

EXPÉRIMENTATIONS MISES EN OEUVRE DE MATÉRIAUX BIOSOURCÉS

2. LA TERRE TORCHIS

Davu Dago - Projet Pilote
Présentation d'un projet de
construction de 17 logements
innovants à Doujani, Mayotte.

Julien Beller Architecte Davu Dago 2026



**BANQUE des
TERRITOIRES**



**Caisse
des Dépôts
groupée**



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

epau



Direction du projet de recherche : Julien Beller Architecte - JBA
Suivi d'expérimentation et reporting : Marine Guérineau JBA, Julie Soldet JBA
Crédit photos hors mentions : JBA

Projet : Construction de 17 logements en semi-collectifs à Doujani, Mayotte
Maître d'ouvrage : Etablissement Public de Reconstruction et de Développement de Mayotte
Maître d'œuvre : JBA architecte, BE structure Stratégie Bois, BE fluides Efuzif
Entreprise de fourniture et mise en œuvre de la terre MBS (Maoré Building Services, entreprise de mise en œuvre du latis bambou : AMG (Atelier Menuiserie Générale), fourniture bambou du latis : Mada Habitat (Madagascar), entreprise de fourniture du bambou des murs prototypes : Lilo Bambou (Mayotte)
Accompagnement et mise en place de chantiers école : association Likoli Dago.
Partenaires :
GIP l'Europe des projets architecturaux et urbains, programme Engagés pour la Qualité du Logement de Demain
Ministère des outre mer et Plan Urbanisme Construction Architecture via ToTem (Un Toit pour Tous en Outre Mer)
Soutiens : Action Logement, laboratoire AMP de l'ENSAPLV,
EPRDM, Art-Terre Mayotte



Torchis de terre fibrée sur lattis de bambou
Mur expérimental, RDC bâtiment F,
JBA, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2025.

Iconographie

JBA, ossature bambou du mur
expérimental, RDC bâtiment F, Davu Dago,
Doujani, Mayotte, 2025.

TABLE DES MATIÈRES

Préambule	7
Contexte d'écriture de cet ouvrage	
Chapitre I : La construction en terre	14
1. La filière terre à Mayotte	
2. Les techniques constructives en terre crue	
3. Point d'arrêt sur le torchis	
4. Point d'arrêt sur l'enduit	
Chapitre II : Le torchis	42
1. Recherches préliminaires	
2. Le mur expérimental	
3. Essais en laboratoire	
4. Le mur prototype	
Chapitre III : Les enduits	94
1. Recherches préliminaires	
2. Le mur expérimental	
3. Essais en laboratoire	
4. Le mur prototype	
Conclusion	115
Annexes	116



Iconographie

JBA, mise en oeuvre torchis, RDC bâtiment
F. Davu Dagò, Doujani, Mayotte, 2025.



CONTEXTE D'ÉCRITURE DE CET OUVRAGE

Naissance du projet Davu Dago

Dans le cadre d'une opération de Résorption de l'Habitat Insalubre de grande échelle située à Doujani, quartier de Mamoudzou, l'EPFAM Établissement Public Foncier et d'Aménagement de Mayotte pilote le projet d'aménagement et contacte l'agence d'architecture JBA pour un projet de logements tiroirs. Ces logements devront permettre aux familles dont les logements sont détruits de se loger en attendant la construction des nouveaux bâtiments ; ainsi la reconstruction du quartier pourra se faire de manière phasée en gardant les habitants sur place.

L'importance stratégique de ces premiers logements construits dans le quartier pourra donner la tendance aux futures constructions. C'est pour ces raisons que l'EPFAM et JBA ont décidé de développer un projet ambitieux et expérimental, que nous appellerons DAVU DAGO, répondant aux différentes problématiques de production de logements à Mayotte. L'approvisionnement en matériaux est compliqué et cher ; il a donc été décidé d'utiliser un maximum de ressources bio et géo sourcées locales, soit le bambou et la terre. Le climat tropical chaud humide demande des solutions bioclimatiques adaptées telles que la ventilation naturelle, une gestion de l'hygrométrie et des températures intérieures ; une conception traversante avec de nombreuses casquettes solaires et des matériaux aux caractéristiques adaptées ont été disposés avec attention. La nécessité de diminuer le reste à charge pour les futurs habitants impose un faible cout de fonctionnement du bâtiment et la mise en place de solutions passives ; par exemple par la récupération des eaux de pluie ou la mise en place de façades pouvant s'ouvrir complètement. Les typologies classiques et leurs surfaces ont été adaptées aux différentes situation et notamment aux familles nombreuses pour promouvoir les espaces communs et optimiser les espaces de nuit. Le projet s'inscrit donc dans une démarche globale fondée sur les principes de bio-climatisme, de circuits courts, de développement d'une économie locale, de l'utilisation de matériaux bio et géo sourcés, d'innovation, de contemporanéité et de répliquabilité.

Iconographie

JBA, mise en oeuvre torchis, RDC bâtiment
F, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2025.



Alors que ce projet est en train de naître, le programme EQLD « Engagés pour la qualité du logement de demain » porté par GIP EPAU lance un AMI. Celui-ci vise à développer un ensemble d'actions contribuant à expérimenter via des projets les solutions abordables permettant de concilier l'amélioration de la qualité de vie au sein du logement avec les impératifs de sobriété écologique et de qualité architecturale. JBA et l'EPFAM décident de répondre et JBA développe rapidement le projet tel un concours pour mettre en avant ses différentes facettes expérimentales. Le projet est retenu pour être soutenu et valorisé. Dans ce cadre, des financements en ingénierie ont permis de stabiliser l'utilisation du bambou et de la terre comme matériaux de construction. A travers l'échantillonnage, benchmark les études constructives existantes, l'analyse des échantillons et mélanges, les études des techniques de traitement, des assemblages et le prototypage grandeur nature.

Par ailleurs, JBA et l'EPFAM décident de répondre au concours TOTEM lancé par le Plan Urbanisme Construction Architecture (PUCA), porté conjointement par le Ministère des Outre-mer et le Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. Ce concours vise à encourager de nouveaux modes de conception et de construction d'un habitat digne, à coût maîtrisé, mobilisant des ressources locales et duplicables à grande échelle pour les ménages modestes. Le projet Davu Dago est lauréat de TOTEM « un toit pour tous en Outre-Mer », et est accompagné par un financement en ingénierie porté par Action Logement Service dont l'objectif est d'accompagner les évolutions sociales et technologiques. Dans une dynamique de recherche, le financement soutient l'expérimentation d'un nouveau mode de construction.

Le système constructif mis au point pour le prototype de logement à bas coût DAVU DAGO est simple et répétitif.

Le bâtiment se divise en trois grandes parties : - une base en béton posée sur des pilotis et fondations isolées afin de permettre l'implantation dans un terrain en pente importante, celle-ci assure une assise stable, antisismique, anticyclonique et pérenne pour l'ensemble du bâtiment. - une ossature légère composée de portiques en bambou et de murs en lattes bambou avec un remplissage en terre allégée sous la forme de torchis. - une couverture, des casquettes et des façades en tôle, matériau industriel simple et efficace que l'on retrouve fortement dans le paysage architectural mahorais.

Les objectifs de ce projet auxquels TOTEM est particulièrement attentif sont : - Expérimenter un nouveau mode de construction durable à Mayotte - Développer un modèle d'habitat itératif, simple et reproductible pour faire face à la précarité et au manque de logements à Mayotte - Développer un modèle d'habitat social qui tient compte des modes de vies des habitants.



Iconographie

JBA, mise en œuvre torchis, RDC bâtiment
F, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2025.



Forts de la mission de maîtrise d'œuvre confiée par l'EPFAM, de l'accompagnement par les programmes EQLD et TOTEM, le projet DAVU DAGO s'est précisé et concerne aujourd'hui la réalisation de 17 logements répartis dans 6 bâtiments. Les études du projet Davu Dago ont débuté par un travail de recherche approfondi sur les techniques constructives traditionnelles en bambou et en terre, à la fois localement et à l'international, afin d'identifier des modes de mise en œuvre adaptés au contexte mahorais, à ses usages, à son climat et à la diversité de ses terrains. Ces études continuent tout au long du projet et de son chantier pour ajuster et adapter les techniques en fonctions des entreprises et des aléas.

Le chantier a démarré en octobre 2024 et se poursuit actuellement, les techniques constructives ont été stabilisées, des prototypes ont permis d'affiner certains détails et la livraison prévisionnelle est pour fin 2026.

Afin de valoriser le travail de recherche et d'expérimentations sur DAVU DAGO pour permettre à d'autre de s'inspirer des pistes explorées, deux livrets ont été produits : l'un consacré au bambou, l'autre à la terre/torchis.

Le premier livret présente les recherches menées sur le matériau bambou, son usage en construction, le cadre réglementaire associé, les modalités d'importation, ainsi que les réflexions de conception développées pour le projet Davu Dago. Il retrace également l'ensemble du processus, de la conception à la réalisation, en intégrant les prototypes à l'échelle 1 nécessaires à la validation de ces techniques innovantes.

Le deuxième livret sur la terre mise en œuvre sous la forme de torchis présente les recherches menées sur la terre, son usage en construction, le cadre réglementaire associé, l'état de la filière à Mayotte, ainsi que les réflexions de conception développées pour le projet Davu Dago. Il retrace également l'ensemble du processus, de la conception à la réalisation, en intégrant les échantillonnages, tersts de mélanges et prototypes à l'échelle 1 nécessaires à la validation de ces techniques.



Iconographie

JBA, mise en œuvre torchis, RDC bâtiment
F, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2025.



C'est avec grand plaisir et intérêt que nous avons mené ces recherches et expérimentations. Nous remercions les différents partenaires ayant permis d'aboutir à un projet concret de construction de logements semi-collectifs. L'optimisation et l'hybridation d'anciennes techniques constructives fait la qualité du projet DAVU DAGO. Nous sommes impatients de livrer l'opération pour enrichir ces livrets de témoignages et d'images des logements habités.



Chapitre I

La construction en terre

1. La filière terre à Mayotte
2. Les techniques constructives en terre crue
3. Point d'arrêt sur le torchis
4. Point d'arrêt sur l'enduit

Iconographie

JBA, mise en oeuvre torchis, RDC bâtiment
F, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2025.

A close-up photograph of dry, cracked earth. The soil is a rich, reddish-brown color and is covered in a network of deep, irregular cracks that form a complex, web-like pattern across the entire surface. The texture appears rough and brittle.

La construction en terre compte parmi les plus anciennes manières de bâtir. Des immeubles centenaire de Shibam au Yémen aux terrasses de Ghadamès, la terre a été pendant longtemps le moyen de construction le plus répandu dans le monde. Aujourd'hui encore, plus de cinquante pour cent de la population mondiale vit dans un logement en terre.

On compte de nombreuses manières de construire avec le matériaux terre, CRAterre a réalisé un travail de classification de ces diverses techniques que l'on retrouve représentées sur la roue ci-contre. Voici quelques une de ces modes d'utilisation

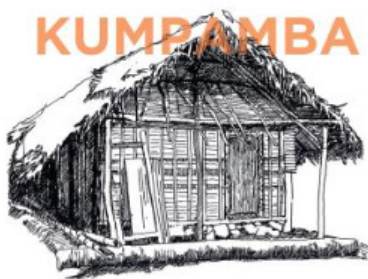
1. LA FILIÈRE TERRE À MAYOTTE

L'histoire de l'habitat à Mayotte est intimement liée à l'usage de la terre, matériau central des constructions vernaculaires traditionnelles, aux côtés du bois, des fibres végétales et de la pierre. Jusqu'aux années 1980, près de 90 % des logements étaient constitués de structures légères associant treillis de bois ou de bambou, raphia et torchis (terre mélangée à de la paille), comme dans les cases traditionnelles (case trotro, case kripi). Ces habitats, inscrits dans un mode de vie collectif organisé autour du shanza (parcelle-cour), reflétaient le fonctionnement social mahorais et reposaient sur la musada, un système d'entraide et de transmission des savoir-faire assuré par les fundis.

Historiquement, plusieurs types de fibres étaient employés dans la construction : le rachis des feuilles de raphia (rufia en shimaoré), utilisé en remplissage voire en structure, le bambou (mbambu), employé comme ossature principale des murs en torchis ou comme lattis support du mélange, les fibres de vétiver, les feuilles de bananier, la bourre de coco ou la paille de riz, utilisées comme fibres liantes dans les mélanges terre-fibres, les palmes de cocotier tressées (mtsévé ou mgaba) pour les revêtements intérieurs ou le cloisonnement, les palmes de cocotier en rameaux pour le chaume de toiture, les bardeaux de manguier pour les couvertures.

Les cases traditionnelles végétales

KUMPAMBA



BURU



FANDRAKA

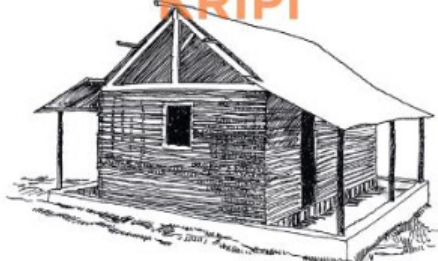


KETI KETI



Les cases traditionnelles en terre

KRIPI



TROTRO



Iconographie

Atelier Ya Hazi'ne 02, L'habitat
traditionnel mahorais, avril 2019.

L'évolution démographique de l'île — de moins de 50 000 habitants en 1980 à environ 450 000 aujourd'hui — a profondément transformé les modes de construction, les matériaux employés et le paysage architectural mahorais. Trois grandes périodes structurent ainsi l'évolution de l'habitat : l'habitat traditionnel en terre et fibres locales (cases et bangas), la case SIM à partir de la fin des années 1970, construite en brique de terre comprimée (BTC), puis l'habitat contemporain, majoritairement édifié en parpaing et en béton à partir de matériaux importés. La case SIM constitue un tournant majeur. Issue d'un vaste programme d'habitat social porté par la Société Immobilière de Mayotte (SIM), elle permet l'accession à la propriété sans endettement pour des familles modestes, avec leur participation directe à la construction.

La brique de terre comprimée devient alors un matériau emblématique. Produite localement à partir de terre mahoraise et de pouzzolane, elle offre une solution économique, performante et adaptée aux contraintes climatiques et sismiques du territoire. Entre 1980 et 2000, près de quarante millions de briques sont mises en œuvre, représentant environ dix mille logements. La filière terre valorise les ressources locales, génère des emplois et affirme une identité architecturale forte, tout en limitant l'usage du béton aux éléments strictement nécessaires (dalles, chaînages, dispositifs de résistance aux cyclones).

À partir des années 2000, la filière terre entre progressivement en désuétude. Ce déclin s'explique par plusieurs facteurs. D'une part, la terre est perçue comme un matériau associé au passé et peine à incarner la modernité à laquelle aspirent de nombreux Mahorais. D'autre part, si un mur en BTC est moins coûteux en matériaux qu'un mur en béton, sa mise en œuvre nécessite davantage de temps et de main-d'œuvre qualifiée. Enfin, la départementalisation de Mayotte entraîne une normalisation des pratiques constructives qui exclut progressivement la BTC des cadres réglementaires. La majorité des briqueteries de l'île ferment alors, ne laissant subsister que quelques fundis produisant en très faibles quantités pour des particuliers.



Iconographie :

En haut, Harappa, Collège de Dzoumogné en pierres locales et BTC, Dzoumogné, Mayotte, 1989.

En bas, Société Immobilière de Mayotte (SIM), Exemple de cases en BTC, Mayotte, 1982.

Dans les années 2010, une redynamisation de la filière terre s'opère à l'échelle du territoire, portée par des maîtrises d'ouvrage engagées. Le concours du Lycée des Métiers du Bâtiment de Longoni (LMB) en constitue un exemple emblématique : le rectorat y exprime la volonté que l'établissement soit « une vitrine du savoir-faire mahorais, ainsi qu'une démonstration que l'importation des matériaux de construction et la dépendance aux énergies fossiles ne sont pas une fatalité à Mayotte ». Deux démarches complémentaires sont alors engagées : la réactivation de la filière de production et la normalisation de la BTC.

En 2018, un ATEx de type B est obtenu pour le projet du LMB, grâce au travail de l'association ART.Terre. Cette autorisation, initialement limitée à un système constructif spécifique — structure en béton et remplissage en BTC — et à une durée de trois ans, permet néanmoins d'initier l'élaboration d'une règle professionnelle, obtenue en 2022, garantissant désormais l'usage pérenne de la BTC sur le territoire mahorais.

La redynamisation de la filière repose sur un ensemble d'actions et d'acteurs coordonnés : des associations (Likoli Dago, ART.Terre, CAUE de Mayotte) ; des artisans réunis au sein d'une coopérative de briquetiers accompagnée par la Chambre des Métiers et de l'Artisanat ; des dispositifs de formation (LPO de Dzoumogné, LPO de Chirongui, AFPA, formations financées par l'ADEME) ; des maîtrises d'ouvrage publiques et privés engagés (SIM, EPFAM, rectorat, communes) ; ainsi que de nombreuses équipes de maîtrise d'œuvre (Encore Heureux, Co-architectes, Harappa, L'Atelier Architecte, JVO3, GRZ, Julien Beller Architecte, Air Architectes, Endemik, Tandem). Des aides financières, comme celles attribuées par Électricité de Mayotte (EDM) aux constructions en BTC en 2020 et 2021, viennent compléter ces dispositifs.



Dans ce contexte, Mayotte devient un laboratoire de recherche, d'expérimentation et de développement autour de la construction vernaculaire locale. Des colloques et temps d'échange — tels que le cycle Terre SOMA —, des supports de vulgarisation comme la bande dessinée Le béton et le bambou, des concours de maîtrise d'œuvre tels que TOTEM (Un Toit pour Tous en Outre-mer), ou encore des appels à projets structurants (comme le projet AMATECO - Atelier Mahorais des Terres à Construire - porté par Art. Terre) contribuent à la diffusion et à la consolidation de ces réflexions.

Aujourd'hui, Mayotte est ainsi marquée par une transition rapide entre traditions constructives, habitat social innovant et urbanisation contemporaine. Si la terre reste présente, principalement sous forme de BTC, les savoir-faire anciens — notamment le torchis — demeurent peu documentés et fragilisés. Un travail de recherche, de transmission et de réinterprétation apparaît désormais nécessaire, dans une perspective à la fois culturelle, sociale et, environnementale.

Iconographie :

A gauche - ART.TERRE, ATEX de type A « Ouvrages en maçonnerie de BTC – Pareois et murs », mai 2018.

A droite - ART.TERRE, Règles professionnelles BTC Mayotte, juillet 2022.

2. LES TECHNIQUES CONSTRUCTIVES EN TERRE CRUE

La Brique de Terre Compressée

«Les BTC, sorte de pisé en briques, sont fabriqués dans des presses qui compriment de la terre humide et pulvérulente. Cette technique récente présente, comme celles des adobes, les avantages liés à la maçonnerie de briques. Si faire appel à une presse demande un investissement plus conséquent, les blocs obtenus sont immédiatement stockables, contrairement aux adobes qui doivent sécher sur de vastes aires de production avant de pouvoir être manipulés.»

amàco. (s.d.). BTC, Briques de Terre Comprimée.



La brique de terre compressée (BTC) est aujourd'hui la technique de construction en terre la plus répandue à Mayotte. Elle est réalisée à partir d'un mélange de terre, de ciment et d'eau, mis en forme à l'aide d'une presse. Jusqu'en 2018, la production reposait sur des presses manuelles, limitées à environ 300 briques par jour. L'acquisition d'une presse semi-automatique permet désormais d'atteindre une production d'environ 3 000 briques par jour. Les formats de BTC varient selon les presses utilisées allant de 11 et 22 cm. Popularisée dès les années 1980 avec la construction des cases SIM, la BTC constitue aujourd'hui une composante majeure du paysage bâti mahorais. Le travail d'associations telles qu'ARTerre a contribué à encadrer réglementairement cette technique, favorisant sa diffusion. Des projets structurants, comme le Lycée des métiers du bâtiment de Longoni, participent à sa reconnaissance et à sa mise en valeur.

L'adobe

*"Argiles, limons et sables sont mélangés à de l'eau pour atteindre l'état plastique. Les briques (9*11*22cm) sont ensuite damées à la main, démoulées et mises à sécher au soleil sur le sol. Les briques séchées sont utilisées comme des parpaings et montées avec un mortier de liaison fabriqué avec de la terre. Cependant, leurs résistance étant assez faible, l'adobe ne permet pas d'ériger des éléments structuraux."*

GIRAUDEAU-WARDEN, A. & RONDIN, M. Atlas Filière: Mémoire, ENSA Nantes, 2023

Traditionnellement il existe deux manières de réaliser des briques d'adobe. Les briques peuvent être réalisées dans des moules de petite taille, elles sont alors mise en œuvre à l'état plastique, semblable à de la pâte à modeler. Elles peuvent également être réalisées à la main, sans moule, avec une terre de consistance plus solide. Les plus vieilles briques d'adobe réalisées de cette manière dateraient du VIII^{ème} millénaire avant JC.

Iconographie

1. Encore Heureux – CO Architectes, Lycée des métiers du bâtiment, Longoni, Mayotte, 2025
2. Kéré Foundation, Logement des enseignants, Gando, Burkina Faso, 2004.

La bauge

«Ce n'est pas tant son étrangeté que sa beauté qui m'émeut. Nul ornement, nulle surcharge. Sa pure ligne courbe, qui ne s'interrompt point de la base au faite, est comme mathématiquement obtenue. On y suppose intuitivement la résistance de la matière. Cette case est faite à la main comme un vase, c'est un travail non de maçon mais de potier.»

André Gide, Voyage au Congo, 1929, Gallimard



La bauge est une technique traditionnelle de construction en terre crue, utilisée depuis des millénaires dans de nombreuses régions du monde. Elle consiste à élever des murs en mettant en œuvre la terre à l'état plastique, parfois enrichie de fibres végétales pour améliorer la cohésion, sans ajout de liant minéral (chaux, ciment). La bauge peut être réalisée directement sur place, par superposition de levées de terre, ou sous forme préfabriquée, avec des modules assemblés ensuite.

À Mayotte, la bauge est utilisée dans l'architecture vernaculaire, notamment pour les murs de cases et d'annexes. Elle permet de construire avec des matériaux locaux facilement accessibles et adaptés aux conditions climatiques tropicales, tout en offrant des performances thermiques et environnementales intéressantes.

Le pisé

Le pisé est aujourd'hui une des manières de construire en terre les plus prisées des architectes. A la fois par sa solidité et par la possibilité esthétique qu'il offre, le pisé permet de construire des édifices de grande

envergure tout en répondant à des exigences thermiques fortes. Des artistes comme Martin Rauch ont aidé la redécouverte de cette technique ancestrale et sa modernisation.

En réalisant des couches de différentes terres dans un même coffrage, on découvre les particularités de chacune, formant un mur unique aux différentes couleurs et textures.



Iconographie

1. Anna Heringer, METI School, Rudrapur, Bangladesh, 2016.
2. Marin Rauch, Nk'Mip Desert Cultural Centre, Osoyoos, Canada, 2006.

3. POINT D'ARRET SUR LE TORCHIS

“Le torchis est une technique de remplissage d’ossature avec un mélange de terre fibrée. Torchis, vient de « tordre », de « torche », car sa pose traditionnelle consiste à poser de la paille ou du foin torsadés dans une boue ou pâte de limon argileux sur des éclisses ou des gaulettes entre les colombage”

Traité de construction en terre – CRA Terre, Hugo Houben, Hubert Guillaud – édition

Parenthèses, janvier 2006

Contrairement à la BTC, à l’adobe ou au pisé, le torchis n’est pas une technique porteuse. Il consiste en un lattis en bois associé à un remplissage de mélange terre-fibre, et repose sur une structure porteuse (poteaux-poutres) en bois, béton ou métal. Dans les faits, toute terre à bâtir, qu’elle soit peu ou très argileuse, peut convenir à la confection du torchis, à condition d’adapter la composition du mélange et la mise en œuvre. Les terres fines et argileuses, souvent sujettes à la fissuration au séchage, sont généralement associées à des fibres végétales, qui jouent un rôle d’armature interne et limitent les craquelures. Les terres plus sableuses et limoneuses peuvent, quant à elles, être utilisées sans fibres. Le torchis mobilise une grande diversité de fibres, choisies selon les ressources locales et le type de construction. Les critères principaux sont la souplesse et la résistance à la traction, afin de limiter la fissuration et d’améliorer le comportement thermique du matériau.

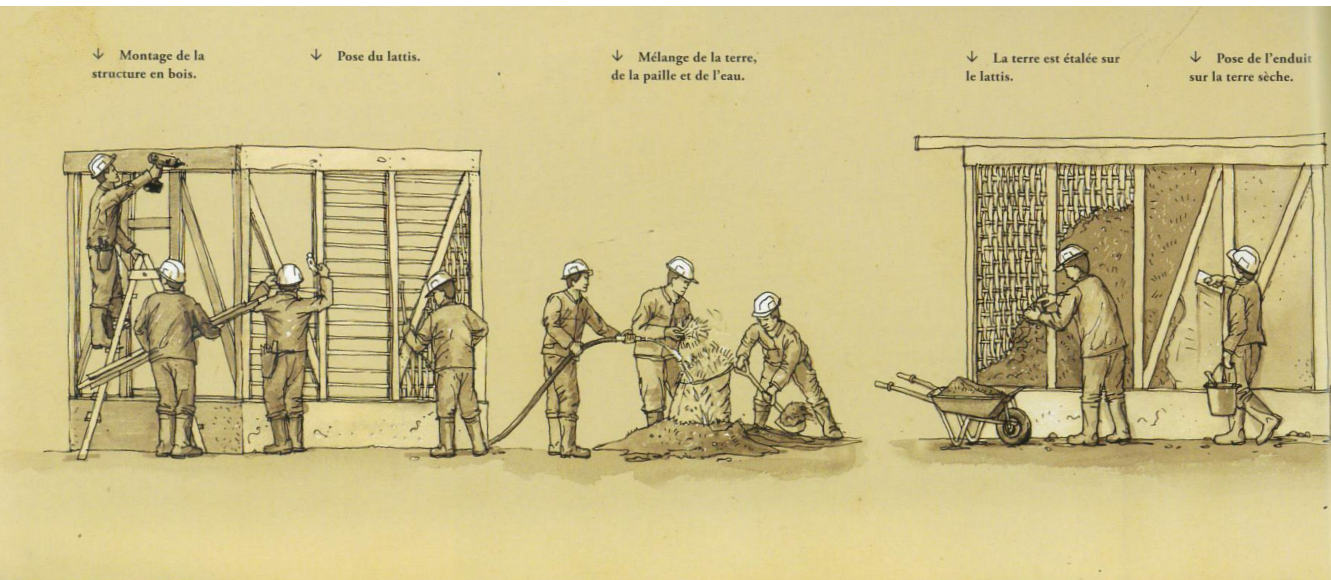
Le torchis



Iconographie

1. Patricio Merina Mella, Pavillon viticole artisanal, Quella, Cauquenes, Chili, 2012.

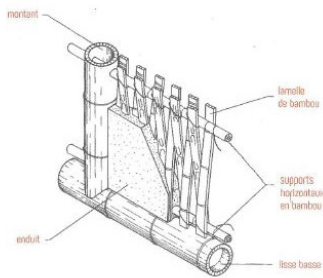
Mise en oeuvre du torchis



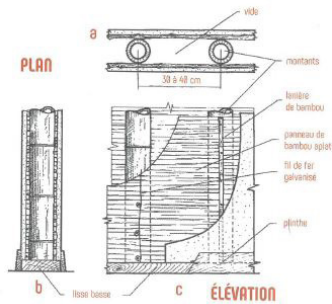
La réalisation du torchis se passe en plusieurs étapes :

- 1-** La première étape de construction du mur est de monter la structure en bois.
- 2-** Il s'agit ensuite de réaliser le lattis en bois ou lame de bambou. Les lames sont alors fixées à la structure en bois. Pour la technique quincha, cette étape est celle du tressage.
- 3-** Le mélange composant le mur est réalisé à proximité du mur. Traditionnellement, on réalise un trou dans le sol que l'on remplit de terre et de fibres. L'eau est ensuite ajoutée afin d'obtenir la texture souhaitée. Le mélange est réalisé
- 4-** La terre est appliquée sur le mur.
- 5-** Une fois le séchage du mur terminé, on réalise un enduit en 2 ou 3 couches suivant la technique utilisée.

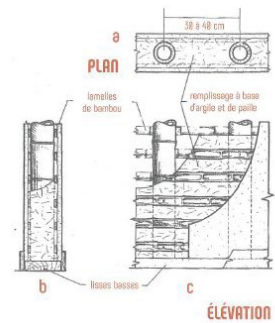
Les différents types de poses



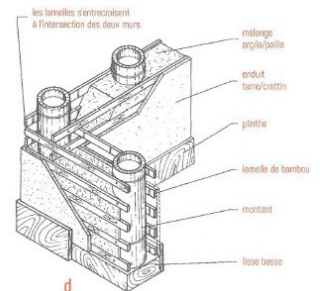
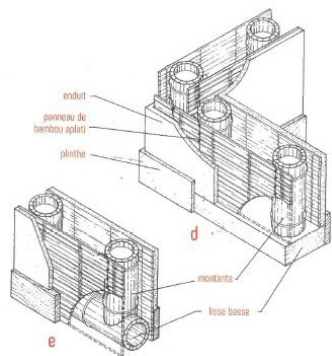
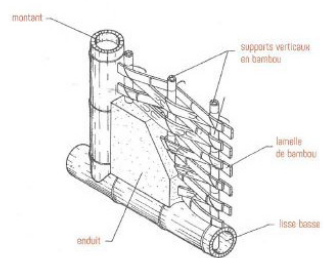
Quincha



Bahareque



Embutido



Iconographie

1. Fontaine, L., & Anger, R., Ossature d'un mur en torchis, in *Bâtir en terre : du grain de sable à l'architecture*, 2013.
2. Hidalgo López, O., Détails de mise en œuvre du torchis, in *Manuel de construction en bambou*, 2020.

Bahareque

On utilise le terme Bahareque en espagnol pour définir tous les types de torchis. Il s'agit cependant d'une technique particulière qui permet de mettre en œuvre le torchis sans remplissage.

Les murs se composent d'une ossature en bambou. Des montants verticaux de 10 cm de diamètre sont positionnés tous les 30 à 40 cm. On fixe ensuite des panneaux de bambou aplatis sur ces montants. Un enduit est réalisé en 1 à 3 couches suivant le type de fini souhaité.



Quincha



La technique Quincha, très utilisée au Pérou, permet de réaliser des murs fins à l'ossature en bambou apparent. Sur un cadre en bambou, un quadrillage est réalisé avec, dans un sens des supports en bambou et dans l'autre un tressage de lamelles de bambou. Les supports, espacés de 50 à 70 cm, peuvent être verticaux ou horizontaux et se fixent soit aux montants soit aux lisses hautes et basses.

Un enduit en terre ou ciment est ensuite appliqué sur le tissage en trois couches. l'enduit en ciment, bien préféré afin de favoriser la résistance du mur.

Iconographie

1. Bahareque, casa espana
2. White Ant Studio, Wood House, Auroville, Inde, 2016.

Embutido

La mise en œuvre de la technique Embutido est similaire à celle du bahareque, on remplace cependant les lames de bambou aplaties par des lattes de bambou de 4 cm espacées de 8 cm les une des autres. Cette ossature en bambou est ensuite remplie avec un mélange de terre et de fibres. Des enduits intérieurs et extérieurs sont ensuite réalisés sur le mur.

Cette technique est celle utilisée pour la réalisation du projet Davu Dago.



Evolution du torchis

Torchis armé



Un nouveau souffle est inculqué à cette technique traditionnelle, des architectes comme Marcelo Cortés cherchent à innover en créant de nouvelles manières de faire à partir des savoir-faire ancestraux. Au travers de projet comme la Casa Penalolen au Chili, l'architecte chilien travaille l'alliance de matériaux comme la terre et l'acier. En réalisant une structure métallique dans le mur, il remplace les lattis de bois et les fibres ordinairement présents dans le torchis, permettant de réaliser des édifices de plus grande hauteur et favorisant une résistance parasismique.

Iconographie

1. Shieh Arquitetos Associados, École primaire, Valinhos, Brésil, 2019.
2. Marcelo Cortes, Casa Peñalolén, Peñalolén, Chili, 2005.

Préfabrication de torchis

Des initiatives gouvernementales mises en place au Pérou ont permis entre 1976 et 2000 un travail de recherches sur le logement et la construction et l'élaboration de propositions de normes techniques nationales. Des expérimentations sur des murs de torchis en bambou et terre ont été réalisées, notamment sur la préfabrication des pans de mur et des lattis de bambous tressés. En travaillant sur des techniques constructives traditionnelles, réalisées principalement en zone rurale, l'ININVI (Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda) a permis d'apporter des progrès considérables sur ces techniques notamment en termes de questions parasismiques.



Terre projetée



Le torchis est une technique qui est restée fondamentalement manuelle. Dans le cadre de projet, des essais de projection de la terre ont été tentés. La technique emploie des pompes à enduit à forte pression pneumatique. Les principales difficultés sont l'obtention d'une bonne consistance de la terre, car une manière trop boueuse présente beaucoup de retrait, et l'obturation des tuyaux des pompes par les fibres végétales. Ces techniques font aujourd'hui l'objet d'un intérêt croissant de la part de certains organismes, qui cherchent à en structurer et à en valoriser les usages contemporains. À titre d'exemple, en 2017, Les Grands Ateliers et AMACO ont proposé une formation à destination des professionnels de la construction, dédiée aux techniques de construction en terre coulée.

Iconographie

1. Guillaud, H., & Houben, H., Recherche ININVI, in *Traité de construction en terre*, 2006.
2. Amàco, Prototype en terre coulée, in *Construire en terre coulée*, 2017

4. POINT D'ARRET SUR LES ENDUITS

« Les terres à enduits sont de différentes natures selon leur utilisation, en corps d'enduit ou en couche de finition. Le corps d'enduit est généralement réalisé avec des terres sableuses contenant suffisamment d'argile pour ne pas être friables. Le plus souvent, du sable et/ou des fibres végétales sont ajoutés à la terre naturelle afin d'éviter la fissuration. Des terres plus fines permettent d'obtenir des couches de finition de seulement quelques millimètres d'épaisseur. »

Réseau Écobâtir & Maisons Paysannes de France. (2018). Guide de bonnes pratiques des enduits en terre. Edition 2018.

La composition d'un enduit terre repose toujours sur trois éléments principaux : l'argile, qui assure la cohésion ; les charges minérales, qui limitent le retrait et apportent la résistance ; et éventuellement les fibres végétales, qui renforcent l'ensemble. De l'eau est ajoutée pour permettre la mise en œuvre.

Dans certains cas, on ajoute de la chaux pour obtenir un enduit terre-chaux. Cette addition permet d'améliorer la résistance à l'humidité, d'augmenter la durabilité mécanique et l'accroche sur des supports minéraux ou anciens, tout en bénéficiant des propriétés antifongiques naturelles de la chaux. Son dosage doit rester modéré afin de préserver la souplesse, la respirabilité et la réversibilité propres aux enduits en terre

Les enduits en terre se déclinent en plusieurs types selon leur fonction, leur composition et l'aspect recherché. On distingue principalement les enduits de corps, les enduits de finition et les enduits décoratifs.

Les enduits



Iconographie
Studio Mesura, Casa Ter, Alt
Empordà, Espagne, 2019.

Enduit de corps

L'enduit de corps constitue la première couche. Épais et structurant, il permet de rattraper les défauts de planéité, de régulariser le support et d'assurer une bonne accroche. Il est composé de terre argileuse jouant le rôle de liant, de sable à granulométrie grossière formant le squelette de l'enduit, et souvent de fibres végétales (paille, chanvre, lin) qui limitent les fissurations et améliorent la résistance mécanique.

Sur l'image ci-jointe d'un projet de bibliothèque au Burundi, l'enduit extérieur du mur fut réalisée avec un mélange de deux terres locales, de la paille et du sable. L'enduit intérieur est composé à moitié de terre et à moitié de plâtre de gypse.



Enduit de finition



L'enduit de finition est appliqué en couche plus mince. Sa composition repose sur une terre plus finement tamisée, associée à un sable fin, avec peu ou pas de fibres. Il apporte l'aspect final du mur — couleur, texture, douceur — tout en conservant les qualités essentielles de la terre, notamment sa capacité à réguler l'humidité intérieure.

La “Casa di Teresa” fait partie des 800 maisons en terre crue recensées dans la région des Abruzzes. En 2008, lors de sa rénovation, le choix a été fait de travailler des manières de construire vernaculaires en liant terre, paille et bois. Un travail particulier à été fait afin de réaliser des enduits modernes sur les murs en bauge. Depuis, elle a accueilli de nombreux chantiers école et formations visant à transmettre les pratiques constructives en terre.

Iconographie

1. BC Architects & Studies, Bibliothèque de Muyinga, Muyinga, Burundi, 2013.
2. Conti, G., & Giardinelli, S., Casa di Teresa, Casalinocontrada, Italie, 2008.

Enduit décoratif

Les enduits décoratifs regroupent différentes techniques de mise en œuvre (taloché, lissé, ferré, texturé), parfois enrichies de pigments naturels, permettant une grande diversité d'expressions architecturales tout en restant respirants et écologiques.

L'agence d'architecture bruxelloise BC Architects & studios travaille depuis de nombreuses années sur la réalisation de projet en terre crue et d'enduits en terre. En 2014, l'agence réalise une école maternelle avec les pierres et la terre du site. Un enduit extérieur de 3 cm, mélange de terre, de sable et de paille, est appliqué sur les murs en pisé. De nombreux tests furent réalisés sur les murs afin de trouver le mélange le plus approprié, mêlant qualités thermiques et esthétiques.





Sur ce projet d'école situé au Pakistan l'agence Roswag Architekten à travaillé conjointement le bambou et la terre en mêlant plusieurs techniques constructives. A l'étage, on trouve des salles de classe réalisées en torchis bambou et terre. L'enduit qui est appliqué mêle des fibres afin d'apporter une finition moderne et permet une meilleure isolation thermique.

Iconographie

1. BC Architects & Studios + MAMOTH,
Preschool of Aknaibich, Aknaibich, Maroc,
2014.

2. Ziegert | Roswag | Seiler Architekten
Ingenieure, Earthen School, Jar Maulwi,
Pakistan, 2006.



Chapitre II

Le torchis

1. Recherches préliminaires
2. Le mur expérimental
3. Essais en laboratoire
4. Le mur prototype

Iconographie

JBA, Composition mur en torchis, RDC
bâtiment F, Davu Dago, Doujani, Mayotte,
2025.



Suite à la réalisation de ces recherches, il s'agit désormais de s'appuyer sur les connaissances théoriques et les exemples que l'on a étudiés et de les mettre en application sur le projet Davu Dago qui s'implante dans un contexte particulier. Il convient de réaliser des tests et expérimentations afin de trouver ce qui convient le mieux, à la fois dans la composition et dans la mise en œuvre du torchis.

Implanté au cœur du village de Doujani, le projet Davu Dago s'inscrit dans le cadre de l'aménagement de la ZAC portée par l'EPFAM. Cette opération de Logement Locatif Très Social Adapté (LLTSA) vise à reloger des ménages vivant actuellement en situation d'habitat informel, dans des logements décents, durables et adaptés aux usages locaux.

Lauréat du concours TOTEM – Un Toit pour Tous en Outre-mer (PUCA) et soutenu par le dispositif – Engagé pour la Qualité du Logement de Demain - (GIP EPAU), le projet constitue un terrain d'expérimentation pour de nouvelles manières de produire du logement social, mobilisant des matériaux locaux, des savoir-faire partagés et des modes constructifs répliquables.

rière dynamique que le projet Davu Dago prend place.
de créer 17 logements dont la vocation sera de reloger
emps les occupants actuels des prochaines tranches
à ZAC.
e sur la parcelle BP 0570 dont l'EPFAM est propriétaire.
ervie par les réseaux le long de la rue de la carrière.
jo intègre la création d'un escalier d'accès qui permettra
réseaux existants.»



Iconographie

En haut - EPRDM, Schéma Directeur de la ZAC de Doujani, Mayotte, 2023.

En bas - JBA, Plan masse, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2024.

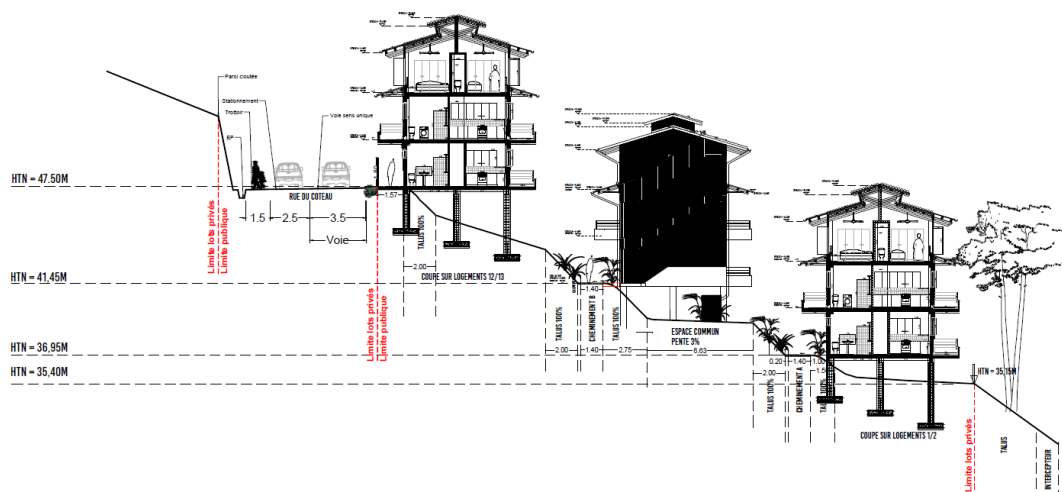
Le projet se compose de 17 logements, répartis au sein de 6 bâtiments, conçus comme des modules seuls, doubles ou triples, permettant une grande souplesse d'adaptation au site et au programme. Deux gabarits de bâtiments se développent sur trois niveaux et sur une largeur de 6,5m permettant des espaces traversants, favorisant la ventilation naturelle nord/sud, indispensable au confort thermique en climat tropical :

Gabarit 01 – Destiné aux typologies T1 (3 logements), T3 (3 logements) et T5 (4 logements) composé de 4 trames «habitées» permet d'accueillir sur le premier niveau RDC un T1 et sur les deux niveaux supérieurs un T3 ou bien un T5 sur l'ensemble du bâtiment

Gabarit 02 – Destiné aux typologies T2 (4 logements) et T4 (4 logements), d'une largeur de 5 trames structurales peut accueillir un T2 au RDC puis un T4 aux niveaux supérieurs

Davu Dago expérimente l'usage de matériaux locaux et biosourcés, principalement le bambou et la terre, intégrés dans une écriture architecturale contemporaine. La structure associe béton et charpente en bambou, tandis que les murs de pignon sont réalisés en torchis, protégé par des enduits en terre et chaux. Les façades principales, légères et largement ouvertes, favorisent la ventilation et la relation à l'extérieur.

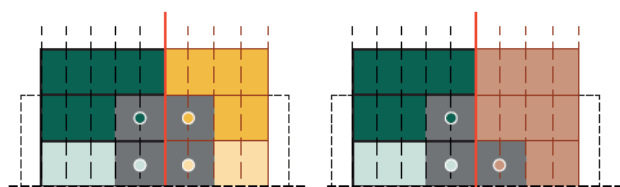
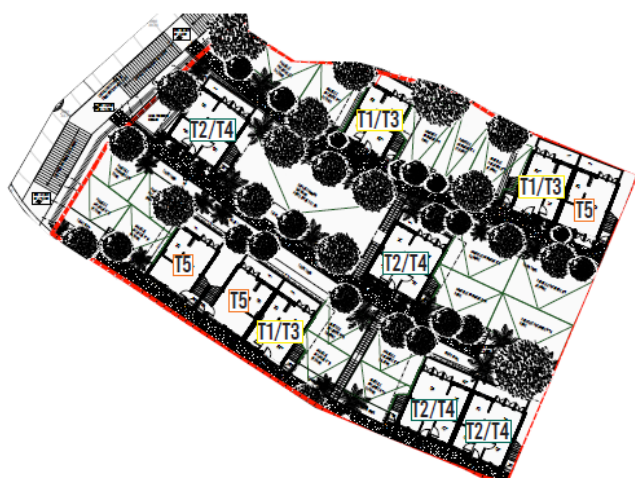
Les dispositifs de protection (casquettes, sur-toitures, escaliers protégés) assurent la durabilité des matériaux face aux intempéries, tout en limitant l'échauffement solaire. L'ensemble du projet respecte les règles parasismiques en vigueur (Eurocode 8).



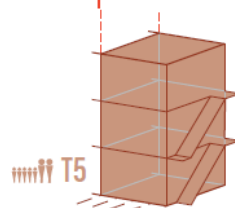
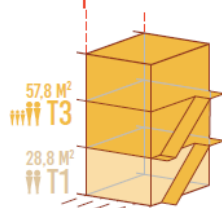
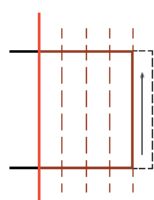
Iconographie

En haut - JBA, Plan RDC, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2024.

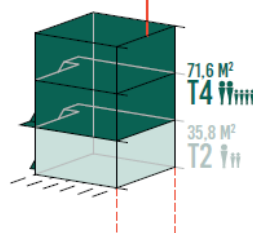
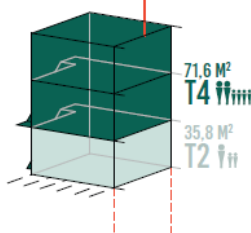
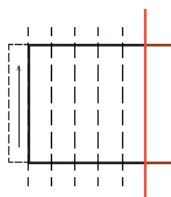
En bas - JBA, Coupe transversale, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2024.



GABARIT 01
4 TRAMES HABITÉES



GABARIT 02
5 TRAMES HABITÉES



Iconographie

A gauche - JBA, Axonométrie des typologies de logements, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2024.
A droite- JBA, Plans RDC des typologies de logements, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2024.



MODULES DE LOGEMENT

T1/T3 (GABARIT 01)

3 BATIMENTS T1/T3 DANS LE QUARTIER :
T1 = LES LOGEMENTS 1, 4 ET 12.
T3 = LES LOGEMENTS 2, 9 ET 13

ECHELLE 1.50

RDC

RDC
PMR



MODULES DE LOGEMENT

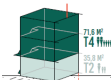
T5 (GABARIT 01)

3 LOGEMENTS T5 DANS LE QUARTIER : LES LOGEMENTS 5, 10 ET 11.

ECHELLE 1.50

RDC

UNIDIRECTIONNEL



MODULES DE LOGEMENT

T2/T4 (GABARIT 02)

4 BATIMENTS T2 ET T4 DANS LE QUARTIER :
T2 = LES LOGEMENTS 7, 8, 15 ET 16.
T4 = LES LOGEMENTS 6, 9, 14 ET 17.

ECHELLE 1.50

RDC

RDC
PMR

Les murs en torchis du projet Davu Dago sont constitués d'une ossature en bambou, d'un remplissage en torchis, puis d'un enduit en terre, dont la composition fait l'objet d'un suivi spécifique. L'ensemble présente une épaisseur totale de 24 cm. Afin d'obtenir un rendu lisse et contemporain, l'enduit en terre est recouvert d'un badigeon à la chaux. En façade extérieure, ce revêtement est maintenu et protégé par une cornière métallique.

La mise en œuvre de ces murs a été répartie en quatre lots distincts lors de la phase de Dossier de Consultation des Entreprises (DCE), impliquant une coordination étroite entre les différents intervenants :

Lot 03 – Structure bambou et bois : réalisation de l'ossature en bambou (AMG)

Lot 05 – Remplissage torchis : mise en œuvre du torchis (MBS)

Lot 10 – Serrurerie : fourniture et pose des cornières métalliques (3D Découpe)

Lot 13 – Peinture : réalisation du badigeon à la chaux (Max Express)

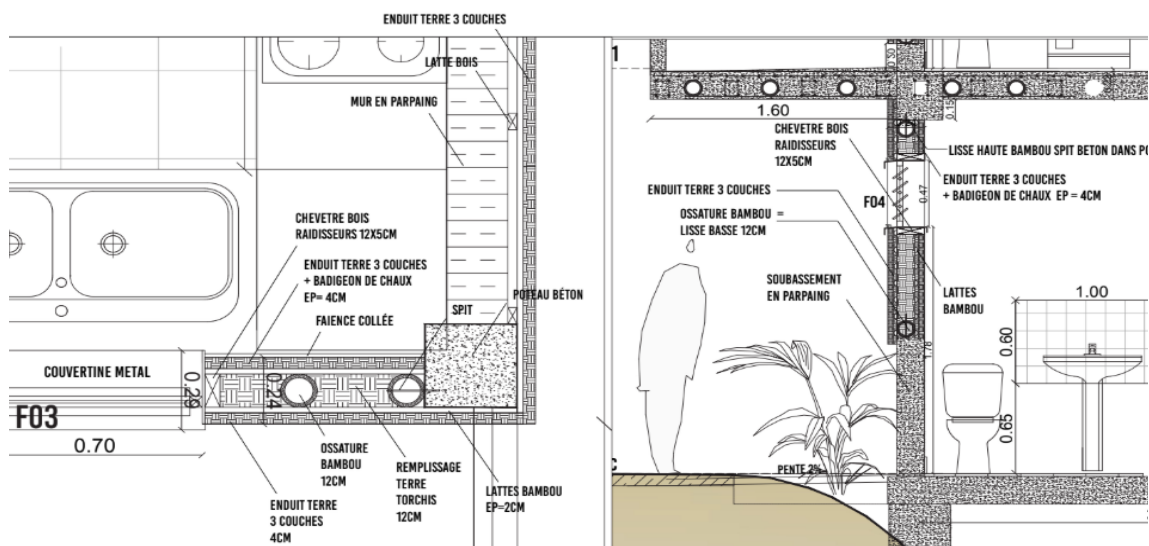
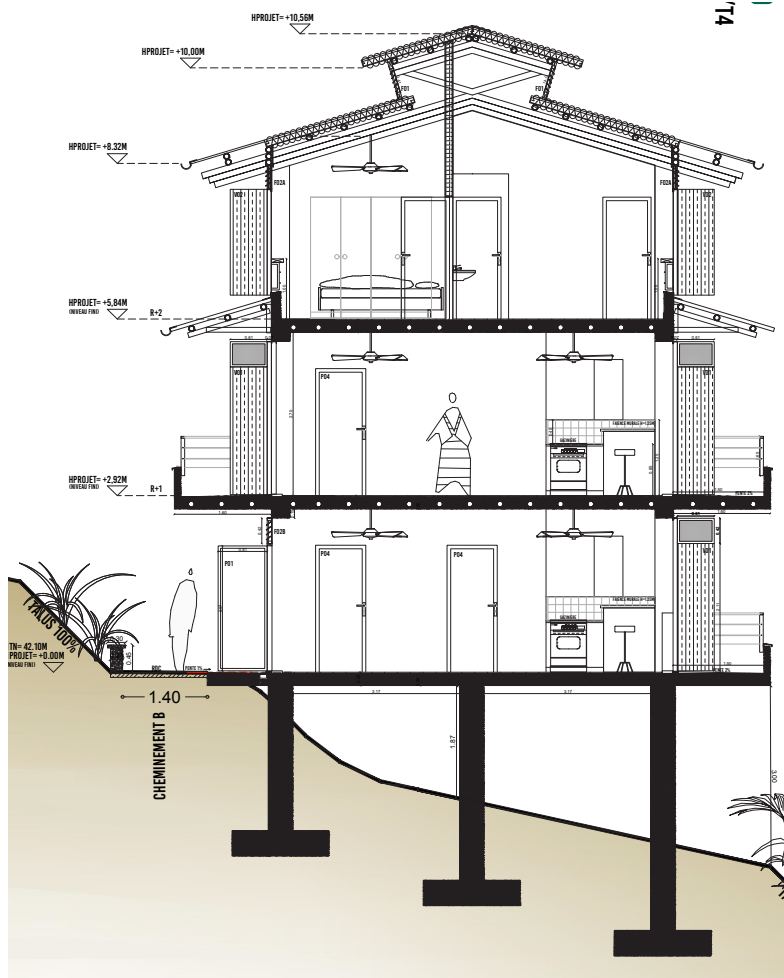
Ainsi, le protocole de suivi du mur en torchis s'est articulé autour de quatre grandes étapes :

La réalisation de tests empiriques permettant d'identifier les qualités et proportions du mélange terre/ fibres plus appropriées

La réalisation d'un mur expérimental permettant d'étudier le comportement des mélanges sélectionnés à échelle 1

La réalisation d'essais en laboratoire destinés à évaluer la composition, la résistance à la compression et le comportement hygrométrique du mélange retenu.

La réalisation d'un mur prototype, témoignant l'application du mélange à l'échelle du projet.



Iconographie

En haut - JBA, Coupe transversale d'un bâtiment type issu du DCE, Doujani, Mayotte, 2024.

En bas - JBA, Détail mur en torchis, DCE, Doujani, Mayotte, 2024

1. LES RECHERCHES PRELIMINAIRES

Une première phase de recherches préliminaires a été menée afin d'évaluer la qualité de la terre disponible ainsi que celle des fibres végétales. Cette série de tests empiriques a permis d'analyser la teneur en argile, le comportement de la terre et des fibres au séchage, tout en formulant les premières hypothèses de proportions pour le mélange terre-fibres.

L'objectif étant d'utiliser la terre issue du site et de valoriser la ressource d'excavation, ces recherches préliminaires ont été réalisées à partir d'un échantillon de la terre du site, associé à six sources de fibres différentes récoltées sur le territoire. Ces essais ont été menés en collaboration avec l'entreprise MBS, titulaire du lot 05 – Remplissage torchis.

Les résultats obtenus seront mis en comparaison avec ceux issus des essais en laboratoire, afin d'évaluer les écarts éventuels entre les tests empiriques et les analyses scientifiques. Dans l'hypothèse où la terre du site ne conviendrait pas à la réalisation des murs en torchis de remplissage et des enduits, ces tests permettront néanmoins de caractériser les propriétés de la terre requise pour ce type d'application.

Les fibres

À Mayotte, les fibres végétales se situent à l'interface entre construction et agriculture. Issues de l'entretien des parcelles ou des résidus de récolte (bourre de coco, feuilles de bananier, bambou), elles offrent un potentiel pour le développement de filières locales intégrées. Toutefois, aucune filière dédiée n'existe encore sur l'île, et leur mobilisation à grande échelle nécessite de solliciter différents exploitants agricoles.

Parmi les fibres locales présentant un intérêt pour le torchis figurent : bourre de coco, fibres de bananier, padis, feuilles de bambou et vétiver. Certaines, comme le bambou nain et le padis, sont déjà utilisées dans le torchis traditionnel, notamment dans le sud de l'île. Une attention particulière est portée aux fibres de bananier, disponibles en grande quantité et actuellement peu valorisées. Des échantillons ont été réalisés afin de déterminer les fibres les plus adaptées pour le remplissage et l'enduit de finition du projet Davu Dago.



Fibre de bourre de coco

La fibre de bourre de coco est obtenue à partir des fibres qui se trouvent entre la coque externe et la chair de la noix de coco. Ces fibres, à la fois résistantes et souples, permettent une utilisation variée et un fini lisse.

Séparer la bourre de coco de la noix peut être long et fastidieux. Il existe plusieurs méthodes pour arriver à réaliser cette opération. La technique la plus répandue est sans doute le trempage des noix. On immerge les noix de coco dans un bassin d'eau douce pendant plusieurs mois. Les fibres se décollent alors les unes des autres et il devient facile de les retirer de la coque à l'aide d'un peigne mécanique.



Padis

La paille de padis provient des tiges de la plante de riz. Au cours de la moisson, les tiges et les grains sont séparés. Le padis peut être constitué à la fois de la tige et de la cosse des grains de riz qui représentent une grande quantité de déchets agricoles.

Une étape de séchage à l'air libre permet d'éliminer l'excès d'humidité et de faciliter le stockage.

Le padis est un matériau biosourcé utilisé principalement comme isolant. On le retrouve essentiellement en balles, en remplissage d'ossature bois ou en toiture.



Vétiver :

Comme le padis, le vétiver nécessite un séchage à l'air libre après sa coupe.

Excellent isolant thermique et acoustique,

On trouve du vétiver à la Réunion où il est traditionnellement utilisé en paille afin de réaliser des couvertures.

Tronc de bananier

Le bananier est une denrée fortement présente sur le territoire mahorais mais reste très peu valorisée dans la construction.

L'utilisation du tronc de bananier tend à se populariser. FibandCo, une entreprise française a ainsi développé un revêtement décoratif utilisant la fibre de tronc de bananier afin de réaliser des luminaires et habillages d'accessoires.



Feuille de bananier

Les feuilles de bananier, comme le tronc, représentent une ressource facile d'accès et en grande quantité à Mayotte. Les feuilles de bananier peuvent être utilisées entières. Fraîches ou séchées, les feuilles de bananier sont traditionnellement utilisées pour la réalisation de couvertures. Elles sont également utilisées en tressage, par exemple pour la réalisation de murs légers.

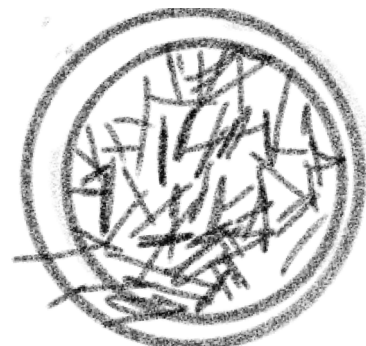
Coupées en fibres, elles peuvent être utilisées en panneaux composites en addition avec de la résine naturelle ou polymère. Elles sont également utilisées comme isolant thermique ou acoustique, elles sont alors séchées et broyées.



Bambou

Le bambou est l'un des matériaux biosourcés les plus polyvalents et performants dans la construction durable. Il est utilisé sous différentes formes, notamment en tiges entières, en lattes, en fibres, ou transformé en matériaux composites.

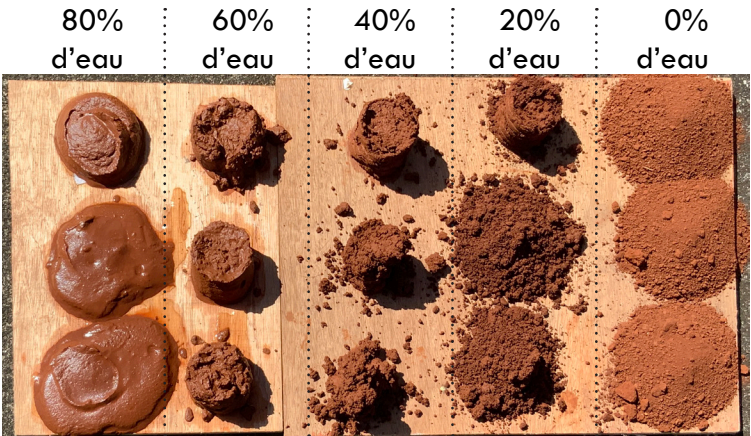
Comme les feuilles de bananier, il peut être utilisé en panneaux composites en addition avec de la résine naturelle ou polymère. Il s'agit également d'un excellent isolant thermique.



La terre - test carazas

Réalisé le 02 mai 2025 à Combani à l'agence JBA

Le test de Carazas est un essai empirique, manuel, rapide et simple, permettant d'évaluer la plasticité et la cohésion d'une terre destinée à la construction, notamment dans le cadre de techniques telles que l'adobe, la bauge ou les briques de terre crue. Il consiste à réaliser plusieurs échantillons de terre pure en faisant varier les quantités d'eau ajoutées, tout en prenant en compte la quantité d'air incorporée lors du malaxage. Afin de mieux comprendre l'évolution du comportement de la terre au séchage, trois temps d'observation sont retenus : une heure, cinq heures et vingt-quatre heures après la réalisation de l'essai.



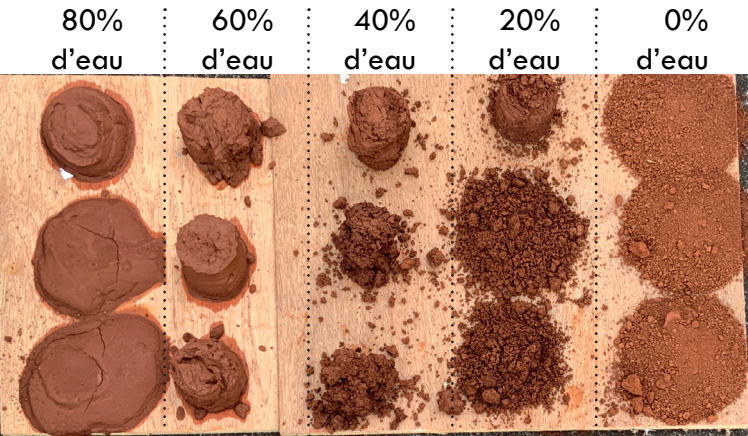
Test de carazas - H



Test de carazas - H+1

	Quantité d'eau				
Quantité d'air	Compacté	Compacté +20% eau	Compacté +40% eau	Compacté +60% eau	Compacté +80% eau
	Tassé	Tassé +20% eau	Tassé +40% eau	Tassé +60% eau	Tassé +80% eau
	Rempli	Rempli +20% eau	Rempli +40% eau	Rempli +60% eau	Rempli +80% eau

Tableau de suivi du test carazas



Test de carazas - H+5

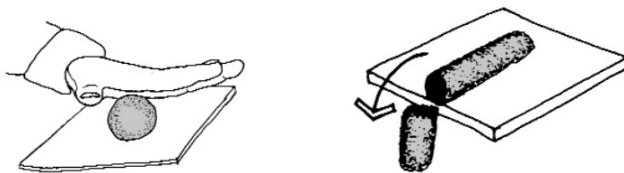


Test de carazas - H+24

Les résultats montrent que l'échantillon composé de terre avec 50 % d'eau conserve une bonne compacité au séchage, mais présente des phénomènes de fissuration. Dans le cadre d'une utilisation en torchis, la terre est toutefois destinée à être mélangée à des fibres végétales, lesquelles jouent un rôle de liant et contribuent au maintien de la cohésion du matériau. Dans cette perspective, un taux d'environ 60 % d'eau apparaît comme le plus approprié.

La terre - test du cigare

Réalisé le 06 mai 2025 à Comban à l'agence JBA



En complément de ce premier essai, le test du cigare a été réalisé afin d'estimer rapidement la composition de la terre, et plus particulièrement sa teneur en argile. Ce test est effectué à partir de la terre du site, mélangée à environ 40 % d'eau. Une boule est d'abord façonnée, puis étirée afin de former un cylindre d'environ 3 cm de diamètre.

Les résultats montrent que, pour une terre mélangée à 50 % d'eau, le cigare reste globalement compact mais se fissure au cours de la manipulation et du séchage. Ces observations confirment les conclusions du test de Carazas : la terre présente une dominante argileuse marquée, entraînant des phénomènes de retrait et de fissuration. L'ajout de fibres végétales apparaît donc nécessaire afin de stabiliser le matériau, de limiter les fissures au séchage et d'assurer une meilleure cohésion du torchis.



Enfin, pour une terre très argileuse telle que celle étudiée, l'incorporation de sable ou de fibres permet de stabiliser le mélange. Les grains de sable forment un squelette rigide s'opposant au retrait volumique de l'argile, tandis que les fibres végétales assurent une fonction d'armature interne, contribuant à la tenue mécanique et à la durabilité du matériau.

Les résultats montrent que l'échantillon composé de terre avec 50 % d'eau conserve une bonne compacité au séchage, mais présente des phénomènes de fissuration. Dans le cadre d'une utilisation en torchis, la terre est toutefois destinée à être mélangée à des fibres végétales, lesquelles jouent un rôle de liant et contribuent au maintien de la cohésion du matériau. Dans cette perspective, un taux d'environ 60 % d'eau apparaît comme le plus approprié.

Iconographie

JBA, Test du cigare, Combani, Mayotte, 2025.

Le torchis - protocole expérimental

Réalisé le 06 mai 2025 à Comban à l'agence JBA

Le test de composition consiste en la réalisation d'un ensemble d'échantillons de briques de $20 \times 20 \times 6$ cm, visant à évaluer différentes formulations de terre, fibres et sable afin d'identifier le mélange le plus adapté. Les essais ont été organisés selon trois typologies de composition : terre/fibres, terre/fibres/sable et terre/mélange de fibres, et ont fait l'objet d'une observation à trois échéances (J+1, J+7 et J+17).

Les échantillons ont été maintenus à l'air libre, protégés des intempéries par une bâche surélevée à 30 cm afin de permettre une ventilation naturelle. Suite à l'apparition de débuts de moisissures observés à J+10, ils ont été placés hors d'eau sous bâche, garantissant à la fois leur protection contre les pluies et une circulation d'air suffisante pour poursuivre le séchage.



1. La fibre est coupée en tronçons de 5 cm environ.

2. La terre, les fibres et l'eau sont mélangées.
On met 250 cl de terre et on y ajoute une première dose d'eau de 25 cl afin de réveiller la terre.

3. La moitié de la fibre est ajoutée et mélangée ainsi que 2 doses d'eau.
On ajoute ensuite l'autre moitié de fibres, encore 75 cl d'eau (3 doses) et on mélange le tout.

4. On remplit le moule pour les échantillons avec le mélange de torchis.

5. On fait ensuite sortir l'air présent dans le torchis en réalisant de petits trous avec les doigts. On lisse le torchis et on réitère ces actions plusieurs fois.

6. On lisse le torchis en humidifiant les mains. On le prépare ainsi à recevoir l'enduit.

Iconographie

JBA, Protocole de mise en œuvre du torchis,
Combani, Mayotte, 2025.

Le torchis - terre/fibre

Réalisé le 06 mai 2025 à Comban à l'agence JBA

Lors de cette première phase d'expérimentation, une série de six échantillons de mélange terre-fibres a été réalisée. Chaque formulation était composée de 10 doses de terre, 6 doses d'eau et 2 doses de fibres, une dose correspondant à 25 cl.

L'évolution des échantillons a ensuite été observée en trois temps afin d'analyser leur comportement au séchage.

En conclusion de cette première phase d'expérimentation, il apparaît que la fibre de bourre de coco rejette davantage d'eau que les autres fibres testées. Ce comportement indique une perméabilité plus élevée du matériau, laissant présager des performances thermiques intéressantes pour une utilisation en torchis de remplissage.

Par ailleurs, le vétiver et le padis présentent initialement des textures et des finitions comparables. Toutefois, au cours du séchage, le vétiver se distingue par une vitesse de séchage plus rapide, accompagnée d'une fissuration plus marquée, contrairement au padis, dont le comportement apparaît plus stable.



06/05/2025 J+1



12/05/2025 J+7



22/05/2025 J+17

Iconographie

JBA, Expérimentations terre / fibres,
Combani, Mayotte, 2025.

Le torchis - terre/fibre

Réalisé le 06 mai 2025 à Comban à l'agence JBA

3. Terre-coco



4. Terre-padis





06/05/2025 J+1



12/05/2025 J+7



22/05/2025 J+17

Iconographie

JBA, Expérimentations terre / fibres,
Combani, Mayotte, 2025.

Le torchis - terre/fibre/sable

Réalisé le 06 mai 2025 à Comban à l'agence JBA

Lors de cette deuxième phase d'expérimentation, une série de six échantillons de mélange terre-sable-fibres a été réalisée. Chaque formulation était composée de 10 doses de terre, 6 doses d'eau, 2 doses de sable et 2 doses de fibres, une dose correspondant à 25 cl. L'évolution des échantillons a ensuite été observée en trois temps afin d'analyser leur comportement au séchage.

À l'issue de cette deuxième phase, il apparaît que l'association des fibres avec le sable entraîne un rejet plus important d'eau et une compacité accrue du mélange. Les échantillons obtenus sont ainsi plus solides, plus denses et plus lourds, mais présentent en contrepartie des performances thermiques moindres. Afin de limiter ce phénomène de rejet d'eau, l'ajout de chaux au mélange semble nécessaire.

Par ailleurs, l'échantillon de fibres de vétiver témoigne de grande fissuration. L'introduction de sable permet de réduire le nombre de fissures, bien que celles-ci puissent être plus marquées en profondeur.



06/05/2025 J+1



12/05/2025 J+7



22/05/2025 J+17

Iconographie

JBA, Expérimentations terre / fibres / sable,
Combani, Mayotte, 2025.

Le torchis - terre/fibre/sable

Réalisé le 06 mai 2025 à Comban à l'agence JBA

9. Sable-coco



10. Sable-padis



11. Sable-bambou



12. Sable-tronc de bananier



06/05/2025 J+1



12/05/2025 J+7



22/05/2025 J+17

Iconographie

JBA, Expérimentations terre / fibres / sable,
Combani, Mayotte, 2025.

Le torchis - terre/sable/fibres mixte

Réalisé le 06 mai 2025 à Comban à l'agence JBA

Lors de cette troisième phase d'expérimentation, deux séries d'échantillons de mélanges terre-sable-fibres mixtes ont été réalisées.

La première série était composée de 10 doses de terre, 6 doses d'eau, 2 doses de fibres et 2 doses de sable, une dose correspondant à 25 cl. L'évolution des échantillons a ensuite été observée en deux temps afin d'analyser leur comportement au séchage.

À l'issue de cette première phase, l'ensemble des échantillons présente des fissurations. Les fibres de bourre de coco et de padis se sont néanmoins révélées les plus intéressantes du point de vue du comportement du matériau. Toutefois, ces fibres sont difficiles à mobiliser en grande quantité, contrairement à la feuille de bananier, largement disponible sur le territoire.





06/05/2025 J+1



22/05/2025 J+17

Iconographie

JBA, Expérimentations terre / fibres mixtes /
sable, Comban, Mayotte, 2025.

Le torchis - terre/sable/fibres mixte

Réalisé le 22 mai 2025 à Comban à l'agence JBA

Une seconde série d'échantillons a donc été développée, visant à augmenter leur proportion dans le mélange, afin de limiter les phénomènes de craquelure. Cette série était composée de 10 doses de terre, 6 doses d'eau, 2 doses de sable, et de quantités variables de fibres. Cette seconde phase a montré que le mélange associant padis et feuille de bananier présentait les résultats les plus satisfaisants.

L'ensemble de ces essais a permis de mettre en évidence les qualités et les propriétés spécifiques de chaque fibre. La bourre de coco rejette une quantité d'eau plus importante que les autres fibres, ce qui atteste d'une perméabilité accrue du matériau et témoigne de qualités thermiques intéressantes pour le remplissage en torchis. Le vétiver et le padis présentent, dans un premier temps, une texture et un fini relativement similaires ; néanmoins, au séchage, le vétiver fissure davantage et sèche plus rapidement.





22/05/2025 J+10



16/06/2025 J+17

Iconographie

JBA, Expérimentations terre / fibres mixtes /
sable, Combani, Mayotte, 2025.

Le torchis - terre/sable/fibres mixte

Réalisé le 05 juin 2025 à Combani à l'agence JBA





12/05/2025 J+7



16/06/2025 J+17

Iconographie

JBA, Expérimentations terre / fibres mixtes /
sable, Comban, Mayotte, 2025.

Le torchis - bilan expérimental

Réalisé le 06 mai 2025 à Comban à l'agence JBA

Lorsque les fibres sont associées au sable, le mélange a tendance à rejeter de l'eau et à se compacter davantage. Les échantillons obtenus sont alors plus solides, plus denses et plus lourds, mais présentent des performances thermiques moindres. Afin de limiter ce phénomène de rejet, l'ajout de chaux au mélange apparaît comme une piste pertinente.

En conclusion, au regard des ressources disponibles sur le territoire, trois familles de formulations apparaissent prometteuses : terre-padis, terre-padis-feuille de bananier, terre-padis-feuille de bananier-sable, chacune déclinée en plusieurs variantes faisant varier les quantités d'eau et de fibres. Ces formulations méritent d'être testées à l'échelle 1, afin d'observer leur comportement sur des surfaces plus importantes et dans des conditions réelles de mise en œuvre.



terre + 2 poignées Bourre de coco	terre + 2 poignées feuille bananier	terre + 2 poignées tronc bananier	terre + 2 poignées vetiver	terre + 2 poignées bambou	terre + 2 poignées padis
terre + 2 poignées Bourre de coco + 2 volumes sable	terre + 2 poignées feuille bananier + 2 volumes sable	terre + 2 poignées tronc bananier + 2 volumes sable	terre + 2 poignées vetiver + 2 volumes sable	terre + 2 poignées bambou + 2 volumes sable	terre + 2 poignées padis + 2 volumes sable
terre + 2 poignées padis + 2 poignées vétiver	terre + 2 poignées padis + 2 poignées bambou	terre + 2 poignées padis + 2 poignées feuille bananier			

2. LE MUR EXPERIMENTAL

Une deuxième phase d'expérimentation à l'échelle 1 a été menée afin d'évaluer le comportement des mélanges identifiés comme prometteurs dans des conditions climatiques réelles et à des dimensions représentatives de l'ouvrage.

Ces expérimentations ont été réalisées sur le pignon est du rez-de-chaussée du bâtiment F du projet Davu Dago. Dans un premier temps, l'entreprise titulaire du lot 03 – Structure bambou et bois (AMG) a procédé à la réalisation et à la mise en place de l'ossature en bambou. Il est à noter que le bambou utilisé pour ce mur expérimental est un bambou local (*Bambusa vulgaris*) présentant des irrégularités importantes. Son diamètre plus conséquent a notamment contraint la mise en œuvre et limité la conformité stricte au plan du DCE. Cette phase expérimentale a ainsi permis d'anticiper et d'identifier les ajustements nécessaires avant le déploiement de la solution constructive à l'ensemble du projet.

Dans un second temps, et à la suite des enseignements tirés des essais sur échantillons, trois formulations de torchis, déclinées en cinq expérimentations, ont été mises en œuvre en collaboration avec l'entreprise MBS, titulaire du lot 05 – Remplissage torchis. Une fois les murs réalisés, leur séchage a été suivi sur une période de 60 jours, afin d'observer leur évolution dans le temps.

Les résultats obtenus seront mis en comparaison avec ceux issus des essais en laboratoire, afin d'évaluer les écarts éventuels entre les tests empiriques et les analyses scientifiques. Dans l'hypothèse où la terre issue du site ne conviendrait pas à la réalisation des murs en torchis de remplissage et des enduits, ces expérimentations permettront néanmoins de caractériser précisément les propriétés de la terre requise pour ce type d'application.

Protocole de mélange

Réalisé le 11 juillet 2025 sur le chantier Davu Dago à Doujani

Traditionnellement, le torchis est réalisé dans un grand trou creusé dans le sol à proximité du lieu de construction. On remplit ce trou de fibres végétales et de terre puis on ajoute progressivement l'eau. On piétine ensuite le tout jusqu'à obtenir un mélange homogène.

1. Un trou est réalisé à proximité de chaque bâtiment, le torchis à réaliser pour chaque bâtiment y sera mélangé.
2. Un film d'étanchéité est mis en place afin de contrôler la quantité d'eau dans le mélange et d'éviter toute fuite.
3. Les fibres sont quantifiées puis versées dans le trou.
4. On ajoute ensuite la terre et on mélange une première fois le tout.
5. On quantifie et on ajoute l'eau puis on remélange jusqu'à obtenir un mélange homogène.



Iconographie

JBA, Protocole de mélange du torchis, RDC
bâtiment F, Davu Dago, Doujani, Mayotte,
2025.

Protocole de mise en oeuvre

Réalisé le 11 juillet 2025 sur le chantier Davu Dago à Doujani



1. Dans un premier temps, on remplit les espaces entre les lattes de bambou avec le mélange



2. On applique ensuite le mélange sur le bambou en comblant les irrégularités formées par les mouvements du bambou



3. On lisse, avec un peu d'eau, avec la paume de la main.

Iconographie

JBA, Protocole de mise en œuvre du torchis,
RDC bâtiment F, Davu Dago, Doujani,
Mayotte, 2025.

Mélanges expérimentaux

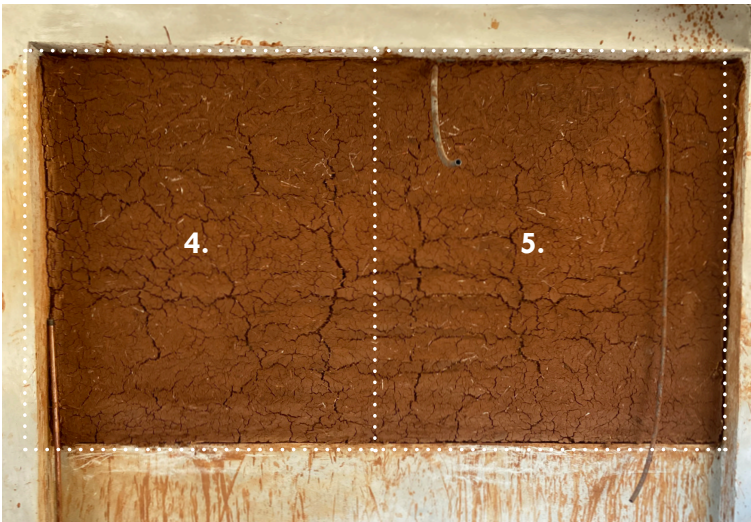
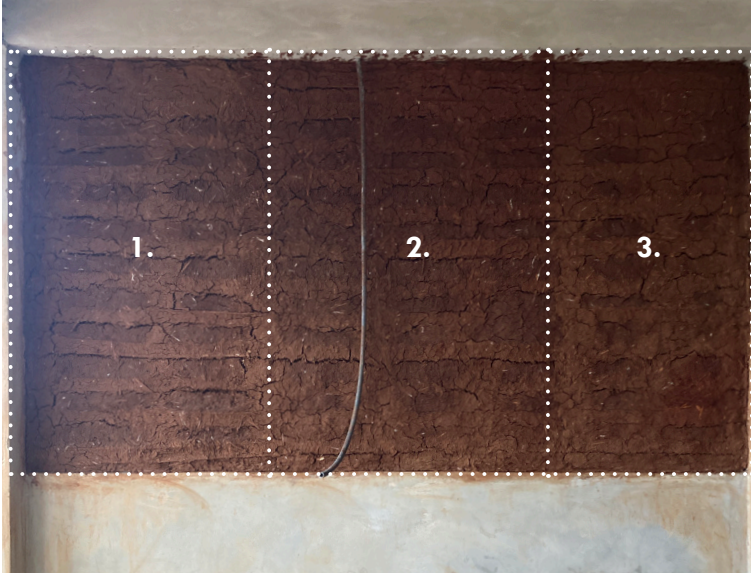
Réalisé le 25 juin 2025 sur le chantier Davu Dago à Doujani

Les essais ont conduit à la mise en œuvre de cinq mélanges de torchis à l'échelle 1, selon une démarche expérimentale en deux phases : une première le 25 juin, puis une seconde le 7 juillet 2025.

La première phase visait à tester à l'échelle réelle les trois formulations les plus prometteuses issues des recherches préliminaires (terre–padis, terre–padis–feuille de bananier et terre–padis–feuille de bananier–sable). Les premières observations ont permis d'identifier des axes d'amélioration, notamment sur les proportions en eau et les modalités de mise en œuvre.

La seconde phase a permis d'affiner les formulations et de tester deux variantes supplémentaires, afin d'évaluer l'influence de ces paramètres sur le comportement du matériau.

L'ensemble des mélanges a été observé sur une période de 60 jours (J0, J+12 et J+60), permettant d'analyser leur évolution dans le temps. Cette démarche a conduit à l'identification de la formulation la plus adaptée, en croisant les critères de performance du matériau, de mise en œuvre et de temps de séchage, dans le contexte du projet Davu Dago.

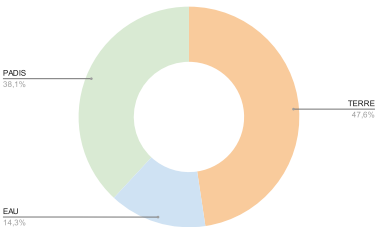


Mélanges expérimentaux

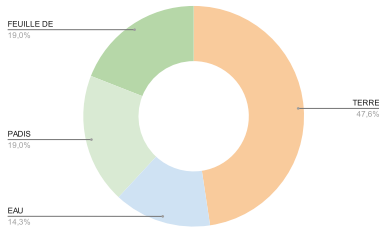
Réalisé le 25 juin 2025 sur le chantier Davu Dago à Doujani

Les trois premiers mélanges — terre–padis, terre–padis–feuille de bananier et terre–padis–feuille de bananier–sable — ont été mis en œuvre en respectant strictement les proportions définies lors des recherches préliminaires. À l'échelle 1, il est apparu que les mélanges associant plusieurs fibres sont plus faciles à préparer que le padis seul. Les feuilles de bananier apportent une souplesse accrue au mélange, tandis que l'ajout de sable facilite la mise en œuvre : le torchis se tient davantage, devient plus collant et adhère mieux au lattis en bambou.

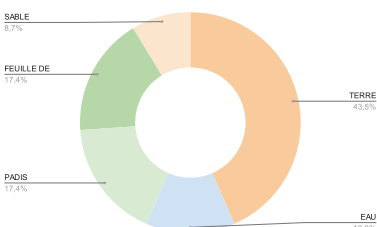
- 1. 10 doses terre
8 doses padis
3 doses d'eau



- 2. 10 doses terre
4 doses padis
4 doses feuille de bananier
3 doses d'eau

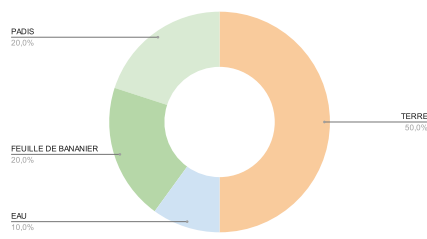


- 3. 10 doses terre
4 doses padis
4 doses feuille de bananier
3 doses d'eau
2 doses de sable

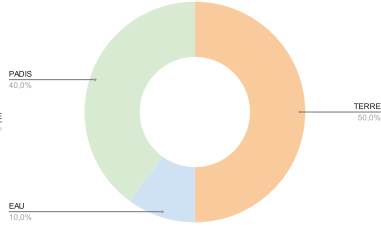


Ces premiers résultats ont permis de confirmer l'intérêt du mélange padis / feuille de bananier. Toutefois, bien que l'ajout de sable se soit révélé pertinent, celui-ci n'était pas prévu dans le marché initial. Les deux mélanges suivants ont donc porté sur la variation de la teneur en eau du mélange padis-feuille de bananier, afin d'aboutir à une formulation plus simple à mettre en œuvre et de valider, ou non, la nécessité d'un ajout de sable au marché. Une fois appliqué, le torchis a été strié en surface afin d'anticiper et d'améliorer l'adhérence de l'enduit.

4. 10 doses terre
2 doses d'eau
4 doses feuille de bananier
4 doses padis



5. 10 doses terre
2 doses d'eau
8 doses padis



Le mur experimental

Réalisé le 25 juin 2025 sur le chantier Davu Dago à Doujani

À J+0, . Le mélange 1 (terre / padis) présente déjà une texture friable, plus difficile à travailler, le mélange 2 (padis / feuille de bananier) révèle un comportement homogène, souple et plus simple à mettre en œuvre, tandis que le mélange 3, intégrant du sable, se tient davantage et adhère mieux au lattis en bambou

À J+12, les premiers signes de fissuration apparaissent : le mélange 1 développe des craquelures épaisses et régulières, traduisant des tensions importantes au séchage. Le mélange 2 présente des fissures fines et diffuses, signe d'un comportement plus équilibré. Le mélange 3 montre des craquelures marquées et éparses, sans bénéfice évident supplémentaire lié à l'ajout de sable.

À J+60, le séchage long confirme les limites du mélange 1 : des pertes de matière sont constatées malgré une stabilisation apparente des fissures, conduisant à son exclusion. Le mélange 2 stabilise ses craquelures de manière satisfaisante, ce qui permet de le retenir sous réserve d'ajustements sur la teneur en eau, la finesse des fibres et le traitement de surface. Le mélange 3 présente également une stabilisation satisfaisante, suggérant que l'ajout de sable peut faciliter la mise en œuvre du mélange dans certaines conditions.

Ces essais mettent en évidence l'intérêt de l'association padis / feuille de bananier pour le torchis et confirment que l'ajout de sable peut améliorer l'adhérence et la tenue du matériau.



2. Padis/bananier



3. Padis/bananier/sable



25/06/2025 J0



07/07/2025 J+12



25/08/2025 J+60

Iconographie

JBA, Expérimentations de torchis, RDC du
bâtiment F, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2025

Le mur experimental

Réalisé le 25 juin 2025 sur le chantier Davu Dago à Doujani

À J+0, le mélange 4 (terre—padis—feuille de bananier avec eau réduite) se montre stable, avec une bonne adhérence au lattis et une texture homogène, et s'avère plus facile à mettre en œuvre que le mélange 2 des essais précédents. Le mélange 5, composé uniquement de padis, bénéficie lui aussi d'une meilleure adhérence grâce à la réduction d'eau et au quadrillage, mais reste mécaniquement plus fragile.

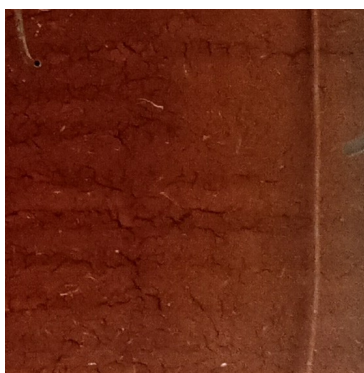
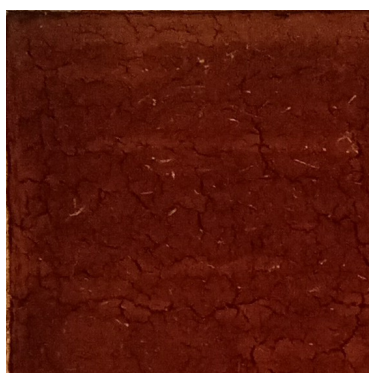
À J+12, peu de craquelures apparaissent sur les deux mélanges. Le quadrillage s'efface progressivement au séchage, traduisant une bonne accroche initiale. Le mélange 4 conserve un comportement stable et équilibré, tandis que le mélange 5 commence à montrer des tensions internes. La réduction d'eau et le quadrillage semblent avoir limité la fissuration.

À J+60, les différences sont nettes : le mélange 4 présente des fissures stabilisées, légèrement plus profondes mais maîtrisées et compatibles avec la mise en œuvre de l'enduit. La coupe des fibres en tronçons plus fins pourrait être explorée pour limiter davantage les craquelures. Le mélange 5, en revanche, développe des fissures plus profondes et marquées, incompatibles avec les exigences de durabilité.

Ces essais confirment que les formulations associant padis et feuille de bananier, combinées à une maîtrise de la teneur en eau et à un traitement de surface adapté, offrent les performances les plus satisfaisantes. Le mélange 4 apparaît comme la formulation la plus aboutie à ce stade de l'expérimentation.



07/07/2025 J0



19/07/2025 J+12



07/09/2025 J+60

Iconographie

JBA, Expérimentations de torchis, RDC du
bâtiment F, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2025

Tableau de suivi du mur expérimental

DAVU DAGO - SUIVI DU MUR EXPERIMENTAL				
TORCHIS	MUR EXPERIMENTAL			CONSTATS
	MATERIAUX	Terre		
		Provenance	Site du projet	Qualité de la terre
		Sable		
		Provenance		
		Fournisseur		
		Fibres (Padis et feuille de bananier)		
		Provenance	Mayotte	
		Fournisseur	Une dizaine d'agriculteurs de l'île	Qualité des fibres
	MISE EN OEUVRE	Mélange 1		
		Matériaux	10u. terre - 8u. padis - 3u. d'eau	J+0 : Aspect J+12 : Appareillage
		Finition	Lisser à l'eau	J+60 : Stabilité
		Mélange 2		
		Matériaux	10u. terre - 4u. padis - 4u. feuilles de bananier - 3u. d'eau	J+0 : J+12: Appareillage
		Finition	Lisser à l'eau	J+60 : Stabilité
		Mélange 3		
		Matériaux	10u. terre - 4u. padis - 4u. feuille de bananier - 3u. d'eau - 2u. sable	J+0 : J+12 : Appareillage
		Finition	Lisser à l'eau	J+60 : Stabilité
		Mélange 4		
		Matériaux	10u. terre - 2u. d'eau - 4u. feuille de bananier - 4u. padis	J+0 : J+12 : peu compacté
		Finition	Quadrillé à la truelle	J+60 : Stabilité
		Mélange 5		
		Matériaux	10u. terre - 2u. d'eau - 8u. padis	J+0 : J+12 : peu compacté
		Finition	Quadrillé à la truelle	J+60 : Stabilité
		Technique de mise en oeuvre		
		Mélange du torchis	Un trou est creusé sur site dans lequel est ajouté une bache pour assurer l'étanchéité. Ensuite est ajouté la fibre, la terre puis l'eau avant que tout ne soit pétri avec les pieds.	Système formé
		Remplissage	Remplissage du torchis puis application d'une couche fine recouvrant le lattis	Un espace de 10cm
	PLANNING	Délais lors de la réalisation du prototype		Délais de démarrage
		Temps d'application d'un pignon		5 jours
		Temps de séchage	8 semaines	8 semaines
		Temps total		9 semaines

PROTOTYPE EN TORCHIS	
DESCRIPTION	RECOMMANDATION
La terre satisfaisant	Site du projet
Fibres satisfaisantes	Mayotte Une dizaine d'agriculteurs de l'île
et lisse et homogène,	Conclusion : Le mélange est trop friable
Présence de craquelures épaisses et régulières au niveau du lattis - texture rugueuse	Axes d'ajustements : réduire la quantité d'eau + couper les fibres plus finement
Présence des craquelures, des morceaux de torchis sont tombés - texture lisse	Option non retenue
	Conclusion : mélange padis/ feuille de bananier concluant
Présence de craquelures fines et éparses sur l'ensemble du test - texture rugueuse	Axes d'ajustements : réduire la quantité d'eau + couper les fibres plus finement
Présence des craquelures - texture lisse	Option retenue avec ajustement + ajout de strie pour des craquelure plus homogène
	Conclusion : sable ne montre pas une solidité supplémentaire
Présence de craquelures épaisses et éparses sur l'ensemble du test - texture rugueuse	Axes d'ajustements : réduire la quantité d'eau + couper les fibres plus finement
Présence des craquelures, des morceaux manquent de tombés - texture lisse	Option non retenue
	Conclusion : mélange padis/bananier concluant, l'ajout de strie et la réduction d'eau rendre le support plus adhérent et homogène
de craquelure visible, le quadrillage s'efface progressivement - texture rugueuse	Axes d'ajustements : couper les fibres plus finement
Présence de la quantité de craquelure mais elles sont plus profondes - texture rugueuse	Option retenue avec ajustement
	Conclusion : la seule présence de padis ne semble pas suffire à la rigidité, cependant la réduction d'eau et l'ajout de strie semble favorisé l'adhérence
de craquelure visible, le quadrillage s'efface progressivement - texture rugueuse	Axes d'ajustements : réduire la quantité d'eau + couper les fibres plus finement
Présence de la quantité de craquelures mais bien plus profonde - texture rugueuse	Option non retenue
Fonctionnel pour le prototype mais qu'il faudra ajuster pour l'ensemble du projet.	Le mélange sera réalisé dans de grands bac à l'étage de chacun des bâtiments.
Le plus important entre le lattis est nécessaire pour une meilleure mise en oeuvre	Il faut
Demandé par MBS	Délais demandé par la MOE
	5 jours
	4 semaines
	5 semaines

Iconographie

JBA, Tableau de suivi du mur expérimental, 2025.

3. ESSAIS EN LABORATOIRE

En parallèle des expérimentations empiriques, les trois mélanges sélectionnés seront analysés par la DEALM afin de confronter les résultats scientifiques aux observations de terrain. Cette approche permet d'ajuster finement la composition du torchis.

Dans la perspective de réaliser un mur en torchis avec une finition en enduit terre, l'analyse se déploie selon trois niveaux :

Composition de la terre : déterminer la proportion de particules fines (argile, limon) et grossières (sable, gravier) pour évaluer la pertinence d'un liant à partir de la terre du site Davu Dago.

Résistance à la compression : tester la capacité du mélange à être compacté sans se dégrader, sur trois briques de $20 \times 20 \times 6$ cm, respectivement composées de :

Terre, padis, eau

Terre, padis, feuilles de bananier, eau

Terre, padis, feuilles de bananier, sable

4. MUR PROTOTYPE

REALISATION EN COURS

Réaction hygrométrique : évaluer la capacité du matériau à absorber et relâcher l'humidité sans se déformer, pour mesurer sa résistance aux intempéries. Les essais seront réalisés sur trois briques recouvertes d'enduit, composées de :

Terre, eau, chaux

Terre, sable, pailles, chaux

Terre, sable, chaux

La mise en corrélation des résultats empiriques et expérimentaux permettra de sélectionner le mélange de torchis le plus adapté pour le chantier, garantissant à la fois sa maniabilité, sa durabilité et sa compatibilité avec l'enduit de finition.

Pour le moment, ces tests n'ont pas pu être réalisés car le laboratoire est hors service depuis le passage du cyclone Chido en décembre 2024.



Chapitre III

Les enduits

1. Recherches préliminaires
2. Le mur expérimental
3. Essais en laboratoire
4. Le mur prototype

Iconographie

JBA, enduit expérimental, RDC du bâtiment F,
Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2025



Suite aux recherches sur le mélange de torchis, l'étape suivante consiste à définir l'enduit le plus adapté au projet Davu Dago, en tenant compte de son adhérence au torchis, sa durabilité et son rendu lisse et contemporains.

1. LES RECHERCHES PRELIMINAIRES

Une première phase de recherches préliminaires a été menée afin d'identifier les matériaux, la méthodologie de mise en œuvre et les finitions adaptées aux enduits.

La mise en œuvre d'un enduit est recommandée pour les murs en terre, car elle présente un double intérêt : offrir un fini lisse et harmonieux, tout en protégeant le mur des intempéries et en contribuant à sa durabilité. L'enduit permet également d'améliorer les performances thermiques du bâtiment.

Ainsi nos recherches ont été menées en collaboration avec l'entreprise MBS, titulaire du lot 05 – Remplissage torchis et Max Express, titulaire du lot 13 - Peinture afin de définir un enduit conforme aux recommandations du CCTP, à savoir :

« L'entrepreneur posera une ou plusieurs couches d'enduit par-dessus l'ossature bambou et le lattis horizontal afin d'obtenir une finition de mur intérieur et extérieur bien lisse, propre et contemporaine. Le nombre de couches dépendra de la qualité de l'enduit réalisé, l'objectif étant d'obtenir une surface plane, lisse, durable, non fissurée, d'une épaisseur de 4 à 6 cm. L'entrepreneur du présent lot devra fournir une finition de mur propre et lisse afin que l'entrepreneur du lot 13 "peinture" puisse ensuite réaliser une couche de badigeon de chaux sur les murs intérieurs des logements, pour une finition propre, moderne et de couleur blanche. »

De cette façon les, nous avons défini une déclinaison d'enduit réalisés sur le pignon est du rez-de-chaussée du bâtiment F du projet Davu Dago, sur les deux mélanges de torchis pressentis (terre-padis-feuille de bananier / terre-padis-feuille de bananier-sable), sur une surface représentative d'environ un mètre carré.

L'enduit en terre présente une composition simple, à base de terre et d'eau, pouvant être complétée par du sable et des fibres selon la qualité de la terre, afin d'améliorer la cohésion et de limiter la fissuration. Moins élastique que le torchis, il nécessite une formulation plus fine et maîtrisée. Dans les zones exposées à l'humidité, l'ajout de chaux permet d'améliorer sa durabilité tout en conservant la perspiration des murs, comme dans le cadre du projet Davu Dago.

Dans une logique de valorisation des ressources locales, la terre utilisée provient du site, tandis que les fibres retenues sont le padis et la feuille de bananier, identifiées comme les plus performantes lors des expérimentations du torchis. Les fibres fines sont privilégiées pour la réalisation des enduits. Le sable, bien que non prévu initialement au marché, étant fortement recommandé, des essais ont été menés avec et sans sable afin d'évaluer la pertinence de son ajout.

Composition des enduits

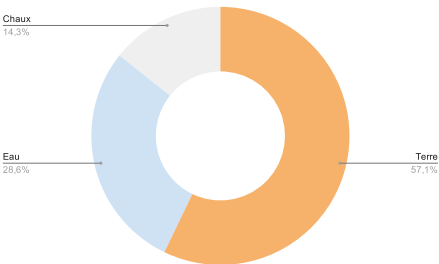
Ces recherches ont conduit à la mise en œuvre de cinq mélanges d'enduit à l'échelle 1, selon une démarche expérimentale structurée en deux phases : une première réalisée le 15 septembre 2025, puis une seconde en janvier 2026. L'ensemble des mélanges a été observé sur une période de 20 jours et ont également fait l'objet de tests empiriques visant à évaluer leur résistance à l'eau, aux chocs et aux frottements.

La première phase visait à expérimenter trois formulations d'enduit sur deux supports en torchis pressentis (terre–padis–feuille de bananier et terre–padis–feuille de bananier–sable), afin d'évaluer leur adhérence et leur comportement initial. Les mélanges testés étaient : terre / eau / chaux ; terre / sable / eau / chaux ; terre / sable / padis / eau / chaux.

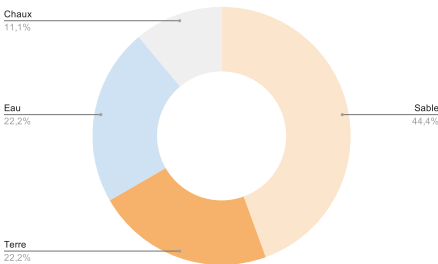
Lors de cette première expérimentation, seul l'enduit terre–sable–padis–chaux a bénéficié d'une finition au badigeon de chaux, car il présentait une rigidité suffisante pour recevoir ce traitement.

Les essais de la première phase ont permis d'identifier le support le plus adapté et d'affiner la formulation de l'enduit à travers des ajustements complémentaires, tant dans sa composition que dans sa mise en œuvre.

1. 2 doses terre
1 dose d'eau
0,5 dose chaux



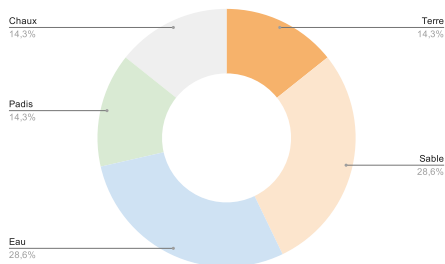
2. 1 dose terre
2 doses de sables
1 dose d'eau
0,5 dose de chaux



Les expérimentations ont été réalisées sur un mur expérimental après la mise en œuvre de l'ossature en bambou par l'entreprise AMG (lot 03 – Structure bambou et bois). Le bambou local utilisé (*Bambusa vulgaris*), présentant des irrégularités importantes et un diamètre conséquent, a complexifié la mise en œuvre et limité le respect strict des épaisseurs d'enduit prescrites par le CCTP (4 à 6 cm). En raison de l'épaisseur déjà importante du mur en torchis, seules deux couches d'enduit ont pu être appliquées pour chacun des mélanges testés. Chaque couche a été mise en œuvre avec un intervalle de quatre jours. Cette phase expérimentale a néanmoins permis d'anticiper les ajustements nécessaires avant le déploiement de la solution à l'échelle du projet.

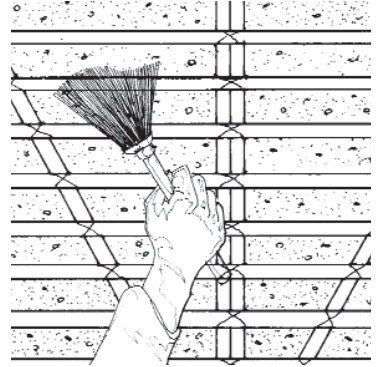
Ces essais ont également mis en évidence une difficulté organisationnelle : en termes de composition et de mise en œuvre, il aurait été plus cohérent que le lot 05 (torchis et enduits) soit également en charge de la chaux, initialement attribuée au lot 13 (peinture). Ce point constitue un retour d'expérience important pour les projets futurs. Dans le cas du mur prototype, le lot 05 s'est organisé avec le lot 13 afin de récupérer une certaine quantité de chaux et de l'intégrer directement dans ses mélanges.

- 3. 1 dose terre
- 2 doses de sables
- 2 doses d'eau
- 1 dose de padis
- 1 dose de chaux



Protocole de mise en oeuvre

1. Nettoyer : On balaye le mur afin d'enlever les morceaux trop friables



2. Appliquer une première couche d'enduit : On applique une première couche d'enduit afin d'égaliser les imperfections du mur. L'épaisseur de cette couche peut varier de 8 à 20 mm.

Le mortier doit avoir les proportions suivantes :

1 part de terre argileuse à 5mm.

2 parts de sable (passant la maille de 5mm).

1/3 de paille coupée à 3 cm de long.



3. Inciser : On réalise de petites incisions qui permettent une meilleure adhésion pour la deuxième couche





4. Appliquer la couche de finition : On réalise une deuxième couche d'enduit à la qualité esthétique. Pour ce faire, on attend le séchage complet de la première couche.

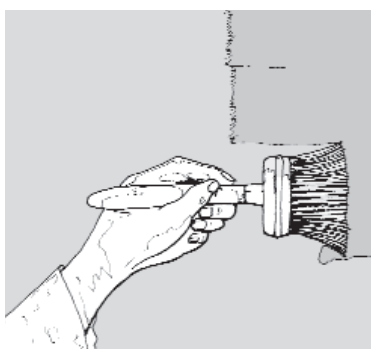
Le mortier en proportions approximatives sera composé de :

1 dose de terre (qui passe à travers la maille de 2mm)

3 ou 4 doses de sable fin



5. On réalise, à l'aide d'une éponge des mouvements circulaires.



Iconographie

Carazas Aedo, W., & Rivero Olmos, A.,
Illustration extraite de Bahareque : guía
de construcción parasísmica, MISEREOR /
CRAterre, p. 19.

2. LE MUR EXPERIMENTAL

Réalisé le 15 septembre 2025 sur le chantier Davu Dago à Doujani

À J+0, le mélange 1 (terre / chaux) présente une texture très souple et élastique, facilitant la mise en œuvre. Toutefois, il s'avère difficile d'obtenir et de conserver un rendu lisse. À l'inverse, le mélange 2 (terre / sable / chaux) révèle une texture très rugueuse : il est facile à appliquer et à travailler, mais offre un rendu poreux et peu lisse dans un premier temps. Le mélange 3 (terre / sable / padis / chaux) se situe à l'équilibre entre les deux, combinant une bonne élasticité à la mise en œuvre et un rendu plus lisse et homogène.

1. Terre/chaux

À J+10, les premiers phénomènes de fissuration apparaissent. Le mélange 1 développe des craquelures régulières et profondes, avec un risque d'effondrement de l'enduit sur toute son épaisseur. Le mélange 2 présente des fissures plus fines et moins profondes, mais montre des risques de décollement par plaques. Le mélange 3, qui semblait suffisamment résistant pour recevoir un badigeon à la chaux, ne présente quant à lui aucune fissuration visible.

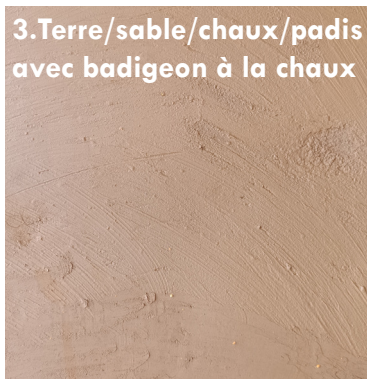
À J+20, le séchage long confirme les limites des mélanges 1 et 2 : des fragments d'enduit se détachent, traduisant un manque de cohésion. Le mélange 3, en revanche, reste stable et intact. Ces observations confirment que l'ajout de sable est nécessaire pour améliorer la cohésion du mélange lors de la mise en œuvre, tandis que l'intégration de fibres permet de renforcer le liant interne et de limiter la fissuration. Le badigeon à la chaux apparaît comme une solution pertinente pour obtenir un rendu lisse et contemporain, tout en renforçant la protection de l'enduit. Néanmoins, certaines irrégularités observées soulignent la nécessité d'un enduit support parfaitement lissé avant l'application du badigeon.



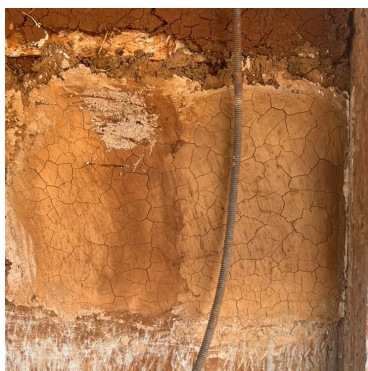
2.Terre/sable/chaux



3.Terre/sable/chaux/padis
avec badigeon à la chaux



15/09/2025 J0



25/09/2025 J+10



04/10/2025 J+20

Iconographie

JBA, Expérimentations des enduits, RDC du
bâtiment F, Davu Dago, Doujani, 2025.

Le mur experimental - test d'abrasion

Réalisé le 04 octobre 2025 sur le chantier Davu Dago à Doujani

Ce test a permis d'évaluer la résistance des enduits à l'érosion par frottement à travers 30 allers-retours simulant les sollicitations liées à l'usage. Un enduit est considéré comme résistant lorsque la profondeur du sillon est inférieure à 2 mm.

Les résultats montrent que les enduits sans fibres présentent une résistance insuffisante. Le premier mélange, bien que légèrement résistant, développe un sillon d'environ 3 mm et se délite partiellement. Le second mélange s'est révélé trop friable, avec un décollement rapide des plaques d'enduit empêchant la poursuite du test.

Le troisième et quatrième mélange, ont montré que le badigeon à la chaux offre une résistance partielle, mais se dégrade après une dizaine d'allers-retours, traduisant une épaisseur et une cohésion encore insuffisantes.





ENDUIT AVANT TEST



ENDUIT APRES TEST

Iconographie

JBA, Expérimentations des enduits – test
abrasif, RDC bâtiment F, Davu Dago,
Doujani, 2025.

Le mur experimental - test de poiçonnement dynamique

Réalisé le 04 octobre 2025 sur le chantier Davu Dago à Doujani

Ce test visait à évaluer la résistance des enduits aux chocs ponctuels répétés, à travers une série d'une vingtaine d'impacts simulant des sollicitations mécaniques liées à l'usage.

Les résultats montrent que les enduits sans fibres présentent une faible résistance aux impacts. Le mélange terre/sable développe des impacts profonds (jusqu'à 10 mm) accompagnés de fissurations, traduisant une incapacité à absorber les chocs. L'ajout de chaux améliore légèrement le comportement du matériau, mais le mélange terre/sable/chaux reste fissuré et insuffisamment résistant.

Le mélange intégrant à la fois fibres et chaux présente les meilleurs résultats, avec des impacts plus limités (1 à 5 mm). Toutefois, un décollement du badigeon à la chaux est observé, indiquant que la finition reste trop fragile.





ENDUIT AVANT TEST



ENDUIT APRES TEST

Iconographie

JBA, Expérimentations des enduits – test
de poinçonnement dynamique, RDC
bâtiment F, Davu Dago, Doujani, 2025.

Le mur experimental - test de capillarité

Réalisé le 04 octobre 2025 sur le chantier Davu Dago à Doujani

Ce test visait à évaluer le comportement des enduits face à l'eau, en observant leur capacité d'absorption et de ruissellement après un apport contrôlé de 250 ml d'eau.

Les résultats montrent que les enduits sans finition présentent une forte sensibilité à l'humidité. Le mélange 1 marqué par des fissures larges, laisse rapidement infiltrer l'eau, qui se concentre durablement le long des fissures, traduisant une perméabilité élevée. L'ajout de chaux améliore légèrement le comportement : le mélange 2 absorbe l'eau plus lentement, mais reste humide en surface après 5 minutes, ce qui indique une résistance encore insuffisante à l'humidité.



En revanche, les mélanges avec finition au badigeon présente un comportement nettement plus performant. L'eau glisse en surface sans pénétration notable, confirmant l'efficacité du badigeon.



ENDUIT AVANT TEST



ENDUIT APRES TEST

Iconographie

JBA, Expérimentations des enduits – test
de capillarité, RDC bâtiment F, Davu
Dago, Doujani, 2025.

Le mur experimental - bilan

Réalisé le 04 octobre 2025 sur le chantier Davu Dago à Doujani

Les essais réalisés ont permis d'évaluer le comportement des enduits en terre en termes de résistance mécanique, de sensibilité à l'humidité et d'évolution au séchage. Les observations temporelles montrent que les mélanges non fibrés présentent un séchage hétérogène, générant des fissures importantes et une perte progressive de cohésion.

L'ajout de sable améliore la gestion des retraits, mais reste insuffisant en l'absence de fibres. Les tests d'abrasion et de poinçonnement confirment la faible résistance mécanique des enduits non fibrés, tandis que l'association sable, fibres et chaux offre une stabilité nettement supérieure après séchage. La chaux améliore également la tenue à l'humidité, sans toutefois être suffisante sans protection de surface.

Le badigeon à la chaux, appliqué sur un enduit stabilisé et parfaitement sec, s'est révélé efficace pour limiter l'absorption de l'eau et améliorer le rendu de surface.

En conclusion, le mélange terre / sable / fibres (padis) / chaux, associé à un temps de séchage suffisant entre les couches et complété par un badigeon à la chaux, apparaît comme la solution la plus adaptée aux exigences de durabilité, d'usage et de performance du projet Davu Dago. Ce mélange nécessite toutefois des ajustements en termes de formulation et de mise en œuvre. Il est recommandé d'appliquer deux couches d'enduit terre–padis–sable–chaux faiblement dosées en chaux pour rattraper la planéité, puis une couche de finition plus chargée en chaux (aspect quasi blanc, épaisseur 2 à 3 mm), enfin deux à trois couches de badigeon à la chaux, la première étant appliquée immédiatement après la couche de finition.

ANALYSE ABRASIVE	SUPPORT DE L'ENDUIT		
PROTOCOLE : Stimuler l'abrasion en faisant 30 aller-retour à l'aide d'une brosse métallique	TERRE/SABLE	TERRE/SABLE/CHAUX	TERRE/SABLE/PADIS/CHAUX - FINITION BADIGEON A LA CHAUX
PROFONDEUR DE L'ABRASION	3mm	-	2 mm
DIMENSION DES GRANULATS RECOLTES	2mm à plusieurs plaques d'enduits de qq cm	-	2mm
CONSTAT	Les plaques d'enduits se délitent partiellement et ne permettent pas d'effectuer correctement le test	Au premier frottement des plaques d'enduit sont tombés, le test n'a pas pu être réalisé	Le badigeon à la chaux s'est délité au bout de 10 aller-retour
BILAN	Le mélange montre une légère résistance à l'abrasion, mais n'est pas assez résistant. L'ajout de fibre et de chaux pourraient lier et fortifier le mélange.	Le mélange est trop friable, il n'a pas montré de résistance à l'abrasion. L'ajout de fibre pourrait lier et apporter des propriétés à la résistance plus importante.	Le badigeon montre une résistance à l'abrasion, mais semble encore trop fine

ANALYSE POINCONNEMENT DYNAMIQUE	SUPPORT DE L'ENDUIT		
PROTOCOLE : Simuler une vingtaine d'impacts à l'aide d'un outil de 6mm de diamètre	TERRE/SABLE	TERRE/SABLE/CHAUX	TERRE/SABLE/PADIS/CHAUX - FINITION BADIGEON A LA CHAUX
PROFONDEUR DES IMPACTS	2 à 10mm	5 à 8mm	1 à 5mm
ETAT DE LA MATIERE A PROXIMITE	Fissuré	Fissuré	Décollement de couche de badigeon
CONSTAT	Le mélange ne résiste pas aux impacts.	Le mélange ne résiste pas aux impacts	Le mélange montre une résistance insuffisante aux impacts
BILAN	Le mélange ne résiste pas aux impacts. Il manque une fibre pour lier et rigidifier le tout.	La présence de chaux semble apporter de la résistance. L'ajout de fibre permettrait de lier et réédifier le tout.	La présence de chaux et fibres ont montré leur pertinence. Le badigeon à la chaux montre une résistance encore insuffisante, l'ajout de couche supplémentaire est à envisager.

ANALYSE PAR CAPILLARITE	SUPPORT DE L'ENDUIT		
PROTOCOLE : verser 250ml d'eau sur la surface et observer son écoulement sur 5 minutes	TERRE/SABLE	TERRE/SABLE/CHAUX	TERRE/SABLE/PADIS/CHAUX - FINITION BADIGEON A LA CHAUX
ETAT DE L'ENDUIT A L'INITIAL	Fissures larges et profondes	Fissures fines et superficielles	Lisse
ETAT DE L'ENDUIT APRES 1MINUTES APRES VERSMENT	L'eau s'est infiltré dans les fissures et laisse une faible humidité en surface	L'eau s'est infiltré dans les fissures et le mur reste humide en surface	L'eau glisse en surface
ETAT DE L'ENDUIT APRES 5MINUTES APRES VERSMENT	Le mur est sec au touché mais nous percevons une présence d'humidité le long des fissures	Le mur reste humide au touché. L'humidité s'est concentré autour des fissures.	L'entière de l'eau à glisser et laisse une légère marque d'eau en surface
CONSTAT	Le mur est perméable	Le mur est perméable	Le mur est imperméable
BILAN	Le mur n'est pas résistant à l'humidité	La présence de chaux dans le mélange recule l'absorption de l'eau mais n'est pas suffisant	Le badigeon à la chaux montre sa résistance à l'humidité.

Iconographie

JBA, Tableau de suivi des expérimentations d'enduits, RDC du bâtiment F, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2025.

3. ESSAIS EN LABORATOIRE

En parallèle des expérimentations empiriques, les trois mélanges sélectionnés seront analysés par la DEALM afin de confronter les résultats scientifiques aux observations de terrain. Cette approche permet d'ajuster finement la composition du torchis.

Dans la perspective de réaliser un mur en torchis avec une finition en enduit terre, l'analyse se déploie selon trois niveaux :

Composition de la terre : déterminer la proportion de particules fines (argile, limon) et grossières (sable, gravier) pour évaluer la pertinence d'un liant à partir de la terre du site Davu Dago.

Résistance à la compression : tester la capacité du mélange à être compacté sans se dégrader, sur trois briques de 20×20×6 cm, respectivement composées de :

Terre, padis, eau

Terre, padis, feuilles de bananier, eau

Terre, padis, feuilles de bananier, sable

4. MUR PROTOTYPE

REALISATION EN COURS

Réaction hygrométrique : évaluer la capacité du matériau à absorber et relâcher l'humidité sans se déformer, pour mesurer sa résistance aux intempéries. Les essais seront réalisés sur trois briques recouvertes d'enduit, composées de :

Terre, eau, chaux

Terre, sable, pailles, chaux

Terre, sable, chaux

La mise en corrélation des résultats empiriques et expérimentaux permettra de sélectionner le mélange de torchis le plus adapté pour le chantier, garantissant à la fois sa maniabilité, sa durabilité et sa compatibilité avec l'enduit de finition.

Pour le moment, ces tests n'ont pas pu être réalisés car le laboratoire est hors service depuis le passage du cyclone Chido en décembre 2024 et nous attendons sa réouverture.

CONCLUSION

Ce livret n'est pas un simple document de références. Il retrace certaines recherches préliminaires sur les techniques de construction en terre possibles à Mayotte pour se concentrer sur le torchis, il illustre les expérimentations nécessaires à la préparation du bon mélange de terre et de fibres composant la matière du torchis, il documente le suivi en cours du chantier permettant d'affiner et adapter le protocole et la technique de mise en oeuvre des murs de remplissage sur une structure secondaire en bambou, il permet d'établir un pont essentiel entre les idées élaborées lors de la phase de conception et leur mise en œuvre à l'échelle du chantier. Après la conception et la phase de laboratoire in situ qui ont permis le choix précis de la composition du torchis et de son ossature, nous sommes passés à l'expérimentation croisée des premiers éléments de mur. En facilitant une réflexion collective entre les différents acteurs du projet, les expérimentations ont permis de préciser les recettes et protocoles à suivre pour les étapes futures, favorisant ainsi les discussions constructives et les arbitrages entre la maîtrise d'œuvre, la maîtrise d'ouvrage et les entreprises impliquées.

Il est important de souligner que ce livret se positionne comme un témoignage de recherches ciblées pour réaliser des murs en torchis sur une opération de logements semi collectifs à Mayotte. Les résultats ne sont pas universels et la justesse de la technique est à adapter en fonctions notamment de la terre et des fibres disponibles localement. Chaque projet architectural réagit et s'enrichit de son contexte ; les études, expérimentations, adaptations au climat et aux matériaux disponibles. Cela afin de sortir de la logique reproductive pour faire mieux avec moins, diminuer les impacts négatifs sur l'environnement et augmenter les impacts sur le tissu économique local. Ainsi, le temps important passé à l'étude et à l'expérimentation sur ce projet nécessitent un financement dédié ; cela a été possible sur ce projet grâce à l'accompagnement financier de EQLD et TOTEM . Ce livret devrait permettre aux futurs concepteurs de profiter de nos retours d'expériences, d'éviter certains surcoûts d'étude et d'expérimentation ; même si il est crucial de prendre en compte les particularités de chaque nouveau projet pour assurer son succès et sa pérennité.

Ce projet s'inscrit dans une dynamique du territoire mahorais afin de valoriser les matériaux locaux, bio et géo sourcés trop souvent mal perçus car considérés comme passéistes. A travers leur utilisation dans une construction contemporaine, nous pouvons montrer leur pertinence et améliorer le confort des habitants. Alors que les matériaux industrialisés importés génèrent un prix de la construction très élevé et une uniformisation des paysages construits, l'utilisation de ressources locales crée de la richesse en favorisant une économie locale, en diminuant l'impact environnemental et en formalisant la diversité des situations et des paysages.

La terre est un matériau présent partout. Il ne nécessite pas beaucoup de transformation à condition le mettre en oeuvre à sa juste place. De plus en plus d'architectes, associations et simples citoyens utilisent ce matériau pour ses nombreuses qualités. Plutôt que d'acheter des matériaux qui ont fait le tour du monde, prenons le temps d'apprendre à modeler ce que nous avons sous les pieds.

ANNEXES

1. Bibliographie
2. Iconographie
3. Calendrier des expérimentations
4. DCE - Lot 05 - Remplissage torchis - CCTP
5. CRCT N°9 - Echange MOE/bureau de contrôle

BIBLIOGRAPHIE

- ART.Terre. (2010, 10 avril). Construire en terre mahoraise [Conférence]. Exposition ART.Terre, Maison de l'Architecture, Paris, France.
- Association Régionale de Promotion de l'Écoconstruction (ARPE) Normandie. (2020). Guide des bonnes pratiques de la construction en terre crue. ARPE Normandie.
<https://arpenormandie.org/la-terre/guide-des-bonnes-pratiques-construction-terre-crue/>
- Aurita, A., Cambreling, M., & Joulain, F. (2025). Le béton et le bambou : propositions pour Mayotte et le monde. Delcourt / Encrage.
- Carazas Aedo, W., & Rivero Olmos, A. (2002). Guía de construcción parasísmica : Bahareque. CRATerre / Misereor.
https://www.misereor.org/fileadmin/user_upload_misereororg/cooperation/es/construccion/guia-de-construccion-bahareque-parasismica.pdf
- Chatain, B., & Cheyssial, A. (1978). Habitat mahorais : étude analytique et perspectives. Éditions A.G.G.
- Fontaine, L., & Anger, R. (2013). Bâtir en terre : du grain de sable à l'architecture. La Cité des Sciences et de l'Industrie.
- Giraudeau-Warden, A., & Rondin, M. (2023). Atlas filière (Mémoire de fin d'études). ENSA Nantes.
- Guillaud, H., & Houben, H. (2006). Traité de construction en terre. Parenthèses.
- Hidalgo Lopez, O. (2020). Manuel de construction en bambou. Terran.
- Le Bayon, F. (1982). Hodi, une expérience d'habitat [Film]. Lieurac Productions.
<https://www.youtube.com/watch?v=0Q9sc-omtWs>
- Le Bayon, F. (2004). Les révolutions de la terre [Film]. Lieurac Productions.
- Le Bayon, F. (2004). Les nouveaux habits de la terre [Film]. Lieurac Productions.
- Lietar, V., Tessier, D., & De Lorient, N. (2021). Construire en terre mahoraise : témoignages sur la filière mahoraise du bloc de terre comprimée. CRATerre.
- Réseau Écobâtir & Maisons Paysannes de France. (2018). Guide de bonnes pratiques des enduits en terre. Édition 2018.

- Figure 1 — couverture — JBA, Mur expérimental en torchis, RDC bâtiment F, Davu Dago, Doujani, 2025.
- Figure 2 — p. 4 — JBA, ossature bambou du mur expérimental, RDC bâtiment F, Davu Dago, Doujani, 2025.
- Figure 3 — p. 6 — JBA, mise en oeuvre torchis, RDC bâtiment F, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2025.
- Figure 4 — p. 11 — JBA, mise en oeuvre torchis, RDC bâtiment F, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2025.
- Figure 5 — p. 13 — Atelier Ya Hazi'ne 02, L'habitat traditionnel mahorais, avril 2019.
- Figure 6 — p. 15 — Harappa, Collège de Dzoumogné en pierres locales et BTC, Dzoumogné, 1989.
- Figure 7 — p. 15 — Société Immobilière de Mayotte (SIM), Exemple de cases en BTC, Mayotte, 1982.
- Figure 8 — p. 17 — ART.TERRE, ATEx de type A «Ouvrages en maçonnerie de BTC –Parois et murs», 2018.
- Figure 9 — p. 17 — ART.TERRE, Règles professionnelles BTC Mayotte, juillet 2022.
- Figure 10 — p. 18 — Encore Heureux – CO Architectes, Lycée des métiers du bâtiment, Longoni, 2025.
- Figure 11 — p. 19 — Kéré Foundation, Logement des enseignants, Gando, Burkina Faso, 2004.
- Figure 12 — p. 20 — Anna Heringer, METI School, Rudrapur, Bangladesh, 2016.
- Figure 13 — p. 21 — Marin Rauch, Nk'Mip Desert Cultural Centre, Osoyoos, Canada, 2006.
- Figure 14 — p. 23 — Patricio Merina Mella, Pavillon viticole artisanal, Quella, Cauquenes, Chili, 2012.
- Figure 15 — p. 24 — Fontaine, L., & Anger, R., Ossature d'un mur en torchis, in Bâtir en terre : du grain de sable à l'architecture, 2013.
- Figure 16 — p. 25 — Hidalgo López, O., Détails de mise en œuvre du torchis, in Manuel de construction en bambou, 2020.
- Figure 17 — p. 26 — Bahareque, Casa España.
- Figure 18 — p. 27 — White Ant Studio, Wood House, Auroville, Inde, 2016.
- Figure 19 — p. 28 — Shieh Arquitetos Associados, École primaire, Valinhos, Brésil, 2019.
- Figure 20 — p. 29 — Marcelo Cortes, Casa Peñalolén, Peñalolén, Chili, 2005.
- Figure 21 — p. 30 — Guillaud, H., & Houben, H., Recherche ININVI, in Traité de construction en terre, 2006.
- Figure 22 — p. 31 — Amàco, Prototype en terre coulée, in Construire en terre coulée, 2017.
- Figure 23 — p. 33 — Studio Mesura, Casa Ter, Alt Empordà, Espagne, 2019.
- Figure 24 — p. 34 — BC Architects & Studies, Bibliothèque de Muyinga, Muyinga, Burundi, 2013.
- Figure 25 — p. 35 — Conti, G., & Giardinelli, S., Casa di Teresa, Casalincontrada, Italie, 2008.
- Figure 26 — p. 36 — BC Architects & Studies+MAMOTH, Preschool of Aknaibich, Maroc, 2014.
- Figure 27 — p. 37 — Ziegert | Roswag | Seiler Architekten Ingenieure, Earthen School, Jar Maulwi, Pakistan, 2006.
- Figure 28 — p. 39 — JBA, Composition mur en torchis, RDC bâtiment F, Davu Dago, Doujani, 2025.
- Figure 29 — p. 41 — EPRDM, Schéma Directeur de la ZAC de Doujani, Mayotte, 2023.
- Figure 30 — p. 41 — JBA, Plan masse, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2024.

Figure 31 — p. 43 — JBA, Plan RDC, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2024.

Figure 32 — p. 43 — JBA, Coupe transversale, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2024.

Figure 33 — p. 44 — JBA, Axonométrie des typologies de logements, Davu Dago, Doujani, 2024.

Figure 34 — p. 45 — JBA, Plans RDC des typologies de logements, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2024.

Figure 35 — p. 47 — JBA, Coupe transversale d'un bâtiment type issu du DCE, Doujani, Mayotte, 2024.

Figure 36 — p. 47 — JBA, Détail mur en torchis, DCE, Doujani, Mayotte, 2024

Figure 37 — p. 50/51 — JBA, Fibres mahoraises, Combani, Mayotte, 2025.

Figure 38 — p. 52/53 — JBA, Test Carazas, Combani, Mayotte, 2025.

Figure 39 — p. 55 — JBA, Test du cigare, Combani, Mayotte, 2025.

Figure 40 — p. 57 — JBA, Protocole de mise en œuvre du torchis, Combani, Mayotte, 2025.

Figure 41 — p. 59–61 — JBA, Expérimentations terre / fibres, Combani, Mayotte, 2025.

Figure 42 — p. 63–65 — JBA, Expérimentations terre / fibres / sable, Combani, Mayotte, 2025.

Figure 43 — p. 66–71 — JBA, Expérimentations terre / fibres mixtes / sable, Combani, Mayotte, 2025.

Figure 44 — p. 72 — JBA, Expérimentations de torchis, RDC du bâtiment F, Davu Dago, Doujani, 2025.

Figure 45 — p. 76 — JBA, Protocole de mélange du torchis, RDC bâtiment F, Davu Dago, Doujani, 2025.

Figure 46 — p.77 — JBA, Protocole de mise en œuvre du torchis, RDC bâtiment F, Davu Dago, Doujani, 2025.

Figure 47 — p.80/81 — JBA, Schéma de composition des mélanges de torchis, 2025.

Figure 48 — p. 82/85 — JBA, Expérimentations de torchis, RDC du bâtiment F, Davu Dago, Doujani, 2025.

Figure 49 — p. 86/87 — JBA, Tableau de suivi du mur expérimental, 2025.

Figure 50 — p. 93 — JBA, enduit expérimental, RDC du bâtiment F, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2025.

Figure 51 — p. 96/97 — JBA, Schéma de composition des mélanges d'enduits, 2025.

Figure 52 — p. 98/99 — Carazas Aedo, W., & Rivero Olmos, A., Illustration extraite de Bahareque : guía de construcción parasísmica, MISEREOR / CRATerre, p. 19.

Figure 53 — p. 100 — JBA, Expérimentations des enduits, RDC du bâtiment F, Davu Dago, Doujani, 2025.

Figure 54 — p. 102 — JBA, Expérimentations des enduits – test abrasif, RDC bâtiment F, Davu Dago, Doujani, 2025.

Figure 55 — p. 104 — JBA, Expérimentations des enduits – test de poinçonnement dynamique, RDC bâtiment F, Davu Dago, Doujani, 2025.

Figure 56 — p. 106 — JBA, Expérimentations des enduits – test de capillarité, RDC bâtiment F, Davu Dago, Doujani, 2025.

Figure 57 — p. 109 — JBA, Tableau de suivi des expérimentations d'enduits, RDC du bâtiment F, Davu Dago, Doujani, Mayotte, 2025.

DCE - Lot 03 - CCTP

Lot N°03A: MISE EN OEUVRE DU BAMBOU
Lot N°03B: FOURNITURE DU BAMBOU
Lot N°04: COUVERTURE TOLE ET BARDAGE VERTICAL
Lot N°05: REMPLISSAGE TORCHIS
Lot N°06 : MENUISERIES EXTERIEURES
Lot N°07 :MENUISERIES INTERIEURES
Lot N°08 : ELECTRICITE CFO CFA
Lot N°09 : PLOMBERIE VENTILATION CES
Lot N°10 : SERRURERIE
Lot N°11 : CARRELAGE FAIENCE
Lot N°12 : CLOISONS DOUBLAGE
Lot N°13 : PEINTURE
Lot N°14 : AMENAGEMENTS EXTERIEURS ET PAYSAGE

2.1.5.1.11 Compte prorata

Pas de compte prorata.

A noter, chaque entreprise doit être couverte par son assurance contre le vol de matériel.

3. DESCRIPTION DES TRAVAUX

Généralités :

L'entrepreneur devra prendre soin de protéger / nettoyer les éléments béton sur lesquelles le mur en remplissage torchis repose car les éléments auront été préalablement peints.

3.1. Préparation du chantier

- L'entreprise devra rapidement fournir à la maîtrise d'oeuvre, des échantillons de terre qu'elle pourrait utiliser pour réaliser le remplissage des murs. La MOE se chargera des les faire tester en laboratoire pour valider l'un d'eux et donner les préconisations de réalisation de mélange à l'entreprise.
- L'entreprise devra rapidement fournir à la maîtrise d'oeuvre, des échantillons de fibres qu'elle pourrait utiliser pour réaliser le remplissage des murs. Des échantillons de fibre pour le torchis « classique » à l'intérieur de l'ossature secondaire et des échantillons de fibres plus longues et fines pour le remplissage de finition en 3 couches.

Réalisation de prototype de mur à l'échelle 1 sur site :

CONSTRUCTION 17 LOGEMENTS À DOUJANI
CCTP – PRO/DCE
LOT 04 – COUVERTURES TOLE ET BARDAGE
MOA : EPFAM MOE : JBA

24 sur 26

- L'entreprise devra réaliser dans un premier temps un prototype de murs à faire valider par Maitrise d'oeuvre et la maitrise d'ouvrage. L'entreprise recevra par la suite l'autorisation de réaliser le remplissage de tous les murs avec cette méthode approuvée ou devra en présenter une autre jusqu'à ce que celle ci soit approuvée.

3.2.Remplissage des murs avec le mélange terre torchis

Une fois l'ossature secondaire des murs réalisée par le lot 03A« mise en oeuvre du bambou » et validée par la maitrise d'oeuvre et la maitrise d'ouvrage, l'entreprise en charge du présent lot peut commencer.

1. Remplissage en terre torchis classique.

Remplissage à l'intérieur de l'ossature bambou

Environ 12cm.

Terre torchis classique.

Mélange au préalable validé par la Moe et Moa.

2. Finition enduit de terre.

L'entrepreneur posera 1 ou plusieurs couches d'enduit par dessus l'ossature bambou + le lattis horizontal pour obtenir une finition de mur intérieur et extérieur bien lisse, propre et contemporaine. Le nombre de couche dépendra de la qualité de l'enduit réalisé, le but étant d'avoir une surface plane, lisse, durable, qui ne craquelle pas.

Epaisseur : Environ 4/6cm de part et d'autre de l'ossature bambou.

Mélange au préalable validé par la Moe et Moa, plus fin que le mélange de terre torchis classique.

A l'intérieur du logement :

L'entrepreneur du présent lot devra une finition de mur propre et lisse afin que l'entrepreneur du lot 13 « peinture » puisse réaliser par la suite une couche de Badigeon de chaux sur les murs intérieurs des logements pour une finition propre, moderne et de couleur blanche.

Mise en oeuvre :

Le remplissage s'effectue sur une ossature bambou préalablement réalisée. L'ossature sera elle même posée sur un talon bétonné lorsque le pied de mur est en contact avec un sol extérieur (ex: balcons, RDC...) pour protéger le mur de l'infiltration d'eau.

Les murs en terre seront en partie protégés par des auvents en tôle ou débords de toiture. Ils seront donc partiellement exposés aux intempéries.

Une attention particulière sera accordée à la finition des murs et à leur planéité.

Epaisseur totale des murs en terre : 22/24cm.

Fait le :

L'entrepreneur (1)

Le maître d'oeuvre

CONSTRUCTION 17 LOGEMENTS À DOUJANI

CCTP – PRO/DCE

LOT 04 – COUVERTURES TOLE ET BARDAGE

MOA : EPFAM

MOE : JBA

25 sur 26

CRCT N°9 - ECHANGE MOE/BUREAU DE CONTRÔLE

Réponse au : CRCT n°9 | Compte Rendu de Contrôle Technique | du 07/07/2025 reçu le 17/07/2025.

Bureau de contrôle (BC) : Veritas.

Maitrise d'oeuvre (Moe) : groupement JBA.

Maitrise d'ouvrage (Moa) : EPFAM.

Affaire : DOUJANI - DAVU-DAGO, Construction de 17 logements

ZAC DE DOUJANI

97600 MAMOUDZOU

MAYOTTE

Le 28/08/2025, A Combani,

Sujet Torchis / Bambou :

Solidité :

Sauf erreur de ma part, nous n'avons pas été destinataires du dossier technique comprenant :

- *Méthodologie de mise en œuvre de la structure des bambous*
- *Méthodologie de mise en œuvre du torchis*
- *Fiche technique des vis (liaison des bambous)*
- *Différents traitements des bambous*

Réponses MOE :

- **Méthodologie de mise en œuvre de la structure des bambous**

Vous trouverez en pièces jointes le dossier EXE complet concernant le lot 03A (Structure Bambou et Bois). Celui-ci a été réalisé par un BET spécialisé dans la construction bambou : Global Wood Tech. Le premier container de bambou en provenance de Madagascar est arrivé à Mayotte la semaine du 21/07/2025. Le bambou sera transporté dans un premier temps à l'atelier de l'entreprise AMG situé en Petite Terre pour le tris / stockage et préfabrication des bambous. Cette préfabrication a pour but de faciliter la mise en oeuvre sur le chantier étant donné les contraintes de pente et de manutention

sur site. Une fois préparés, les bambous seront acheminés sur site et montés puis validés au fur et à mesure par la Moe accompagnée de son BET Structure et par la Moa. Nous vous tiendrons informé de ces moments.

• *Méthodologie de mise en œuvre du torchis*

Le mur en torchis observé sur site est un mur test. Nous avons demandé aux entreprises des lots 03 (structure bambou et bois) et 05 (remplissage torchis), dans leur marché de travaux, de réaliser un mur en torchis test à faire valider par la Moe et Moa avant de démarrer leurs tâches. Ce mur se compose d'une ossature en bambou réalisée par l'entreprise AMG (lot 03) et le remplissage en terre est réalisé par la suite par l'entreprise MBS (lot 05).

Ce mur test est donc l'occasion pour l'entreprise du lot 03 d'ajuster ses assemblages, ses méthodes et ses outils avant de réaliser les murs finaux et pour le lot 05 de trouver les bons mélanges de remplissage et d'enduit en utilisant la terre du site. C'est l'occasion pour la Moe de vérifier les méthodes et corriger avec l'entreprise. Une fois le test validé par la Moe il sera à faire valider par la Moa par la suite.

Depuis plusieurs semaines, l'entreprise responsable du lot 05, MBS (Maoré Building Services) réalise avec l'accompagnement de la Moe, des tests de mélange de terre et de fibres et des tests d'enduits de finition. Le but étant de mettre au point un mélange "idéal", durable avec la terre présente sur site ou autour. Plusieurs mélanges et méthodes de pose ont été testés sur site, sur le mur test du bâtiment F que vous avez vu.

Il s'agit de tester des mélanges de terre avec différentes fibres, différentes proportions d'eau/terre/fibre, d'y ajouter parfois du sable afin d'observer les résultats lors du séchage et ajuster petit à petit jusqu'à obtenir le mélange qui nous semble le plus adapté. Puis ce mélange est testé à l'échelle 1, sur site, sur le mur du bâtiment F et laissé séché pour observation. Il en est de même pour le travail de l'enduit de finition ayant pour but d'apporter une finition durable, lisse et moderne au mur en torchis. Des tests ont été réalisés en atelier puis ils seront testés sur le mur à l'échelle 1 sur site autour du 15 septembre prochain afin de définir un assemblage remplissage + enduit "idéal" qui sera à valider sur place. En effet, une fois les mélanges de remplissage secs, l'entreprise appliquera les mélanges d'enduits (avec ou sans chaux), sur les mélanges de remplissage les plus convaincants et nous laisserons sécher l'ensemble. Enfin, nous observerons les résultats et validerons ou ajusterons un remplissage réalisé en présence de la Maîtrise d'Ouvrage. Les mélanges retenus pour le remplissage et pour l'enduit seront mis par écrit, un protocole de mise en œuvre sera détaillé et devra être appliqué pour l'ensemble des bâtiments du projet et celui ci vous sera communiqué.

Pour suivre et documenter ces expérimentations, la Moe (JBA) réalise deux livrets sur l'expérimentation terre et bambou autour de ce projet Davu Dago. Ils retracent l'évolution de ces techniques ancestrales modernisées, dans l'histoire et en application sur ce projet, de la conception à la réalisation en passant par l'expérimentation dans le but de garder des traces de ce travail et de pouvoir communiquer sur cette expérience. Le but étant par la suite de rendre répliquable ces techniques sur le territoire sans avoir à expérimenter à nouveau de 0 et ainsi rendre ce système constructif compétitif voir même avantageux.

Vous pourrez y retrouver notamment les différents tests empiriques réalisés en atelier ainsi que les tests sur site en cours. A noter que ce livret est en cours d'écriture nous vous le communiquons à titre informatif, en annexe de ce document, pour que vous puissiez suivre l'avancement.

• *Fiche technique des vis (liaison des bambous)*

Voir P.J.

• *Différents traitements des bambous*

Voir P.J.

Durabilité :

Il faudra, après traitement, nous confirmer par des tests en laboratoire et nous dire à quelle classe les bambous appartiennent ou si on peut leur attribuer une classe de durabilité en fonction du type de traitement (autoclave, traitement à cœur, traitement sans chaleur, etc.). Qui le fera ?

Réponse du fournisseur de bambou Mada Habitat :

La variété de Bambou utilisée est le dendrocalamus asper. Il fait partie des Bambous géants (non envahissants). Le traitement réalisé est un traitement Naturel, à base d'acide borique et de Borax. L'acide borique et le borax (tétraborate de sodium) sont des sels minéraux naturels. Ils sont connus sous le nom de "sel de bore". Ce traitement est comparable à un traitement à l'eau de mer mais plus concentré. C'est un traitement **par immersion à froid**. Ce traitement est un antifongique et un insecticide.

Il y a une classification pour l'exportation (code d'exportation SH 14011000); mais il n'existe pas actuellement de classification du bambou dans la réglementation en France.

Une ISO internationale est développée (**ISO 22156**).

De ce fait, il sera très compliqué et honoreux de réaliser ces tests en laboratoire, hors d'échelle du projet. Des prototypes seront réalisés pour chaque type d'ouvrage sur place et validés par la Moe avant pose. Une note méthodologique a été demandée à l'entreprise concernant la pose sur site, elle vous sera transmise dès réception.

Prélèvement des bambous :

Il faudra nous montrer la procédure et les outils utilisés qui permettront de ne pas endommager les bambous.

Réponse Moe : Cela sera précisé dans la note méthodologique du fournisseur de bambou que nous vous transmettrons en annexe de ce document pour compléter le dossier EXE et fiches techniques.

Au droit du remplissage, il conviendra de nous préciser comment seront traitées les infiltrations d'eau

Réponse Moe : Les murs en torchis seront en partie protégés par des couvertures auvents ou par des débords de dalles (balcons). Lors de précipitations conséquentes le mur sera exposé aux précipitations mais ne permettra cependant pas à l'eau de s'infiltrer. Sa surface lisse permettra l'écoulement de l'eau et des cornières métalliques permettront d'empêcher les infiltrations sur les bordures.

- Extrait du CCTP lot 10 Serrurerie :

3.4. Divers éléments de quincaillerie

- *Éléments de finition en métal sous les enduits terre en pignon extérieurs des murs : ces*

éléments permettront une finition propre des murs et garantiront une durabilité de l'ouvrage. Ils seront fixés dans les soubassement maçonnés.

- Illustrations issues du carnet de détails du lot 05 Remplissage terre, des façades d'un bâtiment type et de l'emplacement des murs en remplissage torchis (marron) :



Celles-ci montrent les casquettes de protection des murs, les débords de balcons, les soubassements bétonnés pour relever du niveau du sol et éviter les remontées capillaires. Concernant les finitions du murs, elles seront détaillées et illustrées dans le livret de suivi de l'expérimentation dont l'avancement est en annexe de ce document.

En espérant avoir répondu à vos remarques,
Bien à vous,

CALENDRIER DES EXPÉRIMENTATIONS

Construction de 17 logements innovants - Davu Dago - Doujani
Expérimentations et recherches autour de techniques de mise en oeuvre non conventionnelles : 02 - la terre.

Désignation		Dates
TERRE / Mur en terre allégée torchis		
Echantillonnage + relevé des techniques constructives existantes		
Relevé à Mayotte / Madagascar / Tanzanie / Kenya / Mozambique / Ethiopie / Cameroun / RDC / Afrique du sud		Juin 2023 - Juillet 2025
Sessions de 5 jours sur place à deux personnes (cumulé en partie avec la mission de repérage et relevé sur le bambou		
Production d'une bibliothèque de techniques et matériaux		Janvier 2025 - Décembre 2025
Analyse en laboratoire d'échantillons de terre		
Echantillons		Octobre 2024 - destruction du laboratoire par le cyclone Chido
Mise en place de mélanges / études en laboratoire in situ / tests sur site pour le remplissage et la finition de surfaces		
Etudes		Mars 2025 - en cours
Tests de protocoles et techniques de mise en oeuvre et construction de prototypes		
Prototypes		Juin 2025 - en cours
Livret expérimentations torchis		
Réalisation du livrable		Avril 2025 - Mars 2026

Julien Beller Architecte Davu Dago **2026**



BANQUE des
TERRITOIRES



Caisse
des Dépôts
et Consignations



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

epau



JBA