

Compte-rendu
« Construire en Terre »
05 novembre 2021 – Isère (38)

Logements collectifs – îlot Emma - ZAC Flaubert
(Grenoble 38)

Intervenants :

Pascal AUZENAT (responsable agence Lyon, Groupe coopératif de promotion immobilière Gambetta)
Nicolas DEBICKI et Antoine PETIT (architectes DPLG, atelierpng architecture)
Max MAUREL (MAYA Construction Durable)
Bernard SCHMITT (BE Vessière)



@ atelierpng architecture

Restaurant scolaire Jean Rostand
(Bourgoin-Jallieu 38)

Intervenants :

Séverine REVEL (directrice des bâtiments, Ville de Bourgoin-Jallieu)
Marie ZAWISTOWSKI (architecte, OnSite architecture)
Thomas FORMERY (entreprise Cabestan)
Max MAUREL (MAYA Construction Durable)
Bernard SCHMITT (BE Vessière)
Julien SIMON (prescripteur CEMEX)



@ Benoit Gillardeau

Ecole des collines - Miribel (Valherbasse 26)

Intervenants :

Jean Marie LE TIEC (architecte D.P.L.G., gérant, chef de projet, NAMA architecture)



@ NAMA architecture

Membres de la commission technique

Hugo GASNIER (architecte, GASNIER-ECO et chercheur associé au laboratoire CRATerre)
Laurent DANDRES (contrôleur technique, APAVE)
Christophe MASAT (élu à Saint-André-le-Gaz)

Supports et vidéo à retrouver sur : <https://www.ville-amenagement-durable.org/Construire-en-terre-526>

Introduction

Par Claire VILASI, Chargée de missions, Ville et Aménagement Durable

La revue de projets est un outil régional et partenarial, qui a pour objectif d'évaluer, sur un mode participatif, des projets exemplaires, quel que soit leur état d'avancement, pour améliorer les pratiques et contribuer à une culture commune en matière de construction et d'aménagement durables. Concrètement, trois projets sont présentés par leurs acteurs, suivis d'une discussion constructive, en présence d'un public multi-acteur et d'un comité technique.

Le déroulé pour chacun des trois projets est le suivant :

- 20 minutes de présentation sur 6 axes : Gestion de projet, Approche économique et sociale, Bâtiment dans son environnement, Matériaux, Confort et Santé, Energies et fluides ;
- 25 minutes d'échanges avec la salle initiées par le comité technique, qui établit les points remarquables du projet et une liste de question.

En savoir plus sur :

- Les revues de projets construction et aménagement durables : <http://www.ville-amenagement-durable.org/Revue-de-projets>
- Le Cycle écomatériaux de VAD : <https://www.ville-amenagement-durable.org/Cycle-ecomateriaux>

Présentation de la CAPI

Olivier Tisserand, conseiller communautaire CAPI délégué aux innovations constructives

La Communauté d'Agglomération Porte de l'Isère (CAPI) est un territoire disposant d'un important patrimoine pisé et développe une politique encourageant les constructions et rénovations de ce type. Un plan pisé a été mis en place afin d'accompagner et sensibiliser les professionnels et les collectivités. Ce plan d'actions a pour objectif de répertorier et, à long terme, préserver ces typologies de bâti. Une première phase de pré-inventaire est en cours sur certaines communes pour permettre l'intégration de recommandations dans les Plan Locaux d'Urbanisme.

Présentation des Grands Ateliers

Maxime Bonnevie, directeur des Grands Ateliers

Les Grands Ateliers ont été initiés en 2002 par des enseignants-chercheurs. Une partie d'entre eux ont participé à la création de CRATERre, référence sur les terres crues depuis quarante ans.

Les Grands Ateliers valorisent les pratiques terres crues à travers différentes actions :

- par la formation (initiale et continue) ;
- par la recherche en lien avec amàco et le CRATERre, et des projets de prototypage notamment. (voir projet [Terra Nostra](#) et Cycle terre) ;
- par la sensibilisation de tous les publics :

- via le Terrafibra Awards : prix décerné mondialement à des architectures contemporaines en terre crue et/ou en fibres végétales. Ce prix est remis annuellement à un lauréat sur la base de 40 projets sélectionnés. (<https://www.terrafibraaward.com/>) Cette sélection donne lieu à un livre et une exposition valorisant les initiatives, les acteurs ainsi que les méthodes mises en œuvre sur ces projets exemplaires ;
- via le Festival Grains d'Isère : festival organisé sur le site des Grands Ateliers depuis 2003 ;
- via divers évènements tels que « Terre, Femmes et Savoir-faire », qui a pour objectif de valoriser le travail des artisanes dans le milieu de la construction.

Contexte de la construction en terre

Romain Anger, directeur scientifique et pédagogique, Amàco

La filière terre crue en France a connu une franche évolution ces dernières années. On assiste à :

- un nombre d'acteurs de la terre crue en augmentation, dont certains qui ne sont plus spécialistes de cette construction ;
- des filières qui se structurent
 - par des regroupements d'acteurs territoriaux : les professionnels développent des réseaux professionnels locaux. La région AURA compte trois réseaux : Amàco, CRAterre et Tera ;
 - également par des réseaux nationaux tels que les réseaux Ecobâtir et Asterre par exemple ;
 - par le développement de la recherche sur ces sujets ;
- une multiplication de producteurs de matériaux.

Le cadre assurantiel constitue le frein majeur à une utilisation plus vulgarisée. Les projets ayant mis en œuvre de la terre crue de manière effective ont pour point commun **une coopération forte et bienveillante entre tous les acteurs**. Un fort volontarisme est donc une condition nécessaire au succès sans ce cadre réglementaire. **Le choix de son équipe est structurant pour le Maître d'Ouvrage en particulier.**

Les différents outils réglementaires s'étoffent sur les méthodes terre.

- Le CSTB travaille à la **normalisation des pratiques et matériaux** en parallèle à **l'évolution des règles professionnelles**.
- **Des ATEX** ont été obtenus sur certaines pratiques :
 - type A : ouvrages en maçonneries de BTC → en cours de rédaction
 - type A : ouvrage en maçonnerie de pisé → en cours de rédaction
 - type B : Terre coulée
 - type B : BTC/M/E
- **Des règles professionnelles** existent notamment concernant la mise en œuvre des enduits sur supports composés de terre crue ou encore la construction paille.
- **Les guides de bonnes pratiques** sur les différentes méthodes de construction ont été édités par le Ministère de la Transition écologique et solidaire : torchis (2018), terre allégée (2018), pisé (2018), enduit en terre (2018), brique de terre crue (2020) et bauge (2018).

Suite à une phase de recherche de reconnaissance des potentialités et performances du matériau terre, la problématique de la filière a aujourd'hui changé. Les maîtres d'ouvrages qui veulent

construire en terre cherchent des solutions. Les enjeux de la filière sont de répondre aux demandes des maîtres d'ouvrage et d'encadrer les projets afin de faciliter leur massification. Les échelles des projets développés vont d'ailleurs dans ce sens ces 5-10 dernières années, passant de projets d'habitat individuel à **l'émergence de projets collectif d'envergure**.

Îlot Emma - ZAC Flaubert - Logements collectifs (Grenoble 38)



MOA : Groupe Gambetta

Architectes : atelierpng architecture

Bureau d'études structure : Vessiere

Bureau d'études fluides et environnementales : Maya Concept

Coût : 6 000 000 €HT

Surface : 3120 m² SDP logements + 670 m² SDP commerces

Performance environnementale : a minima E3C2

Etat d'avancement : Phase PC (dépôt en déc. 2021) et livraison prévue en 2024

❖ Aspects remarquables

- Concours lancé en 2020 avec une contrainte préalable d'utiliser la terre.
- Projet qui se veut démonstrateur notamment pour la maîtrise d'ouvrage privée, n'ayant pas les mêmes possibilités financières de proposer des projets à fond perdu. Une forte ambition de mettre en pratique des process financièrement viables et reproductibles.

Gestion de projet

L'équipe est composée d'une équipe locale et spécialisée afin de répondre aux enjeux et ambitions du projet. Cela a permis de répondre notamment au cadre de la ZAC, qui imposait de fortes ambitions environnementales.

Bâtiment dans son environnement

Le projet s'inscrit sur un socle en pleine terre. Le paysagiste, Ateliers des Cairns, a porté une démarche de (re)fertilisation de la terre par les espaces plantés et intègre des jeux de topographie et d'intégration paysagère.

Matériaux

L'équipe de MOE se confronte à l'enjeu de développer des méthodes de construction terre reproductibles et réalistes pour la MOA privée. Les méthodes constructives terre ont été conditionnées par trois items :

- Financier : une exigence de maîtrise des coûts, donc une recherche de solution bénéficiant d'un encadrement réglementaire.
- Social : ce projet pilote a intégré le matériau terre dans son expression architecturale. La valorisation du matériau devait être double : pour la ville, soit visible sur les façades, mais également pour les habitants du projet, soit à l'intérieur du projet.
- Technique : le projet était soumis à de fortes contraintes sismiques, renforcées par un projet en R+5 et des contraintes incendie de logement en 3ème famille.

La technique de la **terre coulée non stabilisée** a été choisie. La méthode constructive en stabilisée se démocratise. La technique en terre coulée permet d'offrir un rapport à la matérialité « terre » pour les passants et a été intégrée sur le socle du bâtiment.

Le complexe de façade est donc : un pied béton surplombé par de la terre coulée en trumeau au-dessus avec une isolation intérieure. Le traitement sera par bouchardage ou sablage pour lui donner un aspect tellurique.

La solution pour les étages a dû être différente en raison du risque sismique, soit un complexe terre-paille avec un enduit extérieur chaux/plâtre, une structure bois afin de positionner la paille, une couche intérieure terre chanvre projetée et un enduit terre. Cela répond aux besoins en isolation, avec une absence de vide d'air. La couche terre-chanvre permet de répondre aux besoins en acoustique, important notamment entre les logements.

Le label E3C2 est visé à ce jour mais la possibilité d'un niveau E4C2 est envisagée.

Les méthodes constructives sont encore en discussion, oscillant entre la construction sur site ou du tout préfabriqué. A ce stade, l'option d'une préfabrication des éléments de façade est pressentie avec fixation sur structure béton.

Confort et Santé

Les essences et implantations d'arbres participent au confort d'été et aux apports de lumière en hiver.

Le confort d'été est assuré également par la forte épaisseur en terre sur les parois et aux propriétés de déphasage du matériau.

La qualité de l'air est assurée par la mise en place de matériaux naturels et par la ventilation naturelle. La ventilation est assurée par des cheminées de gestion, des hygrorégulables et un tirage naturel pour les logements

Energies et fluides

Le projet est raccordé au réseau de chaleur porté par la métropole grenobloise. Le chauffage est réalisé par planchers chauffants / réversibles dans le temps. Une production d'ENR par une solution photovoltaïque est prévue.

Le niveau passif est atteint par l'enveloppe paille.

❖ Synthèse des échanges :

L'option de la terre coulée, qui est la mise en place du matériau terre dans la continuité des méthodes constructives béton (par le biais d'un coffrage), est plus connue dans son format stabilisée. Quelles sont les méthodes que vous mettez en place afin d'assurer la technique en non stabilisée prévue et quels sont les freins éventuels?

Le BE structure développe à travers divers projet ces méthodes de construction terre coulée permettant de diminuer le pourcentage de ciment. Ces projets ont mis en œuvre de la terre coulée stabilisée en façade, sollicitée sur ces ouvrages en tant que porteurs. Les voiles sur ce projet ne sont pas porteurs en termes de statique et ne sont pas liés pour le risque sismique. Le contreventement du bâtiment est réalisé par des refends et des planchers bétons.

Une des particularités est le besoin d'attaches de ces éléments préfabriqués. Le risque sismique induit un risque de chutes des éléments secondaires. Ces attaches seront assurées par des cornières en tête cachées par une planche en bandeau. Ces détails constructifs permettent de fixer ces parois en terre.

Comment vous faites coïncider les matériaux dits « low-tech » et le niveau de labellisation E3C2 visé ?

L'avis de la MOE est qu'il est peut-être plus facile d'être E3C2 avec des solutions lowtech parce que l'enveloppe présente un impact carbone faible et une performance thermique importante. La contrepartie est des épaisseurs de parois importantes.

Le peu de demande en infrastructure bénéficie au bilan carbone. Par ailleurs, le raccordement au réseau de chaleur de la ville bénéficie au bilan ENR énergétique. Cette infrastructure mutualisée permet de viser ces niveaux de performances.

Le niveau E4 qui serait éventuellement visé serait envisagé par l'intégration de photovoltaïque.

En termes de perméabilité à l'air, quelle est le niveau des ambitions ? Est-il prévu de la ventilation mécanique dans les sanitaires ?

Un Q4 à 0,6 m³/ (h.m²) est visé. La solution en ventilation naturelle n'a pas permis de très hautes performances sur ce sujet.

Les sanitaires n'ont pas de ventilation mécanique. Certaines problématiques subsistent sur des logements mono-orientés et certains locaux techniques, qui sont en cours d'étude. Une stratégie différenciée sur la zone jour et la zone nuit est mise en place.

Dans le cadre de l'Analyse Cycle de Vie pour le C2, avez-vous trouvé toutes les FDES ?

Les études ACV sont en cours. Les expériences passées sur des typologies analogues, des estimations et les FDES existants ont été la base de référence. L'engagement de l'équipe se traduit également par cette capacité de traduire les données. Le rôle du BE est également d'interpréter ces données afin de proposer des solutions.

En zone sismique en R+5, quelles sont les fondations ?

Deux types de sols du fait de l'Isère et du Drac. Par chance sur la ZAC Flaubert, le sol est un mélange de graves. Selon la qualité des sols, les solutions peuvent être des colonnes ballastées sèches, ou des pilotis en béton non armé, appelés inclusions rigides.

Quelle épaisseur d'isolation pour les commerces ? Pouvez-vous préciser le R obtenu ?

Les commerces sont considérés en dehors du projet et l'isolation sur ces parties n'entre pas dans le cadre de l'E4C2. Aujourd'hui les solutions techniques ne sont pas encore définitives.

Concernant l'application des enduits chanvre intérieur, est-ce qu'ils sont appliqués sur les murs de refends également en supplément des murs de façades? Est-ce qu'ils participent au calcul d'inertie ?

L'application du chanvre vient répondre aux besoins en acoustique. La paille suffit aux besoins d'isolation. Les refends en béton répondent aux besoins acoustiques, ainsi que les dalles en béton. La question résiduelle était comment on traite la transmission acoustique entre les logements au niveau de la façade ? L'acousticien a positionné cette couche complémentaire comme un ressort d'un système masse pour le voile (structure bois paille) – ressort (chanvre) - masse (enduit terre épais).

Comment répondre aux exigences incendie sur un bâtiment R+5 avec le niveau actuel réglementaire sur les biosourcés?

Les guides de façades sur les bâtiments en bois sont plus nombreux. Les façades sont souvent traitées avec la présence de lames d'air. La volonté était de ne pas proposer des façades avec une multiplication des couches et écrans feu, soit des façades composites. Il existe une importante littérature concernant les essais sur la résistance feu du matériau paille aux USA et en France. Les performances n'étaient donc pas une problématique. Un essai Lepir incendie a été prévu pour la façade afin de répondre au cadre réglementaire.

On identifie donc deux typologies de test :

- Essai donnant lieu à des ATEX qui sont chers et longs
- Essai Lepir qui a pour vocation de traiter la sécurité incendie : Essai à l'échelle 1 :1 (25 000 €).

Tous les essais réalisés à ce jour ont aboutis à des performances coupe-feu 2h. Un essai Lepir sera donc réalisé pour répondre aux demandes assurantielles, mais sans inquiétudes sur la question.

La problématique des matériaux biosourcés et géosourcés entraine une complexité technique qui montre l'importance d'une équipe coordonnée, condition centrale à la réussite d'un projet.

Restaurant scolaire Jean Rostand (Bourgoin-Jallieu 38)



MOA: ville de Bourgoin-Jallieu

Architectes : élèves architectes Master 1 ENSAG + OnSite architecture

Bureau d'études structure : Vessiere

Bureau d'études fluides et environnementales : Maya Concept

Coût : 1 900 000 €HT

Surface : 300 m²

Performance environnementale : NR

Etat d'avancement : livré octobre 2021

❖ Aspects remarquables :

Gestion de projet

- Intégration d'un grand nombre d'acteurs autour de la table avec des objectifs communs dans la phase conception (bureaux d'étude, laboratoires d'étude, équipes pédagogiques, ...) et dans la phase réalisation (mobilisation et valorisation d'artisans et d'entreprises locales). Ce projet avait un objectif démonstrateur dans l'utilisation de matériaux géo et biosourcés locaux mais également dans la valorisation des savoir-faire.
- Intégration d'un fort volet pédagogique dans cette phase de chantier, avec des journées de formation sur site et des visites fréquentes. Les professionnels intervenant sur chantier ont dû intégrer ce critère dans les processus et leurs interventions.
- Implication des laboratoires de recherche : un étudiant chercheur a fait son rapport sur le projet et les pistes d'améliorations des techniques constructives.

Approche économique et sociale

- Mise en place d'une phase de concertation avec les enfants, le personnel d'entretien et les parents d'élèves qui a permis de nourrir le programme qui n'était pas fixe initialement.
- Réalisation dans un cadre particulier de partenariats public-public entre la ville et l'école d'architecture de Grenoble. Ce projet s'inscrivait dans une série de projets et bénéficiait d'un accompagnement pédagogique. Des élèves ont conçu ce projet et mené les temps de concertation.

Matériaux

Le projet regroupe différents matériaux bas-carbone soit du pisé, de la pierre, du bois, du béton végétale projeté.

Le projet s'est fourni à la carrière **CEMEX de Oytier St Oblas** en forte proximité. Pour construire en terre, une strate de gisement spécifique est nécessaire. Les strates de terre en carrière sont composées comme suit : une strate de terre végétale, une strate stérile (chargée en argile), le tout-venant. Après criblage, cette dernière strate intermédiaire est propice à la production de pisé.

La protection des murs en pisé face aux intempéries et aux impacts du chantier pendant la phase de construction est une problématique structurante. Des protections en terre cuite ont été mises en place. Des problématiques de phasage sont intervenues avec un retard sur la livraison des modules

en pierre, résultant à un écart de 7 mois entre la construction des murs en pisé et leur couverture.
Une forte anticipation est nécessaire sur cette thématique.

Le béton végétal projeté a été utilisé comme isolant, notamment sur les parois en pierre. Ce choix est cohérent avec une démarche biosourcée et offre une facilité de mise par œuvre.

Le risque sismique était assez important dans une zone 3. Les solutions de fondations ont été diverses : trumeaux en pisé préfabriqués clavetés avec des chaînages bétons au droit de chaque jonctions, intégration d'un système de tirants-bielle dans le pisé.

Le projet avait initialement été pensé en préfabriqué pisé. Mais du fait de problématiques de bruit, des contraintes liées à la COVID et financières, il a été construit in situ pendant la période estivale.

❖ Synthèse des échanges :

Sur les parties en blocs de pierres, il n'a pas été constaté de négatif, ni de creux et sont à priori sans chaînage, ni raidisseur. Quelle est l'ossature de ces blocs en pierres ?

Les blocs de pierre ont bien été munis d'un chaînage béton armé dans de la pierre.

Le projet ayant été réalisé pendant le pic des restrictions COVID. Connaissant la crise d'approvisionnement, dans quelle mesure ce chantier, utilisant des matériaux de proximité, a-t-il subi les aléas de sourcing ?

L'impact COVID n'a pas été direct, le problème majeur s'est localisé à l'atelier de découpe. Dû à un manque de scies adaptées, il fut difficile de fournir des pierres à la hauteur des exigences de la commande. Les temps de livraisons et l'estimation des difficultés de perçage n'ont pas été anticipés.

Quel était le coût et le budget global travaux, par rapport aux autres opérations réalisées par l'équipe ?

Le montant toutes dépenses confondues comprenant le foncier, la conception et la réalisation est de 1,9 M€ TTC. Ce montant ne prend pas en compte les frais d'exploitation. Dans 25 ans, le retour d'expérience permettra d'avoir le coût effectif de ce type de bâti.

Quelle est la durabilité du pisé en intérieur notamment face à des enfants ? Est-ce que des craintes existent déjà à ce jour et identifiez-vous des actions correctives ?

Sur le pisé, il n'a pas plus de craintes sur ce matériau que sur d'autre mis en œuvre. Dans la phase de conception, ce sujet a été énoncé. Le volet pédagogique du « toucher » et la valorisation de ces matériaux vernaculaires font partie de la démarche

Dans quelle mesure ce montage est reproductible dans le cadre de marché public ?

Le projet n'a pas bénéficié de dérogation aux marchés publics. Le marché de MOE avec une mission de concertation était le seul marché intégrant un volet non « conventionnel » mais cela aurait pu être fait dans le cadre de la loi MOP.

La MOE a bénéficié d'une convention de mécénat avec la ville de Bourgoin-Jallieu et une convention de partenariat entre l'école d'architecture et la ville de Bourgoin-Jallieu a été réalisée afin d'acter que

la conception serait portée par les étudiants. Les enseignants chercheurs, qui accompagnaient le projet, ont une entreprise d'architecture, permettant de porter la signature du permis et les questions assurantielles.

Dans le cadre de la loi sur l'architecture, un article mentionne le cas de figure où des enseignants chercheurs et un établissement public veulent porter ce type de projet d'intérêt général. Une étude juridique a été soutenue à la Région avec participatif de la MAF, l'ordre des architectes. Cette règle encadre les projets qui ne pourraient être réalisés autrement, tel qu'un projet public sans programme comme ici.

Vous avez intégré des tirants en biais pour répondre les exigences sismiques. Si l'option en préfabrication avait été choisie, comment auriez-vous répondu à ces contraintes ?

A ce jour, il n'existe pas de solutions de pisé en préfabrication. Le pisé est utilisé pour ses propriétés plutôt monolithiques, s'apparentant à du béton de site. Ce n'est pas un assemblage de petits éléments. Dans une méthode de préfabrication, on sort donc des méthodes usuelles.

Les pièces, déterminées en phase conception en vue d'une préfabrication mesuraient moins d'1m à 1m20 maximum.

Les solutions qui avaient été imaginées n'étaient pas entièrement satisfaisantes de part une forte consommation de béton et du contact pisé/béton.

Comment les bureaux d'étude ont contractualisé les missions avec le maître d'ouvrage ?

Il y a eu un bon de commande spécifique contractualisé avec chacun des acteurs. Ces projets rassemblent des acteurs engagés et de nombreux partenariats. Les bureaux d'étude, notamment structure ou les bureaux de contrôle ont été associés au processus et sont intervenus auprès des étudiants également à travers des cours. La contractualisation était conforme au code des marchés publics et les montants de missions plutôt bas.

Qu'est-ce qu'un projet d'intérêt général ? Comment cela impacte le projet ?

Le projet d'intérêt général est encadré par un texte législatif et permet la contractualisation par mécénat. Les objectifs peuvent être variés : culturel, lutte contre la précarité et pauvreté, éducatif... Aujourd'hui, ce critère est aujourd'hui en discussion avec le tribunal administratif afin de valider le caractère d'intérêt public du précédent projet de la maison pour tous de Four Dans le cas du restaurant scolaire, la destination du bâtiment lui permet d'être déclaré d'intérêt général.

Conclusion

Ce projet donne la place aux différents matériaux et induit une forte qualité architecturale et d'usage.

Ecole des collines - Miribel (Valherbasse 26)



MOA : SIVOS Haute Herbasse

Architectes : NAMA architecture et Design&Architecture

Bureau d'études structure : Vessiere

Bureau d'études fluides et environnementales : Nicolas ingénierie

Coût : 3 400 000 €HT

Surface : 1 900 m²

Performance environnementale : BEPOS avec environ 100 kW hep/m²/an, lauréat AMI régional Batéco (bâtiment avec éco-matériaux »)

Etat d'avancement : livré en 2019

❖ Aspects remarquables :

- Niveau BEPOS visé. Le projet a répondu à l'appel à manifestation d'intérêt régional Batéco favorisant l'utilisation d'éco-matériaux issus de filières locales
- Programme : mutualisation des équipements scolaires de six communes.

Gestion de projet

- Coordination importante : présence sur le projet de six MOA, des AMO et un groupement technique complet.
- L'équipe MOE a accompagné à la rédaction du CCTP et la contractualisation du marché du bureau de contrôle, ce qui a permis d'assurer un choix en cohérence avec les techniques et matériaux prévus dans la construction. Le bureau de contrôle choisi a accompagné le projet sans réaliser d'ATEX.

Bâtiment dans son environnement

- ERP 4e catégorie
- Zone sismique 3

Matériaux

La démarche a été « **l'utilisation du bon matériau au bon endroit** ». Le choix du matériau s'est basé en fonction des critères mécaniques, thermiques, acoustiques, d'inertie et financier.

En extérieur :

- En façade : valorisation du matériau terre sur un pisé porteur mais qui non utilisé pour ces capacités thermiques puisque doublé. Le matériau est, sur des zones, porteur sur deux niveaux.
- Bois avec isolation paille avec une architecture de masse,
- Des façades rideaux en verre afin d'apporter lumière et calories solaires.
- Vêtue zinc sur les façades Nord, notamment.

En intérieur : utilisation du pisé et terre crue assurant la portance, permettant d'exploiter les capacités d'inertie, hygrothermiques et acoustiques.

La toiture est végétalisée, participant à la gestion des eaux pluviales, ou accueille les panneaux photovoltaïques. Elle est en bois / paille.

Confort et Santé

- Gestion par les usagers des brise-soleils.

Energies et fluides

- 4 Centrales de Traitement d’Air – Ventilation double flux
- 2 Chaudières granulés
- 200 panneaux PV

❖ Synthèse des échanges :

Quels ont été les choix d’études/de tests pour permettre aux techniques non conventionnelles utilisées dans ce projet de répondre aux exigences réglementaires et assurantielles ?

1. En phase étude : Vessière a produit **un modèle aux éléments finis** permettant de justifier la tenue sismique de l’ensemble structurel de l’ouvrage (bois/béton/pisé).
2. En phase DCE : en s’appuyant sur l’expertise du CRAterre, nous avons rédigé un **CCTP pisé** permettant à l’entreprise de justifier ses matériaux et ses ouvrages et au bureau d’étude structure et bureau de contrôle de vérifier les points critiques. A été intégrée aux CCTP **l’identification des capacités matériaux, les ressources à proximité, les protocoles de mise en œuvre et les autocontrôles** durant la phase chantier.
3. En phase passation des marchés : une **note méthodologique et une synthèse de références** ont été demandées aux entreprises.
4. En phase chantier : nous avons donc demandé une **mise au point du matériau** en amont du chantier :
 - Granulo-sédimento, TEO, Masse volumique, Rck ;
 - Réalisation d’un mur prototype à l’échelle 1 : estimé indispensable afin de s’assurer que les entreprises maîtrisent les process, pour le bureau de contrôle, ainsi que la maîtrise d’ouvrage afin de s’assurer que la commande est cohérente avec leur projection ;
 - Un suivi d’autocontrôle par le responsable de chantier a été mis en place.

Les limites de capacité de mise en œuvre pour le pisé sont importantes. Les périodes de construction ne sont pas toujours propices malgré sur ce projet un travail de phasage. Elles ne sont pas toujours prises en compte par les architectes et les plannings d’élaboration de chantier. L’anticipation calendaire est très compliquée et ces temps de pose subissent frontalement les retards. La mission d’OPC doit également adapter ses pratiques et la définition des intempéries sur cette technique du pisé.

Quels sont les retours d’expérience ?

L’érosion est classique mais la mise en œuvre de protections adaptées suffit à prévenir l’érosion du pisé.

Sur la question des usages, les retours ont été positifs. La conception bioclimatique induit des règles d’usages du bâtiment qui doivent être appropriées. A ce titre, les brise-soleils manuels ne sont pas instinctifs pour tous les enseignants. Par ailleurs, la difficulté, pour un bâtiment bénéficiant d’une gestion automatisée par double-flux, est l’ouverture par les usagers des fenêtres, venant contrecarrer le principe centralisé de cette technologie.

Mot de la fin

Laurent MARMONIER, Co-président CAPEB Isère, Co-président association APLOMB, Co-gérant SARL MAÇONNERIE NATURE : artisan maçon, architecte, développant une activité de restauration des bâtiments en pisé.

Le développement de la terre comme matériau constructif vient répondre à de nombreuses problématiques sociétales :

- **Un levier pour diminuer les pressions géopolitiques** : en diminuant la demande en énergie et en matériaux à des pays moins développés ainsi que les émissions pour leur extraction et transport.
- **Amélioration des conditions de vie des ouvriers** : les travaux les moins valorisés ou les plus difficiles sont portés par les populations les moins qualifiées et souvent en situation irrégulière. Les améliorations dans les techniques de mise en œuvre augmentent le niveau global de compétence de la filière.
Alerte sur la systématisation des constructions en préfabriqué : les constructions en préfabriqué obligent une production industrielle. Les gestes professionnels développés sont donc répétitifs et peu attractifs.
- **Le confort dans le bâtiment pour les usagers.**
- **Gestion du bâtiment en fin de vie** : le refus des pays orientaux de traiter les déchets sur leurs territoires incite à réfléchir aux matériaux, à leur fin de vie et oblige leur diminution.