SOLUTION BAS CARBONE

LA CONSTRUCTIO POINTE SON NEZ DANS LA COUR DE

TEXTE : FRANÇOIS PLOYE
PHOTOS : ATELIER DES VERGERS/GALLET ARCHITECTES, VINCENT BOUTIN, VLADIMIR DE MOLLERAT DU JEU/NTSA, HEMAA ARCHITECTES, PAUL KOZLOWSKI, MIL LIEUX, SALEM MOSTEFAOUI, NAMA ARCHITECTURE, STUDIO ERICK SAILLET, BENJAMIN VERGÉLY

Utilisé depuis des siècles pour l'habitat traditionnel dans plusieurs régions françaises et dans le monde, le pisé est réapparu en douceur sur les chantiers depuis une décennie. Au-delà de sa disponibilité, la terre possède de multiples qualités : faible impact environnemental, durable, incombustible, régulateur d'humidité et naturel… Mais de nombreux défis sont à relever pour que son usage se développe de manière indifférenciée, à l'intérieur ou à l'extérieur, en remplissage ou en murs porteurs y compris en zone sismique.

Photo © Benjamin Vergély
L'immeuble Ideal à Lyon Confluence est un bâtiment de bureaux en R+2, livré en 2021 par l'agence Clément Vergély Architectes, avec en façade 14 arches en pisé porteur.

N EN PISÉ S GRANDS

Depuis des siècles, la terre crue est largement mise au service de l'habitat vernaculaire rural en France suivant plusieurs techniques traditionnelles que sont la bauge (faite de mottes empilées), l'adobe (briques mélangées avec de la paille et séchées), le pisé (terre humide tassée en coffrage) ou le torchis (en remplissage). La terre est une ressource locale, abondante et recyclable qui apporte son inertie thermique à l'ouvrage. «*De plus, la terre laissée brute sans isolant ni doublage est un bon régulateur du taux d'humidité de l'air intérieur. D'ailleurs, une grande partie de nos projets en terre crue privilégie un usage en intérieur, qui apporte un grand confort. Les murs extérieurs peuvent garder de la perspirance dans le cas d'un isolant intérieur biosourcé, mais leur capacité à réguler l'hygrométrie est amoindrie*», confie Olivier Gonzales, ingénieur structure, directeur «Bâtiment Toulouse» du bureau d'études (BE) TPF Ingénierie.
Ces dernières années la multiplication de beaux projets en neuf avec des murs massifs porteurs en pisé a démontré la capacité de cette technique à répondre aux cahiers des charges des constructions modernes. L'architecte Matthieu Fucks est co-gérant de l'agence d'architecture nancéenne MilLieux, qui a recours au pisé – de préférence au béton – depuis plus d'une quinzaine d'années afin d'apporter de l'inertie thermique à ses projets qui font beaucoup appel au bois. L'agence compte à son actif environ dix réalisations en pisé auxquelles s'ajoutent des projets employant de la terre coulée ou des Briques de terre crue (BTC). «*La finition d'un mur en pisé avec ses strates et sa rugosité est un élément fortement différenciateur, apportant sa valeur ajoutée à l'ouvrage. Sur tous nos projets, la terre crue est utilisée – parfois associée à un autre matériau – pour réaliser des éléments porteurs du bâtiment et non en parement. Par manque de cadre réglementaire ou de textes normatifs, la technique artisanale du pisé a peu évolué ces dernières années. Sur chaque nouveau projet, il est toujours nécessaire de faire ses preuves et de convaincre le contrôleur technique. Un autre sujet est de trouver le gisement de matière et l'entreprise possédant le savoir-faire. Pour l'instant, le marché du pisé demeure marginal*», résume Matthieu Fucks. Une évolution positive pour l'homme de l'art est de réussir à mieux prendre en compte en amont les contraintes spécifiques d'un projet et à mieux anticiper l'organisation des différentes phases.

Prévoir de «bonnes bottes»

Sur la quasi-totalité des projets, la terre de pisé est utilisée non stabilisée, c'est-à-dire non mélangée avec du ciment ou de la chaux. L'enjeu est que ce matériau naturel soit réellement bas carbone et recyclable. Autre constante, le respect de l'adage «*Bonnes bottes et bon chapeau*». Les murs extérieurs en pisé sont ainsi construits sur un soubassement en pierre ou en béton qui protège la terre des remontées d'humidité du sol et sont protégés en tête des intempéries par de grands débords de toiture. Pour des raisons esthétiques, le pisé est laissé brut sur sa face extérieure révélant ses strates, sa matière et sa rugosité. Ainsi l'agence Atelier des Vergers a livré en juillet 2023 le chantier de l'école Violette-Maurice à La Talaudière (42) en association avec l'agence d'architecture Gallet Architectes ▷▷▷

1 Photo © Atelier des Vergers – Gallet Architectes

▲

1 Les façades de l'école Violette-Maurice à La Talaudière (42) ont été dessinées selon une trame de 180 cm de largeur alternant de manière régulière des pleins, les trumeaux en pisé assez épais de 60 cm d'épaisseur, et des vides fermés par les menuiseries.

▶

2 Pour la façade en pisé de la Casa Franca (maison parisienne livrée en 2023 par Déchelette Architecture), la terre a été fournie par la Briqueterie Dewulf à Allonne (60). Le piseur était l'artisan grenoblois Vincent Robin, membre du réseau Cabestan.

2 Photo © Salem Mostefaoui

(mandataire). Associé de l'Atelier des Vergers, l'architecte Vincent Danière décrit le projet : «*En pratique, pour réguler la température et l'hygrométrie de l'ambiance intérieure, nous souhaitions que le matériau terre soit visible dedans et dehors, ce qui excluait d'isoler le pisé. Aussi nous avons réservé son usage aux façades orientées sud. Les efforts d'isolation ont porté sur le soubassement en béton ainsi que sur les autres orientations des façades à ossature bois isolées en paille et assorties d'un enduit terre en finition.*»

La première commande avec du pisé de l'architecte Philibert Déchelette, cofondateur de l'agence Déchelette Architecture, fut la Casa Franca[1] à Paris (18e arrondissement). Commandée par l'artiste Sarah Valente et sa Fondation Greenline, cette habitation hybride a été livrée en 2023. La façade sur rue est en pisé autoportant de 50 cm d'épaisseur sur soubassement en béton. Orientée ouest, elle a été réalisée sans isolation, laissant la terre et sa matérialité visible de l'intérieur. Le dernier étage, un peu en retrait, libère l'espace pour une terrasse mais des couvertines en aluminium de 10 cm de débord viennent protéger la terre en tête de la façade et à l'endroit des ouvertures. Avec l'aide de BETerre et du bureau de contrôle Qualiconsult, le pisé a été réalisé sur site pour construire la façade de trois niveaux de 9 m de hauteur par 6 m de largeur. Indépendante en termes de charge de la structure bois, elle est maintenue aux planchers par des équerres en nez de dalle. «*La technique du pisé s'est révélée assez contraignante en milieu urbain du fait du temps de séchage. En effet, chaque niveau demandait un mois de pose suivi d'un mois de séchage, soit* ▷▷▷

[1] *Lieu entre résidence d'artiste, atelier et bureau de sa fondation pour l'écologie.*

Photo © Hemaa Architectes

EXPLOITER LES TERRES D'EXCAVATION DE LA MÉTROPOLE DU GRAND PARIS

Un des objectifs environnementaux de la Métropole du Grand Paris est de réemployer dans la construction une partie des terres excavées. Cette ambition s'est concrétisée avec la création en 2020 d'un démonstrateur industriel : Cycle Terre.

Dans son atelier de Sevran (93), l'entreprise Cycle Terre a entre autres fabriqué des BTC (Briques de terre crue) en grande quantité pour plusieurs ouvrages olympiques mais elle a malheureusement dû fermer ses portes en avril 2024. Elle fournissait aussi de la terre à pisé à l'exemple du chantier confié par la Ville d'Évry-Courcouronnes (91) à la maîtrise d'œuvre Hemaa Architectes, et aux bureaux d'études ANA Ingénierie (structure) et BETerre (terre crue), et prévu en livraison à la fin de l'été 2025. L'architecte et cheffe de projet Hortense Le Coniac détaille le projet : « *Les murs porteurs de 50 cm d'épaisseur sont en pisé non stabilisé mais les angles sont renforcés avec des lits de chaux, un mélange de sable et de chaux qui est mis en place dans le coffrage du pisé une strate sur deux. La terre du site n'a pas pu être utilisée parce qu'elle était polluée.* » Fondé par Martin Pointet, le bureau d'études grenoblois BETerre a réalisé sur le projet la mission de sourcing de matières premières et de formulation du pisé. Son gérant, Leonardo Egas, explique que « *le mélange pisé a été réalisé avec la terre d'excavation de la Métropole du Grand Paris du secteur de la ZAC Aérolians (93). Il a ensuite été malaxé dans la fabrique de Sevran avec un granulat de sables et graves provenant de Saint-Martin-la-Garenne (78).* » La cessation d'activité de Cycle Terre a imposé de trouver un nouveau fournisseur de terre qui puisse délivrer des volumes importants rapidement. C'est la coopérative bruxelloise BC Materials qui a fourni la terre venant de travaux d'excavation pour les 25 % restants de pisé non réalisé.

L'entreprise de gros œuvre Donato Construction a réalisé 1 200 m² de murs en pisé porteur pour les bâtiments de plain-pied de ce programme comprenant un centre de loisirs, un groupe scolaire et un équipement sportif.

en tout six mois pour réaliser la façade. Plus récemment en septembre 2024, nous avons livré à la SEM[2] Seine Ouest Habitat et Patrimoine l'immeuble en R+4 des Quatre Cheminées à Boulogne-Billancourt (92), conçu en privilégiant les matériaux biosourcés et non façonnés », met en avant Philibert Déchelette. Le programme comprend 8 logements sociaux (de type T1) et 1 commerce. Le soubassement en pierre de taille côté rue orientée sud-ouest est surmonté d'une façade en pisé préfabriqué et isolé par l'intérieur en laine de bois (12 cm d'épaisseur).

Mixité des matériaux

Pour l'antenne toulousaine du bureau d'études structure TPF Ingénierie, la première mission sur un projet en terre crue a été l'extension de l'IUT de Génie civil de Tarbes, réalisée avec l'agence Mil Lieux (mandataire) et l'agence locale GP Architectes. Livré en 2021 à la région Occitanie, ce chantier Bepos E3C1[3] de 3 485 m² présente une très bonne performance énergétique tout en intégrant une démarche de réduction de son empreinte carbone. « *Toutes les façades sont en pisé sur soubassement béton, protégé par un large débord de toiture et isolé par l'intérieur par des panneaux de coton recyclé (Métisse). Le pisé est aussi utilisé sur deux niveaux pour une façade de l'IUT qui donne sur une rue intérieure. Une difficulté particulière du projet résidait dans l'utilisation du pisé comme élément structurel porteur, dans une zone classée en sismicité 4 (aléa moyen), ce qui a nécessité des solutions techniques spécifiques* », confie Olivier Gonzales.

La solution retenue est celle d'une structure mixte bois et terre. Les murs tant intérieurs qu'extérieurs sont construits en modules bois et pisé armé par des tiges filetées en acier pour répondre aux efforts de traction. De plus, côté intérieur, des croix de Saint-André servent de contreventement, venant reprendre les efforts horizontaux dans le plan de cisaillement. « *Des essais sismiques réels réalisés à l'Institut technologique FCBA de Bordeaux ont validé le fait qu'il était possible de s'affranchir des croix de Saint-André mais elles ont été imposées par le bureau de contrôle. Le pisé est donc dit non porteur. Néanmoins, la terre participe à la reprise des efforts en cas de séisme et est capable de dissiper une grande quantité d'énergie* », argumente Olivier Gonzales. Faciles à déplacer du fait du cadre en bois, les modules ont été fabriqués à l'abri en atelier par le charpentier Pyrénées Charpentes.

À la recherche du bon gisement de terre

Une étape importante est de trouver un gisement de terre exploitable et situé à proximité du chantier, possédant les bonnes caractéristiques. La terre à pisé contient un mélange en proportions équilibrées de liants (argile et limon) et d'agrégats de différentes tailles (sables, graviers et cailloux). Si la proportion de liant est trop faible, le pisé risque de s'effriter, et si elle est trop élevée, des fissurations peuvent se produire par manque d'agrégats. « *Il existe un riche patrimoine vernaculaire en pisé et un savoir-faire préservé chez les artisans principalement autour de Lyon, Grenoble et Clermont-Ferrand, contrairement à notre région Grand Est. Toutefois, des compétences traditionnelles liées à l'utilisation de la terre crue ou cuite sont* ▷▷▷

3 Assemblage et finition des blocs en pisé préfabriqué de la façade sur rue de l'immeuble des Quatre Cheminées à Boulogne-Billancourt (92) réalisé par l'agence Déchelette Architecture. Le reste de la structure est essentiellement en bois avec des planchers en CLT, et un mur ossature bois côté jardin et en béton pour la dalle du rez-de-chaussée ainsi que pour le noyau comme exigé par les pompiers.

3 Photo © Salem Mostefaoui

[2] *Société d'économie mixte.*

[3] *Bepos (Bâtiment à énergie positive), qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme.* ***E3:*** *niveau 3 d'efficacité énergétique (sur une échelle de 1 à 4, 4 étant le plus performant).* ***C1:*** *niveau 1 de réduction carbone (sur une échelle de 1 à 2, 2 étant le plus performant), selon le label E+C- (expérimentation qui a préfiguré la réglementation environnementale actuelle RE2020).*

4 Façade en pisé d'une rue intérieure de l'extension de l'IUT de Tarbes réalisée par l'agence Mil Lieux. En saison chaude, l'inertie de la terre peut être mobilisée pour faire du *free cooling*.

4 Photo © Vincent Boutin

Photo © Paul Kozlowski

Photo © Nama Architecture

PRIX « MATERIA AWARD 2025 » : LA COMPLÉMENTARITÉ DES MATIÈRES

Organisé par Les Grands Ateliers[1] et amàco[2], avec le concours de plusieurs partenaires, ce Prix mondial des architectures contemporaines[3] met à l'honneur l'architecture frugale en récompensant des bâtiments construits en matériaux bio et géosourcés.

Le Materia Award est ouvert aux bâtiments neufs ou rénovés, construits sur tous les continents, avec une quantité significative de terre, de pierre et/ou de fibres végétales, et livrés depuis janvier 2013.
Cette quatrième édition s'inscrit dans la continuité des trois prix précédents : Terra Award 2016, Fibra Award 2019 et Terrafibra Award 2021.

Périmètre et catégories du concours

Le prix a été lancé le 5 décembre 2023 avec un appel à candidatures comprenant 9 catégories : « Équipement public socio-médical » ; « Équipement public scolaire » ; « Équipement public sportif » ; « Équipement public culturel » ; « Bâtiment d'activités » ; « Habitat collectif » ; « Habitat individuel » ; « Aménagement intérieur ou extérieur » ; « Installation artistique ou pavillon éphémère ».
Deux catégories transversales sont également proposées : « Projet pédagogique » et « Réhabilitation et rénovation », avec un accent particulier mis sur les projets de rénovation lors de cette édition.

Sélection et valorisation des projets

Le processus de sélection s'est déroulé en deux phases :

- en avril 2024, un premier jury a sélectionné 40 écoconstructions finalistes, choisies pour leurs propriétés esthétiques, leurs avantages constructifs et leurs bénéfices environnementaux ;
- le jury a choisi en juin 2024 5 lauréats parmi ces finalistes.

Les projets finalistes bénéficieront d'une visibilité internationale grâce à une exposition itinérante et un livre co-produits avec les éditions du Pavillon de l'Arsenal. L'exposition, qui sera inaugurée à Paris en 2025, mettra en lumière l'écoconstruction à travers la description de bâtiments illustratifs et la présentation d'une dizaine de prototypes. ■

[1] Organisme de formation professionnelle et continue en architecture. Pour en savoir plus : https://www.lesgrandsateliers.org.
[2] Centre de formation, de recherche et d'expérimentations. Pour en savoir plus : https://amaco.org.
[3] Pour en savoir plus sur Materia Award 2025 : https://www.materiaaward.com/le-prix.

Photos © Paul Kozlowski

◀ Un des finalistes de l'édition 2021 des Terrafibra Award est l'école des Collines de Valherbasse livrée en 2019 par les agences Design & Architecture (mandataire) et Nama Architecture associés. Avec murs en pisé non stabilisé damé sur site et isolation en paille.

présentes dans presque toutes les régions de France et peuvent être valorisées», estime Matthieu Fucks. Sur chaque chantier, l'enjeu est d'exploiter une terre de préférence locale, qui soit qualifiée et testée. Dans le cas de l'IUT de Tarbes, la terre issue du terrassement d'un chantier autoroutier voisin a été mise en œuvre par le piseur Fabrice Tessier, de l'Atelier Terres et Traditions à l'Isle-Jourdain (32).

Quant au chantier lyonnais Ideal Confluence de l'agence Clément Vergély Architectes, le piseur Nicolas Meunier (Le Pisé) a mené la prospection des sites de terrassement. Pour ce projet, le gisement de terre vient d'un chantier situé à une trentaine de kilomètres à Saint-Quentin-Fallavier (38). «*Dès le départ, nous avons travaillé avec le bureau d'études structure Batiserf Ingénierie ainsi qu'avec le laboratoire de l'ENTPE*[4]*. Ce dernier a effectué l'ensemble des essais pour caractériser la terre en amont du chantier, sa performance en compression et son taux d'humidité*», détaille Stefan Jeske, architecte, chef de projet à l'agence Clément Vergély Architectes.

Dans le cas de l'extension de l'école Jean-Macé à Villefranche-sur-Saône (69), livrée en 2023 par l'agence NTSA Architectes (Nicolastoury SA), l'architecte Hana Samet, cheffe de projet, explique «*qu'en phase PRO-DCE*[5]*, une recherche approfondie a été menée sur les différentes carrières environnantes, capables de fournir les plus de 1000 tonnes de terre nécessaires aux 800 m² de façades en pisé. Des essais menés sur une présélection de terre ont permis de sélectionner la carrière du Cheval Blanc à Saint-Pierre-de-Chandieu (69), exploitée par Cemex, pour fournir le piseur Archivolte au fur et à mesure de l'avancée du chantier.*»

Citant le chantier de l'école Violette-Maurice, à La Talaudière (zone sismique 2), l'architecte Vincent Danière souligne que «*l'utilisation de la terre du site aurait été compliquée à gérer pour un artisan seul, à savoir le piseur Thomas Formery du réseau Cabestan. Le gisement provient finalement d'une carrière située à Oytier-Saint-Oblas (38). La terre a été fournie calibrée, prête à l'emploi, dans une teinte chaude un peu rouge qui nous convenait.*»

Un acteur important de la filière terre crue est l'architecte Arnaud Misse, associé et cofondateur de l'agence Nama Architecture, chercheur au laboratoire CRAterre à Grenoble et maître de conférences à l'ENSAG[6]. Coauteur avec son associé Jean-Marie Le Tiec du livre *Construire en pisé*, publié en 2020, il raconte: «*Après quelques petites expérimentations en pisé, nous avons réalisé un premier projet important démarré en 2012 et livré en 2014, celui de l'Inrae*[7] *d'Orléans à Ardon (45) qui abrite le CEES (Conservatoire européen des échantillons de sol). Ce chantier a été conduit en collaboration avec l'agence Design & Architecture. La terre d'excavation du site s'est révélée très sableuse et manquant de liant pour constituer seule le pisé. Elle a donc été enrichie avec un complément d'argile et de gravier provenant d'une carrière de la région.*» Le pisé a été employé pour les murs intérieurs (60 cm d'épaisseur) de l'espace conservatoire situé au cœur du bâtiment, qui conserve les échantillons de sol à un climat régulé. De plus, deux murs extérieurs en pisé porteur, isolés de manière conventionnelle, sont situés à l'entrée du bâtiment. Pour garantir la résistance sismique du pisé (la commune étant en zone sismique 1), l'action prioritaire consistait à réaliser un chaînage horizontal pour bien répartir les efforts, suivant les recommandations de Bernard Schmitt, du BE structure Batiserf Ingénierie.

En 2019, ces mêmes agences livraient le Groupe scolaire intercommunal des Collines à Valherbasse (26), souhaitant également exploiter la terre du site avec les piseurs Heliopsis et Archivolte. La terre utilisée (issue du terrassement) présentait une bonne granulométrie mais, après essai, son pouvoir collant s'est avéré un peu faible. «*Généralement, le coût d'un chantier en pisé varie entre 450 et 800 euros le m² de façade. Sur nos chantiers, nous parvenons à maintenir un coût de l'ordre de 450 à 550 euros le m². Ce coût dépend de la complexité des ouvrages, du coffrage, du nombre de réservations à effectuer...*», complète Arnaud Misse.

5 Photo © Paul Kozlowski

5 La mise en œuvre du pisé de l'Inrae d'Orléans (Nama Architecture et Design & Architecture) a été confiée à des entreprises grenobloises, Caracol et Heliopsis.

6 Le gisement de terre pour les murs et refends en pisé porteur réalisé sur site de la Maison de santé et pharmacie d'Eloyes (agence Mil Lieux) vient d'une ancienne carrière de fabrication de tuiles.

7 Groupe scolaire des Collines, à Valherbasse (26), par Nama Architecture et Design & Architecture: le pisé a été utilisé en extérieur et pour réaliser un grand mur intérieur très épais, qui longe le couloir de circulation et lui apporte de l'inertie.

Sortir de l'exception pour les façades en pisé porteur

Un exemple de réalisation avec des murs en pisé porteur est la Maison de santé et pharmacie d'Eloyes dans les Vosges (88), un chantier Bepos de 729 m² livré en 2024 par l'agence Mil Lieux avec l'aide de BETerre. Situé en zone sismique 3 (aléa modéré), ce bâtiment est composé de deux niveaux avec un soubassement en béton. Les murs extérieurs ainsi que les refends sont en pisé épais (60 cm). Un système de renforcement structurel par l'incorporation de géogrilles dans le pisé vient améliorer sa résistance au séisme.

Un autre exemple significatif est le Groupe scolaire des Collines de Valherbasse (26), situé dans la Drôme en zone sismique 3, et livré en 2019. Le pisé a été mis

[4] *École nationale des travaux publics de l'État.*
[5] *PRO: études de projet. DCE: Dossier de consultation des entreprises.*
[6] *École nationale supérieure d'architecture de Grenoble.*
[7] *Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement.*

Photo © Mil Lieux 6

Photo © Paul Kozlowski 7

en œuvre en intérieur dans un couloir de circulation et en extérieur sur la façade principale, où il est isolé par une solution de doublage conventionnelle (le reste du bâtiment étant isolé en paille). Cet établissement scolaire de 5e catégorie, partiellement construit sur deux niveaux, devait répondre à deux exigences réglementaires : la stabilité au feu et la résistance sismique. Face à ce double défi, Arnaud Misse rappelle qu'il n'y avait « *ni de Règles professionnelles, ni de normes, et très peu de documents de référence sur la technique du pisé. Néanmoins, nous avions accumulé de l'expertise sur le sujet via CRAterre avec un premier document rédigé qui nous a permis d'avancer avec le bureau de contrôle Veritas dont l'interlocuteur était Jean-Pierre Schwartz (aujourd'hui chez Alpes Contrôle), et le BE structure Vessiere & Cie fondé par Bernard Schmitt.* » La résistance mécanique minimale requise (environ 1 MPA en compression) a été atteinte assez facilement. La résistance en traction a été validée et justifiée par le recours à des raidisseurs verticaux ajoutés dans les murs en pisé, sous forme de barres d'acier dans un fourreau reliant le soubassement en béton au chaînage horizontal haut.

L'école Jean-Macé à Villefranche-sur-Saône, classée en zone sismique 2, est également un exemple instructif. Outre la rénovation de l'existant livrée en janvier 2024, le chantier comprenait l'extension de deux bâtiments d'équerre constitués d'une structure hybride composée de béton et de pisé porteur pour les murs périphériques. « *BETerre a travaillé sur le sourcing de la terre et a apporté son expertise spécifique à la mise en pratique du matériau. En phase DCE, une phase de caractérisation et d'essais de la terre à partir d'éprouvettes cylindriques a permis de justifier sa capacité structurelle dans le cadre réglementaire prédéfini. Ensuite, pendant les études, des essais sismiques ont été réalisés au Laboratoire grenoblois 3SR dont les résultats ont été fournis au BE structure sur le projet, AIS Ingénierie, nécessaires à son modèle numérique 3D et à ses calculs sismiques* », détaille Hana Samet (NTSA Architectes). Les façades en pisé porteur, de 70 cm d'épaisseur au rez-de-chaussée et 50 cm en R+1, sont isolées par l'intérieur en fibres de bois (12 cm) avec un contreplaqué lasuré, sauf en façade sud donnant sur les circulations qui bénéficient d'un confort accru. Les acrotères ont été montés après coup, moitié béton et moitié pisé sur 30 cm en habillage pour assurer la continuité visuelle de la façade. ▷▷▷

LES PIONNIERS DE LA PRÉFABRICATION

Une agence d'architecture expérimentée en pisé comme Mil Lieux a réalisé son premier chantier avec de la préfabrication dès 2011 en montant un atelier dans un hangar voisin. De rares prestataires proposent leurs services.

Sur le chantier Ideal Confluence de l'agence Clément Vergély Architectes, le recours à la préfabrication était séduisant en raison de la forme des arches. L'architecte et chef de projet, Stefan Jeske, assure que «*peu d'entreprises maîtrisent la préfabrication du pisé. Nous avions le choix entre deux artisans, l'autrichien Martin Rauch, qui loue un atelier à proximité d'un projet donné, et un artisan local qui a été choisi, Nicolas Meunier, fondateur de l'entreprise Le Pisé. Il avait déjà travaillé avec nous en phase études pendant la conception du projet avant DCE.*» La préfabrication des 286 blocs en pisé s'est faite sur site dans le petit atelier forain développé par l'artisan. Les blocs les plus sollicités devaient sécher plus de six mois. Environ 80 blocs de rez-de-chaussée et d'angles ont ainsi été réalisés dès la première année à partir du printemps 2019 et laissés à sécher sur site pendant l'hiver. En revanche, la deuxième année, les petits blocs étaient posés encore humides dès qu'ils étaient décoffrés. «*Le système en partie automatisé et développé par Nicolas Meunier préserve la santé de l'équipe, avec un résultat plus homogène et d'une grande précision pour des éléments de gros œuvre avec seulement quelques mm de tolérance sur la longueur du bâtiment*», se félicite Stefan Jeske. Plus récemment en 2024, Déchelette Architecture a livré l'immeuble des Quatre Cheminées à Boulogne-Billancourt (92), conçu et réalisé avec l'aide du bureau de contrôle Alpha Contrôle et du BET Axoé. La façade en pisé d'une surface de 80 m² (12 m de hauteur par 10 m de largeur) est autoportante sur 4 niveaux, désolidarisée de la toiture et fixée en nez de dalle par des équerres. Son épaisseur est de 70 cm au premier niveau et de 50 cm pour les étages supérieurs. Afin de tenir compte des contraintes de planning, les blocs de pisé ont été façonnés et séchés en atelier par la jeune entreprise lyonnaise Terrio, créée en 2022 par Vincent-Pierre Freudenreich et Stéphane Kirkland. La pose sur site a été réduite à trois semaines. «*Nous avons utilisé de la terre de déchets d'une carrière qui se trouve à 8 km de notre atelier à Saint-Priest (69). Les blocs fournis sur ce chantier – une centaine – mesuraient en moyenne 1,2 m de long, 80 cm de hauteur et 50 cm d'épaisseur*», décrit Vincent-Pierre Freudenreich.

Photo © Salem Mostefaoui

Photo © Studio Erick Saillet

(photo du haut) **Pour la façade en pisé de l'immeuble des Quatre Cheminées à Boulogne-Billancourt (92), le préfabricateur Terrio a formé l'entreprise de gros œuvre STB-LBTP, qui n'avait pas d'expérience sur ce matériau, à la manutention et à l'assemblage des blocs sur site.** (photo du bas) **Pour la reprise des efforts, les murs en pisé de l'immeuble Ideal Confluence de 80 cm d'épaisseur au rez-de-chaussée se réduisent de 15 cm à chaque niveau.**

“Lors du séchage de la terre, il peut se produire un retrait horizontal de 5 mm sur une longueur de 3 ou 4 m, d’où la nécessité de prévoir des joints de fractionnement”

Photo © Atelier des Vergers – Gallet Architectes 8

8 Grâce au soin apporté aux interfaces bois-pisé à l’école de La Talaudière, la valeur de l’étanchéité à l’air mesurée en fin de chantier est proche du niveau Passivhaus, allant bien au-delà des objectifs initiaux d’étanchéité prévus aux marchés des entreprises.

Photo © Vladimir de Mollerat du Jeu – NTSA Architectes 9

9 Les murs périphériques de l’extension de l’école Jean-Macé de Villefranche-sur-Saône sont en pisé. Le phasage entre le béton et le pisé a été organisé suivant la méthode dite en touches de piano et à l’aide de deux grues.

Des chantiers soignés et sous surveillance

Le principe du pisé est que la terre crue est malaxée et humidifiée puis déposée entre les banches du coffrage par fines couches successives de 15 à 20 cm, qui sont compactées par damage. Traditionnellement, la terre est versée avec des sceaux et tassée manuellement. La technique s’est largement automatisée, avec un malaxage et un versement en hauteur par des engins comme le godet-malaxeur suivi d’un damage pneumatique. Sur les chantiers, la protection de la terre vis-à-vis des intempéries est un des multiples points de vigilance. L’école Violette-Maurice à La Talaudière (42) est un bâtiment performant (niveau E4C2) construit avec des matériaux locaux (bois labellisé, paille et pisé porteur). La démarche a été validée par les bureaux d’études fluides Maya et structure Arborescence spécialisé bois. «*Pendant les études et le chantier, nous avons sollicité les services de BETerre. Le pisé étant porteur, un point d’attention fut qu’en phase provisoire, tant que la charpente n’était pas posée, le pisé n’était pas contreventé. La stabilité latérale des blocs n’était pas assurée en cas de choc accidentel sur le chantier. Un autre sujet était la qualité de l’étanchéité à l’air pour répondre à des objectifs thermiques ambitieux*», confie Vincent Daniere. Pour cela, il était essentiel de soigner les détails et de veiller à la mixité des matériaux (pisé et bois). Pour préparer ces interfaces, des pièces de bois verticales à queue-d’aronde (type de liaison mécanique entre deux pièces) ont été insérées lors de la pose des banches de coffrage. Après damage, ces pièces se sont naturellement liées au pisé et tiennent sans clou ni vis. Le chantier a bénéficié de conditions climatiques favorables et le pisé a été réalisé en un mois environ.

L’architecte Hana Samet relève un autre point de vigilance : «*Lors du séchage de la terre, il peut se produire un retrait horizontal de 5 mm sur une longueur de 3 ou 4 m, d’où la nécessité de prévoir des joints de fractionnement.*» Sur le chantier d’extension de l’école Jean-Macé, à Villefranche-sur-Saône, elle raconte que les menuiseries verticales ont été «*assez faciles à incruster entre les trumeaux de pisé. Ce fut plus compliqué pour les petites fenêtres en quinconce. Des chevêtres en bois ont été incrustés dans le pisé lors du coffrage servant de support bois contre bois pour les menuisiers.*» Comme le damage doit se faire à un certain taux d’humidité, il faut aussi gérer et protéger le stockage de la terre sur le chantier. En hiver, il faut la retourner pour l’aérer et la bâcher, tandis que l’été, il faut régulièrement l’arroser. «*Le choix des entreprises est déterminant*, ajoute Hana Samet. *Ainsi nous avons sélectionné un piseur expérimenté, capable de mobiliser jusqu’à 12 piseurs en moyenne sur le projet. Un autre point important est la bonne synergie entre les entreprises du béton et du pisé. Lors de l’appel d’offres, nous avons conseillé une cotraitance sur le lot “Gros œuvre” au lieu d’une sous-traitance, afin de faciliter la mise au point de solutions communes*». Le pisé a coûté 600 €/m², sans compromis sur les surfaces prévues initialement. ■