureaux d'étude, les amis qui sont ingénieurs, les technico-commerciaux des grosses entreprises du bâtiment.
- **Agence Mil Lieux** / Les freins sont partout, du début jusqu'à la fin du projet ! Quand bien même on a la chance d'avoir un maître d'ouvrage convaincu ou demandeur de la terre crue, ils faut se battre en permanence contre tous les autres intervenants du projet (BC SPS Entreprises, etc.)

10. Où avez-vous trouvé les références qui vous ont aidé à la conception du projet ? (références bibliographiques, internet, construites)

- **Brenas Doucerain Architectes** / Travail avec l'artisan
- **Dumont Legrand Architectes** / Nous avons tiré nos références des sources multiples que vous citez, de nos bagages techniques et académiques respectifs, mais aussi de nos expériences passées. L'habitat vernaculaire est également source d'enseignements. Ces techniques existent depuis la nuit des temps, elle ont simplement été mises de côté pour différentes raisons, mais reviennent au goût du jour aujourd'hui. On a coutume de dire que l'on n'invente rien, mais c'est souvent le cas. Il s'agit plutôt de réinterprétation.
- **Jean-Marc Jourdain Architecte** / Tous les livres sur la terre et la paille en 2005
- **Agence Mil Lieux** / On s'est documenté surtout sur internet, et nous avons suivi un stage d'une semaine chez Caracol sur la technique du pisé bien avant la réalisation du chantier, pour mettre tous les atouts de notre côté, et ne pas faire de fautes grossières de conception

11. Après cette expérience, allez-vous intégrer d'avantage ce matériau dans vos projets ?

- **Brenas Doucerain Architectes** / Oui
- **NAMA Architecte** / Oui mais pas forcément en pisé : trop lourd, trop cher, trop contraignant en planning chantier, Trop sélectif dans les entreprises compétentes...

- **Dumont Legrand Architectes** / Nous nous efforçons au quotidien de militer pour l'usage des matériaux biosourcés, et la terre crue en fait partie, qu'il s'agisse de ce procédé ou d'un autre. Pour ce faire, il est nécessaire d'avoir une maîtrise d'ouvrage déterminée et consciente des enjeux de l'utilisation d'un tel matériau. Le budget alloué est un second point, qui va de pair avec cette prise de conscience.
- **Jean-Marc Jourdain Architecte** / Oui, mais difficile vu le coût, la rareté des entreprises, les bureaux de contrôle et les bureaux d'étude frileux, l'inquiétude des maîtres d'ouvrage et enfin la nécessité d'opérer la terre en été.
- **Agence Mil Lieux** / C'est déjà fait, nous en sommes à près de 10 projets réalisés ou en étude qui utilisent la terre crue, soit sous forme de pisé (y compris en zone sismique 4), soit en béton de terre, ou encore de BTC

12. Pour finir, pensez-vous que votre rôle d'architecte a été différent pour ce projet ? Ce projet a-t-il changé votre manière de voir ou d'exercer le métier d'architecte par la suite ?

- **Brenas Doucerain Architectes** / Non, l'utilisation de matériaux géosourcés fait partie de notre démarche conceptuelle sur la plupart de nos projets.
- **Dumont Legrand Architectes** / Pas particulièrement. Il existe mille façons d'être architecte et de faire de l'architecture. La voie que nous avons suivie et l'objectif que nous poursuivons font que nous nous retrouvons souvent dans la position d'architecte technicien, constructeur d'une certaine manière. Ces techniques étant nouvelles, de nombreux freins existent encore. De fait, nous consacrons peut-être plus d'énergie à la résolution de points techniques qu'en construction conventionnelle, sans pour autant négliger l'aspect esthétique et fonctionnel du projet, qui participent évidemment de l'essence de l'architecture.
- **Jean-Marc Jourdain Architecte** / Oui, car il faut que le maître d'ouvrage ait une confiance absolue dans l'architecte qui préconise des façons de faire hors normes ou en marge des habitudes de construire.
- **Agence Mil Lieux** / Oui, c'est notre premier projet où nous avons utilisé la terre crue, et depuis, nous utilisons ce matériau dès que nous le pouvons, afin d'améliorer la qualité de nos bâtiments

2 | Entretien avec Gauthier Claramunt Agence Dauphin

Date : 29/09/2020



« LE FOYER »

*Construction du centre d'hébergement de la maison familiale et rurale
Hébergement Périscolaire BEPOS Biosourcé
Ribérac (24)*

IT : Le projet dont nous allons parlé, est soumis à la Loi MOP, aux lois du marché public ?

GC : Bien sûr

IT : Vous me disiez par mail que ce projet était en pisé porteur

GC : entre autre oui

IT : Comment avez-vous fait le choix de cette technique ?

GC : Le sujet s'y prêtait, les planètes étaient alignées. On avait l'opportunité de faire une expérience de pisé sur un niveau, à un endroit stratégique. Mais pour ça, il faudrait que vous visualisiez le projet, sur notre site internet, il y a le plan qui permet de visualiser l'emprise du pisé. Dans l'onglet « construit » de notre site, qui s'appelle effectivement « Le foyer ». Tout en bas il y a un plan, dans la liste des images, et on voit en couleur l'endroit où on a fait le pisé.

IT : Il s'agit du mur intérieur ? ou celui en façade ?

GC : Les deux oui, il y a un refend central qui a fonction porteuse avec l'opportunité de faire inertie. Nous voulions que cette inertie soit décarbonnée. Ce mur sert de colonne vertébrale qui donne sur les espaces majeurs du projet. De plus, cet élément sépare la distribution de ces espaces pour résoudre les questions de feu, montrer que la terre s'y prêtait largement. Et cela sur un seul niveau, en plus nous avons une arase basse de ce mur, car il y a un jeu de charpente qui permettait de se poser assez bas, à 2m30, puis une surélévation en bois. L'utilisation de la terre en façade à cet endroit-ci, permet de marquer l'entrée et de cerner l'espace par ces deux portions de mur en terre.

A l'échelle du projet, nous avons vu que c'est à cet adroit que l'investissement était possible. Il s'agit quand même d'une technique chère. Sa position en façade nécessitait néanmoins une isolation par l'extérieure, et ça nous a donné l'opportunité de faire du chaux-chanvre en ITE.

Voilà, cette technique a de nombreux intérêts : c'est un matériau très lourd, dense et expressif, positionné à des moments clés.

De plus le projet avait des exigences en matériaux biosourcés et BPOS (?), mais pas spécifiquement bas carbone. Nous avons cela en tête, en utilisant la terre au moins au niveau de sa superstructure. Il y a du béton, de la maçonnerie à certains endroits quand même, mais ces deux éléments de structure là, signifiants, il fallait qu'on sorte d'un mur de maçonnerie courante.

IT : Donc il n'y avait pas de demande spécifique de la maîtrise d'ouvrage pour la terre crue, mais plutôt pour des matériaux biosourcés ?

GC : Non, c'est nous qui avons amené l'idée de la terre crue. Ça a été en douceur, sans être un point critique vis à vis de notre décideur. Nous les avons aussi fait plaider à un appel à projet qui permet d'obtenir des financements complémentaires. Et le delta mur en terre était valorisé, car cet appel à projet valorise des innovations, etc. Donc nous avons réussi à financer une partie de l'étude complémentaire qui était nécessaire, car nous avons fait appel à CRAterre pour nous accompagner, plutôt en qualité d'AMO mais aussi avec des tests en Labo. Ce qui a permis de faire passer plus facilement le projet auprès des donneurs d'ordre. Cela et d'autres critères ont fait qu'ils ont eu un financement des travaux qui leur a permis de boucler leur budget. Nous étions bien dans l'estimatif, mais eux se sont rendus compte qu'ils n'avaient pas bien tout calculé dans leur budget, ce qu'il leur a sauvé la mise au final.

IT : Il n'y a pas eu de frein financier alors ?

GC : Non, c'est pour ça que je parlais d'alignement de planètes, ça ne tombait pas plus mal. Puis avec l'entreprise, ça a été particulier. C'était leur première expérience, avec une très bonne volonté mais on ne réussit pas forcément sa première expérience. Certaines portions de mur ont fini par être enduites, car l'aspect n'était pas très heureux. Mais voilà, nous avons fait toute cette expérience et aujourd'hui il demeure des parties du mur qui restent visibles avec cette expression de la terre.

IT: Et puis la terre est logiquement utilisée en intérieur, protégée, pour profiter au maximum de ses apports possibles.

GC : exactement, c'était une condition sine qua non. Nous n'allions pas mobiliser toute cette énergie, pour finalement, ne pas bénéficier des intérêts du mur.

IT : Et pourquoi êtes-vous partis sur du pisé, et pas une autre technique comme de la maçonnerie, ou autre technique en terre ?

GC : A un moment, pour l'expérience il faut pouvoir en faire un (mur en pisé). C'est une opportunité à saisir. Le contexte s'y prêtait bien, qu'aurions nous pu faire en terre ? une terre coulée ? Avec le pisé, c'était l'occasion de sortir d'une expression plus courante que celui du voile. Nous aurions pu faire en bauge, mais nous voulions quand même passer par le coffrage. Et nous étions aussi plus rassurés par la performance structurelle du pisé, que d'un mur en bauge ou BTC.

IT : Et concernant la réglementation, comment vous êtes-vous pris pour faire passer un mur porteur, coupe feu ?

GC : Ça s'est passé assez simplement, peut être trop simplement d'ailleurs. La préoccupation principale du bureau de contrôle c'était la résistance mécanique. Sachant on est en zone sismique « light » 1, donc nous n'avions pas d'effort particulier. Même si il y a pas mal de charges, car les murs portent

la charpente, qui est en porte-à-faux sur 4 mètres, avec une multitude de points d'appui, avec des trumeaux qui s'interrompent. Il a fallu d'ailleurs reprendre le dessin en chantier car il manquait une ceinture en haut, que le charpentier n'avait pas bien enregistrée. Donc ce n'était pas gagné d'avance, mais le bâtiment tient debout. C'était plutôt des problèmes de technicité, que vraiment de caractère réglementaire. En ce qui concerne le feu, ce n'était pas très compliqué, le bureau de contrôle a bien vu que la terre était sans risque, une matière inerte. Mais les échanges avec le bureau de contrôle remontent à 2018, et je n'ai pas souvenir de complications.

IT: Concernant l'accompagnement que vous avez eu, à quel étape du projet a-t-il eu lieu ?

GC : A l'étude, plutôt en phase PRO, dans le dessin plus technique. Ce qui a bien rassuré le bureau de contrôle qu'on ait cet accompagnement. On a fait en sorte d'avoir les conditions les plus favorables pour assurer le projet auprès d'un bureau de contrôle qui il me semble, n'avait pas spécialement travaillé avec la terre avant. Puis l'accompagnement s'est poursuivi en début de chantier, pour vérifier que l'entreprise s'y prenait correctement. Il n'avait pas la mission visa, mais pratiquement.

IT: Concernant le choix de la terre et sa provenance, comment vous y êtes vous pris ?

GC: C'était avec la terre du site. Elle contenait énormément d'argile, ce qui nous a causé des problèmes par ailleurs, notamment avec la gestion des infiltrations des eaux.

IT : La terre a-t-elle été reformulée ? avec un peu de sable ou des graviers ?

GC: Avec un peu de gravier oui. CRAterre a mis cela au point avec l'entreprise, en s'associant avec les compétences d'un spécialiste à Limoge.

Le pisé a été fait en juillet 2018, dans des conditions d'exécution exécrables, avec une chaleur de plomb, c'était très dur pour les maçons.

IT : C'est donc tombé pendant l'été, vous n'avez pas eu de problème de planning pour le chantier ?

GC : Non, le phasage est bien tombé, c'était mieux en effet pour le pisé, mais dur pour les hommes.

Et pour l'accompagnement, des tests ont été faits au labo, même si le dosage a été adapté à quelques endroits, car en surface ce n'était pas parfait et nous avons du reprendre en enduit, la surface s'égrainait un peu.

IT : Et ce projet-ci est-il le premier que vous avez fait en terre crue ?

GC : Non, je crois que le premier projet, c'est celui de logement en torchis, enfin en terre paille plus enduit terre, en 2015. Nous utilisions auparavant la chaux, mais pas de terre. A chaque fois, ce n'est pas à dose homéopathique, mais enfin presque. Mais maintenant ça s'intensifie, surtout avec la technique d'enduit terre sur paille, deux ou trois projets sont dans les tuyaux. Nous avons fait un peu de BTC aussi, mais pour le coup, non porteuse. Enfin voilà, nous avons plusieurs expériences avec la terre, plus ou moins impressionnantes. Ici, avec ce morceau de pisé, ça commence à prendre plus d'ampleur.

IT: A partir du moment où vous intégrez ce matériau dans vos projets, avec-vous développé des outils particuliers dans votre agence ? Comment arrivez-vous à intégrer cette matière particulière dans le moment de la conception ?

GC : On a fait quelques expériences qui nous ont mis en contact avec ce matériau, notamment par des formations chez Amàco, ou des expériences de chantier participatif, ou des choses plus informelles, comme des installations artistiques. Moi par exemple, je n'avais jamais été en contact avec un mur en pisé avant de faire ce projet là. Mais mon associé est allé à Grenoble pour se renseigner, de mon côté j'avais déjà travaillé avec la BTC.

L'étude d'un projet va très vite, surtout si c'est sous forme de concours, il faut donc vite injecter des choses pour qu'elles aient une chance d'exister. On est aujourd'hui plus réactifs. Les expériences que

nous avons faites, nous aident aujourd'hui à intégrer plus facilement cette matière à notre champ de vision.

IT: Ce projet à donc bien débuté par un concours ?

GC : Oui

IT: Et vous avez proposé la terre dès le concours ?

GC : Oui. La maîtrise d'ouvrage était suffisamment enthousiaste pour ne pas nous virer parce que nous avons proposé de la terre. Mais c'est encore un motif de risque. Il s'agit là d'une communauté de commune rurale, qui a été remaniée, et dont c'est sûrement l'unique occasion de faire un projet comme celui-ci, qui représente un engagement important ainsi qu'une grande valeur symbolique. Le fait qu'ils aient choisi ce projet, montre bien qu'ils avaient un engagement fort. C'est d'ailleurs ce qui nous a permis de tenir le projet tout le long, sans le modifier de l'étude à la réception.

La maîtrise d'ouvrage était soumise au TEPCV(Territoire à Energie positive pour une Croissance Verte), ce programme BPOS énergie, qui leur assurait aussi de la subvention, et les engageait à un certain niveau de performance en les sortant de ce qu'ils avaient l'habitude de voir.

IT: C'est en tout cas motivant de voir des projets qui intègrent facilement la terre crue, malgré toutes les contraintes que l'on connaît.

GC : Oui, mais c'est vrai qu'il faut rester vigilant vis à vis de ça, car on est quand même très tributaires des tempéraments, des bonnes volontés, des choses qui ne sont pas quantifiables et reproductibles. Il m'est arrivé de cumuler deux ou trois alignements de planètes comme ça, et je me suis fait quelques frayeurs à côté en réalisant que ce n'était pas toujours le cas. Il faut cultiver les bonnes expériences et les diffuser, tout en restant vigilant sur les conditions de reproductibilité.

IT : J'ai une dernière question à vous poser, dans tous vos projets intégrant la terre, avez-vous déjà été en contact avec les entreprises en amont du DCE ?

GC : Légalement on ne peut pas, car on est en loi MOP. Mais sincèrement, non il n'y a pas eu tant d'échanges. Nous avons quand même sollicité deux ou trois entreprises pour qu'elles répondent, car on avait de bons retours de celles-ci. Mais c'est tout. Même durant le temps de l'offre, nous n'avons pas eu l'occasion d'aller vraiment au contact de l'entreprise. C'est aussi le deal de ce marché. Et avec l'évaluation technique et du prix, ça nous a permis de choisir justement la bonne entreprise, comme en plus nous n'avions pas un budget trop serré, nous n'avions pas à tirer vers le bas les prestations. Et donc la valeur technique a pu être considérée, sans négociation.

IT : Et bien merci pour vos réponses, je vous enverrai le mémoire une fois terminé, si vous le souhaitez.

GC : Avec plaisir, ce n'est pas évident de savoir, d'avoir une image des réflexions en court. On ne sait pas si l'on est sur la bonne trajectoire, ou si on se casse la tête pour rien.

3 | Entretien avec Martin Pointet / BETerre

Date : 12/10/2020

IT : Quels sont les commanditaires qui sollicitent BEterre ? comment se répartit la demande entre architectes, maîtrises d'ouvrage, bureaux d'étude ?

MP : On a 3 types de clients chez BEterre. La grosse majorité sont des architectes qui viennent nous contacter, environ 80 % ou 70 %. Après nous avons des particuliers, pour des diagnostics, environ 20%, et ensuite peut être 10% de bureaux d'étude structure, HQE, qui veulent qu'on intègre leur équipe pour compléter leurs compétences. Pour les diagnostics, on rentre de plus en plus dans des réseaux d'experts judiciaires, ou assureurs qui nous sollicitent de plus en plus.

IT : A part la partie diagnostic avec des particuliers, les projets sur lesquels vous travaillez, sont-ils majoritairement soumis aux lois du marché public ?

MP : Oui, c'est ça, notre activité doit être basée sur 70% de marché public et 30% va en privé.

IT : J'ai quelques questions qui concernent vos missions décrites sur votre site internet BE-terre.com. Est-ce que ça vous arrive de faire des missions d'Accompagnement à la Maîtrise d'Ouvrage (AMO) ?

MP: Non, pas trop. J'ai essayé de postuler une fois pour un concours, celui de la Zac Flaubert, mais je n'ai pas été pris. Et là, on vient d'être re-sollicité pour des projets de la ville de Nantes. Mais non, je n'en fait quasiment pas.

IT : As-tu déjà été sollicité par exemple par le CAUE, pour de la sensibilisation, des visites,... ?

MP : Non pas vraiment, on a commencé à travailler un petit peu avec eux, mais ils ont peu de moyens, ça n'a pas vraiment pris.

IT : La partie diagnostic reste-t-elle dans le cadre privé ? ou vous arrive-t-il d'être sollicités par une maîtrise d'ouvrage publique ?

MP : Oui, on en a fait quelques uns pour des bâtiments publics. Par exemple, les anciennes halles avec des murs en pisé près de l'ancienne gare TGV. Mais la demande est venue d'abord de l'architecte, comme les autres exemples d'ailleurs. J'ai déjà répondu à un petit appel d'offre pour un diagnostic d'une Mairie, mais je n'ai pas gagné. Récemment, à la Côte Saint-André, mais c'est surtout Mathilde Beguin, qui a fait un diagnostic avant l'appel d'offre, dans le cadre d'une pré-étude pour faire le programme. Moi je n'en fais pas trop non, et j'ai l'impression qu'il n'y a pas beaucoup de demande.

IT : Dans les missions que vous proposez, il y a aussi une analyse des ressources disponibles. Quand vous proposez cette mission, est-ce que vous proposez aussi un état des lieux des ressources humaines ? Pour savoir en amont d'un projet, la faisabilité de la réalisation par des entreprises présentes sur le territoire ?

MP : C'est une bonne question, car c'est quelque chose qu'il faudrait qu'on intègre dans nos propositions. Car souvent, c'est bien là où ça bug. Par exemple sur un projet actuellement, on trouve une bonne terre pour faire des adobes, on développe ce choix, mais s'il n'y a pas d'entreprise... C'est quelque chose qu'on fait, d'aller chercher des entreprises, mais comme on ne le facture pas, on le fait à minima, et ça capote un peu ensuite. Alors que si on prévoit un budget pour analyser les ressources humaines, savoir-faire, entreprises, ça pourrait permettre de boucler la boucle. Ce serait bien d'intégrer ça à notre mission. Souvent les mairies ont connaissance de ce tissu économique existant, mais ce serait bien de l'intégrer dans une mission. Maintenant on a le droit de contacter les entreprises avant les appels d'offres, ce qui n'était pas permis avant, c'est encadré aujourd'hui, tu as le droit de solliciter des entreprises en phase étude, pour des conseils, pour leur parler du projet sans trop rentrer dans les détails.

IT : En général, à quelle étape du projet les architectes vous demandent cette mission de

recherche de ressources ?

MP : Alors nous c'est assez récent qu'on le propose. Ça vient rarement des architectes, parce qu'ils sont souvent déjà déterminés dans la technique qu'ils veulent faire. Mais cette mission de « sourcing » est difficile à mettre en place, on a pas le droit d'imposer un matériau à l'entreprise qu'il va le réaliser. On peut faire toute une étude de faisabilité sur une terre locale, et l'entreprise peut très bien choisir d'utiliser des adobes « Claytec », qui sont sûrement moins chères et normalisées. Mais par contre tu peux dire que tu veux un matériau de telle qualité, avec telles caractéristiques.

IT : Mais le CCTP peut servir à guider l'entreprise vers un matériau, en lui donnant toutes les informations et disponibilités ? Pour pousser à l'utilisation d'une terre de site par exemple ?

MP : Oui c'est ça. Les stratégies qu'on a pour utiliser la terre de site, ou pour imposer plus ou moins une terre, comme par exemple sur le projet d'école à Villefranche, on a fait un « sourcing » matériau en phase étude, parce que le bureau de contrôle nous reprochait que nos calculs n'étaient pas assez précis. Du coup on a fait cette étude en amont. On a caractérisé un matériau, fait nos calculs par rapport à ce matériau, et après on demandera à l'entreprise de prendre un matériau qui a exactement ces caractéristiques. Donc forcément l'entreprise ne va pas refaire toutes les études qu'on a fait, et va choisir le matériau. On les oriente donc dans ce sens là, mais sans leur imposer.

IT : Et imposer aux entreprises de faire un prototype ?

MP : Oui, ça on le fait toujours. Nous on l'appelle plutôt le mur d'essai, les architectes plutôt le prototype. C'est vraiment le mur qui va permettre de valider le matériau et sa mise en oeuvre.

IT : A quelle étape du projet les architectes sollicitent-ils BETerre ?

MP : Un peu à toutes les phases. On a des demandes en phase concours, on remplit pas mal de candidatures, peut être 4 ou 5 par mois, avec les architectes qui nous sollicitent pour nos références. Et si on gagne, on fait le projet depuis le début avec les architectes, et c'est plutôt sympa! Mais les concours, on en fait 10 et on en gagne peut être un, donc ce n'est pas le plus courant. Après on est sollicité un peu à toutes les phases. En phase APS, les architectes gagnent un concours, et réalisent qu'ils ont besoin d'aide. Ou en APD, les architectes ont déjà décidé de la technique constructive mais le bureau de contrôle les embête et ils ont besoin d'un coup de main. En phase Pro, c'est un peu moins courant, juste pour des détails techniques. Alors on propose souvent de faire des missions à tiroir, en n'intervenant que ponctuellement sur un truc pour débloquer, ou alors de faire toute la mission complète depuis le début.

IT : Quand les architectes vous contactent, vous arrive-t-il de pousser à changer formellement la conception d'un projet, dans le cas où la logique constructive n'est pas compatible avec la terre ?

MP : On essaye, on essaye.. Vu qu'on est quand même catégorisés comme bureau d'étude, les architectes aiment bien quand même garder leur dessin, et ce qui ne me dérange pas du tout. Mais parfois, on essaye par exemple de leur changer la façade, parce que ça ne marche pas du tout. Mais tu sens que c'est pas ce qu'ils attendent de nous. On peut être force de proposition, mais ce n'est pas là qu'ils nous attendent.

Avant on faisait de l'architecture de terre, maintenant on essaie de mettre de la terre dans l'architecture, (je crois que cette phrase vient d'Arnaud) mais ça amène à des questions intéressantes aussi, il y en a qui veulent faire du bardage en terre..

IT : Comment se passent les séances de travail avec les architectes ? avec quels outils vous communiquez ?

MP : Ça dépend des architectes, on travaille la plupart du temps ensemble lors de réunions avec les

bureaux d'étude, on parle de l'ensemble du projet. Mais on fait aussi des réunions spécifiques terre, ça peut faire évoluer la conception, mais on reste plus sur le détail technique. Les échanges se font par des aller-retours sur plan, et CCTP surtout. Mais on ne travaille pas beaucoup en conception. Mise à part quand on gagne le concours avec les architectes, là, on est plus force de proposition. Par exemple en ce moment avec la ZAC Flaubert, on arrive à les orienter dès le début et à travailler le dessin du projet avec eux. C'était le cas avec Tectonique, des architectes de Lyon pour un projet à Paris. On a vu les possibilités de travailler la terre en façade, mais dès le début du dessin. On arrive à faire ça avec des architectes avec qui on a l'habitude de travailler, ils nous font confiance, nous écoutent. Mais c'est plus difficile avec les architectes qui nous contactent pour la première fois.

IT : Justement, les architectes sont-ils amenés à travailler plusieurs fois avec vous ? où une fois suffit pour ensuite être autonome ?

MP : Oui il y en a quand même qui reviennent. Même si ils commencent à comprendre le matériau terre, ils n'ont pas forcément toutes les connaissances techniques. Et puis, on est aussi demandé de plus en plus pour les références pour monter le dossier de candidature avant un concours. La demande de matériaux biosourcés, géosourcés, se fait de plus en plus, on veut de la terre etc.. Et là nos références leurs sont utiles pour gagner le concours.

IT : Et cette expertise sert aussi à rassurer le bureau de contrôle.

MP : Oui, c'est vrai que ça amène un acteur en plus qui va rassurer, qui ramène cette compétence. Mais alors j'ai remarqué que nous venons plus rassurer la maîtrise d'ouvrage que le bureau de contrôle. On a un parcours plus technique à BEterre, on est tous architectes. Mais pour le bureau de contrôle, on est pas assez ingénieur pour le rassurer. Si vraiment ça bloque au niveau du bureau de contrôle, il faut que j'appelle moi de mon côté, des collègues en structure qui vont parler calculs avec eux.

IT : Donc vous êtes amenés souvent à parler au bureau de contrôle ?

MP : Oui, à chaque fois on nous envoie au casse pipe.

IT : Comment envisagez-vous l'évolution de BEterre ? comme BE structure terre avec des ingénieurs ? comme on le voit pour le matériau bois par exemple.

MP : Non. Je pense que d'un côté les architectes ne vont pas forcément acquérir les compétences techniques poussées sur la matière, les matériaux spécifiques en terre. Eux sont toujours demandeurs de ces compétences en plus dans l'équipe. Alors que c'est vrai que les bureaux d'étude structure, sont en phase d'acquérir ces compétences là. Et là, nous on n'aura plus lieu d'être. Pour moi c'est un peu l'objectif. Les ingénieurs, il y a quelques années, il n'y en avait pas un qui connaissait la terre et savait faire ses calculs. Aujourd'hui, rien que sur Grenoble, même si c'est un cas particulier, il y a quatre bons bureaux d'étude structure qui sont capable de calculer du porteur en terre. D'ailleurs, après les expériences qu'on a avec les architectes, derrière ils nous rappellent. Mais les expériences qu'on a avec les bureaux d'étude, eux ils montent en compétence et après ils ne nous rappellent plus. Cette compétence qu'à BEterre, à terme elle va être absorbée par les bureaux d'étude, qui sont actuellement des BE béton acier, vont vers la terre parce que ça devient nécessaire aussi.

IT : Donc tu dirais que la particularité d'être un bureau d'étude composé d'architectes, n'est pas nécessaire ? que le partage du même langage n'est pas important ?

MP : Le fait qu'on soit tous architectes, c'est un peu particulier, mais en général je dis, BEterre c'est plutôt quelque chose de transitoire, normalement ces compétences vont aller dans les bureaux d'études, et à terme c'est un projet qui à vocation à disparaître. Dans tous les cas, dans une équipe il y aura un bureau d'étude structure, et les BE structure ne supportent pas de travailler avec un autre bureau d'étude structure, c'est impossible. Déjà un BE bois et un BE béton ça ne marche pas du tout. Un moment je

me suis demandé pourquoi ne pas intégrer un peu de structure ou de thermique. Mais au final, je pense qu'il vaut mieux que ces BE structure et thermique intègrent la terre crue dans leurs compétences, c'est plus logique.

IT : Et concernant le « sourcing » ? ou ce qui touche le domaine de la formulation et production de matériaux ?

MP : Oui, les ressources, c'est un peu plus ce que développe Amàco, qui se monte aussi en bureau d'étude. Mais eux ça part plus d'une compétence matière/matériau. Compétence qu'on a aussi, mais eux c'est plus poussé, avec le développement de filière comme ce qu'ils ont fait avec Cycle Terre. Et cette compétence en effet je crois qu'elle ne va pas intégrer un bureau d'étude structure. Celle-ci devrait perdurer. Et ça intègre les diagnostics ressources, analyses labo et matériaux.

IT : Ça t'est déjà arrivé qu'on fasse appel à toi juste pour une journée de réunion / sensibilisation ?

MP : Oui on le fait, d'ailleurs je le propose de plus en plus, on se rend compte qu'une grosse partie de notre travail c'est de la pédagogie, de la sensibilisation. On est énormément sollicités pour des conseils, donc je commence à faire payer ce conseil, comme ça je ne passe plus mon temps au téléphone à expliquer ce que c'est que la construction en terre toute la journée...

IT : J'ai une dernière question sur les assurances. Tu es assuré sur quoi ?

MP : Ah! et bien je me pose la même question. Mais c'est un peu particulier, parce qu'on est à Cabestan. On est 200 salariés dedans, et on a une assurance énorme qui couvre 80 pour-cent de l'activité de Cabestan c'est des artisans, et 20 % c'est de l'étude, donc on est assurés pour la maîtrise d'oeuvre, les diagnostics, conseils techniques, etc... Après le flou qu'on a c'est que normalement on est peu, voire pas assurés pour les techniques non courantes, et la plupart du temps c'est ce qu'on fait.