

TERRE-TERRE

**Projet préfigurateur de logements
et commerces en terre, Paris XVIII**

Livret de recherche



**« Tout sort de la terre et tout
retourne à la terre »
Ménandre, IV siècle av. J.-C.**

**Matériau ancestral de construction,
la terre a disparu de nos pratiques
d'architectes pendant plusieurs
décennies. Liée à une démarche
durable mais aussi sensible, notre
ambition est d'introduire des projets
en terre au sein de nos villes.**

**TERRE-TERRE est un projet prototype
de logements et commerces
qui met en valeur la richesse et
l'élégance d'un des matériaux les
plus écoresponsables et localement
disponibles. Adapté à nos modes de
vie actuels et à faible énergie grise, il
est recyclable à l'infini.**

➤ La construction terre : Constats actuels

Nous sommes de plus en plus nombreux sur une planète fragilisée. C’est un fait, les surfaces constructibles deviennent plus rares, les prix des logements ne cessent d’augmenter. En parallèle, les ressources s’amenuisent.

Les contraintes économiques poussent aujourd’hui l’architecture vers des projets extra-normés, avec des systèmes constructifs à faibles épaisseurs et très souvent incapables d’auto-réguler les fluctuations de température et d’humidité. La mise en place de nombreux labels et réglementations a façonné des projets massivement dépendants de la technologie, avec une production d’énergie grise¹ qui a triplé en trente ans². Qu’en est-il de nos villes et des logements de demain ?

Nous préconisons une approche aux matériaux biosourcés et géosourcés, qui tienne compte des usages des lieux. Notre intention est ainsi de développer des projets en cohérence avec les ressources qui sont aujourd’hui abondantes, dont les répercussions sur l’environnement sont moindres, tout en visant un confort spatial et hygiénique optimal.

TERRE-TERRE prône une diversité des modes constructifs, plus ancrés dans un contexte que dans un dogme. L’intégration d’une démarche low tech, essentielle dans notre pratique de l’architecture, implique le réemploi des techniques ancestrales avec une utilisation ponctuelle de la technologie. à travers ce projet, nous initions un choc dans nos habitudes de construire.



1 | Energie grise : énergie consommée tout au long du cycle de vie d’un matériau, de son extraction à son recyclage.

2 | Stéphane Berthier, « Architectures post-carbone », D’Architectures 276 - novembre 2019

➤ Brève histoire de la construction terre

La terre est l’un des premiers matériaux de construction dont les méthodes multimillénaires sont répandues à travers le monde, de la Grande Muraille de Chine à la Grande Mosquée de Djenné au Mali. En France, nous comptons un patrimoine très important de bâtisses en terre, vieilles de plusieurs centaines d’années. Le principe du déblai-remblais était encore pratiqué à l’époque du baron Haussmann, où les terres excavées du métro servaient alors à créer les parcs de la capitale³.

Grande oubliée de l’architecture contemporaine, la terre est pourtant abondante sur le territoire, moins énergivore et facilement réutilisable. Elle s’affirme comme un matériau de construction intemporel répondant aux enjeux d’une construction responsable.

Dans le contexte plus spécifique du Grand Paris, la construction en terre offre une solution aux millions de tonnes de terres excavées annuelles. La Société du Grand Paris l’a bien compris en lançant début 2017 un concours pour le réemploi des terres excavées de Paris.

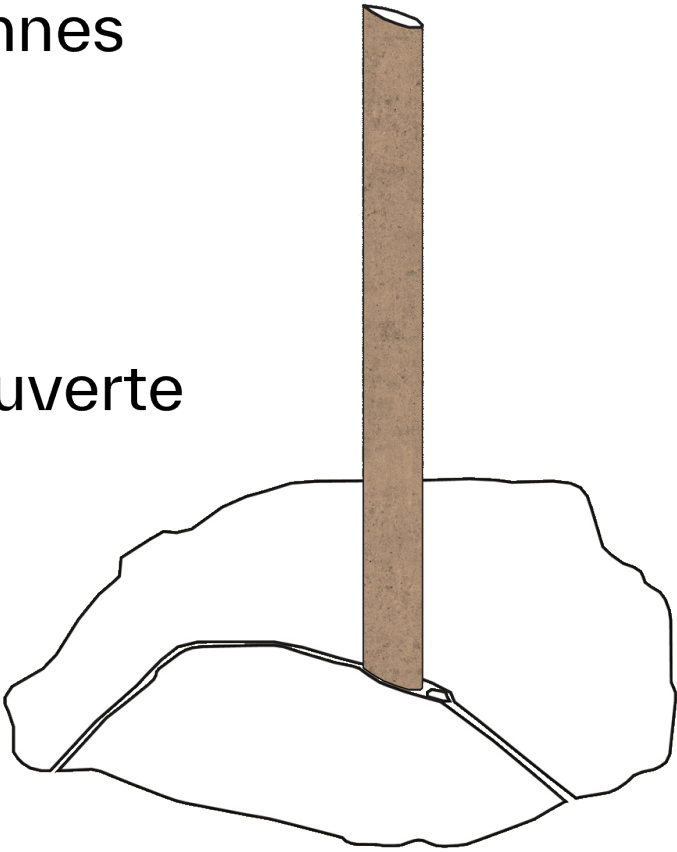
Dans ce sens, nous avons développé un projet préfigurateur dans Paris, qui représente la première mise en œuvre des recherches initiées par notre laboratoire d’expérimentations et de réflexions RÉALITÉS.

3 | 400 à 500 millions de tonnes de déblais seront excavées des chantiers d’Île-de-France dans les 15 prochaines années, soit 20 à 35 millions de tonnes par an. Ces déblais, représentant environ 90% des déchets urbains, constituent un problème central pour tous les chantiers d’Île-de-France. Leur stockage limité localement coûte cher (près de 500€/tonne/mois). Leur déplacement est encore plus cher et il alourdit le bilan carbone des chantiers.
Source : « Terres de Paris », Exposition Pavillon de l’Arsenal, 13 Octobre 2016 - 8 janvier 2017

500 millions de tonnes de déblais³



l’Île de la Cité recouverte de 10km de terre



➤ Un matériau, plusieurs mises en oeuvre

Après plus de 60 ans de désuétude, la terre fait à nouveau apparition dans le paysage constructif contemporain. L'éveil des consciences environnementales a favorisé les recherches de méthodes constructives moins énergivores, locales, mettant en oeuvre des matériaux renouvelables ou issus de filière de recyclage/réemploi. La terre répond naturellement à toutes ces attentes. C'est un matériau qui ne nécessite pas ou peu de transformations avant mise en oeuvre. Qui plus est, en fin de vie, elle peut retourner à son état initial.

La TERRE COULÉE, mélange d'argile, de sable, de gravier et de liquant, peut être préfabriquée (prémurs) ou encore directement coulée dans des banches métalliques. Cette technique permet d'utiliser l'outillage d'entreprises de gros œuvre traditionnel et d'obtenir ainsi des coûts de mise en oeuvre identiques à ceux du béton tout en ayant un matériau plus respectueux de l'environnement. En plus de sa qualité esthétique, la terre coulée bénéficie des mêmes caractéristiques d'inertie thermique et de régulation hygrométrique que le pisé, bien meilleures que le béton. Des recherches sont actuellement en cours en France et en Suisse pour trouver le liquant idéal permettant de raccourcir davantage les temps de décoffrage et assurer le recyclage total de la terre lors de la déconstruction.

Le PISÉ est un mélange polyvalent d'argile, de sable et de graviers, battu avec un psoir entre des banches. Mur porteur à forte inertie, autorisant des migrations de vapeur d'eau, il change de comportement avec les saisons : fraîcheur en été, chaleur en hiver, tout en battant des records de longévité, avec une durée de vie d'un bâtiment supérieure à 100 ans.

Les techniques traditionnelles de protection consistent à inclure dans la masse du mur et affleurant sa surface, des rangées de tuiles ou le cas échéant des lignes de mortier destinées à briser l'érosion par l'eau. Le pisé dit stabilisé résiste à l'eau grâce à l'ajout de 5% de chaux liquide ou de ciment. Toutefois cette dernière technique réduit la recyclabilité après déconstruction. La résistance du pisé peut être multipliée par l'ajout d'un tissu de fibres à intervalles réguliers entre les couches. En effet les chaînes de forces qui se créent entre les grains de pisé (gravier et sable) transfèrent la charge de compression vers la fibre sous forme de tensions. Cela augmente les applications structurelles réalisables avec le pisé.

La BTC (brique de terre comprimée) est une évolution de la brique de terre crue ou adobe. Il s'agit d'une brique calibrée non cuite, contenant un mélange d'argile et sable d'une granulométrie de 0,5 à 0,8mm. Tout comme le pisé, elle peut être stabilisée par l'ajout d'une part de chaux (<10%).

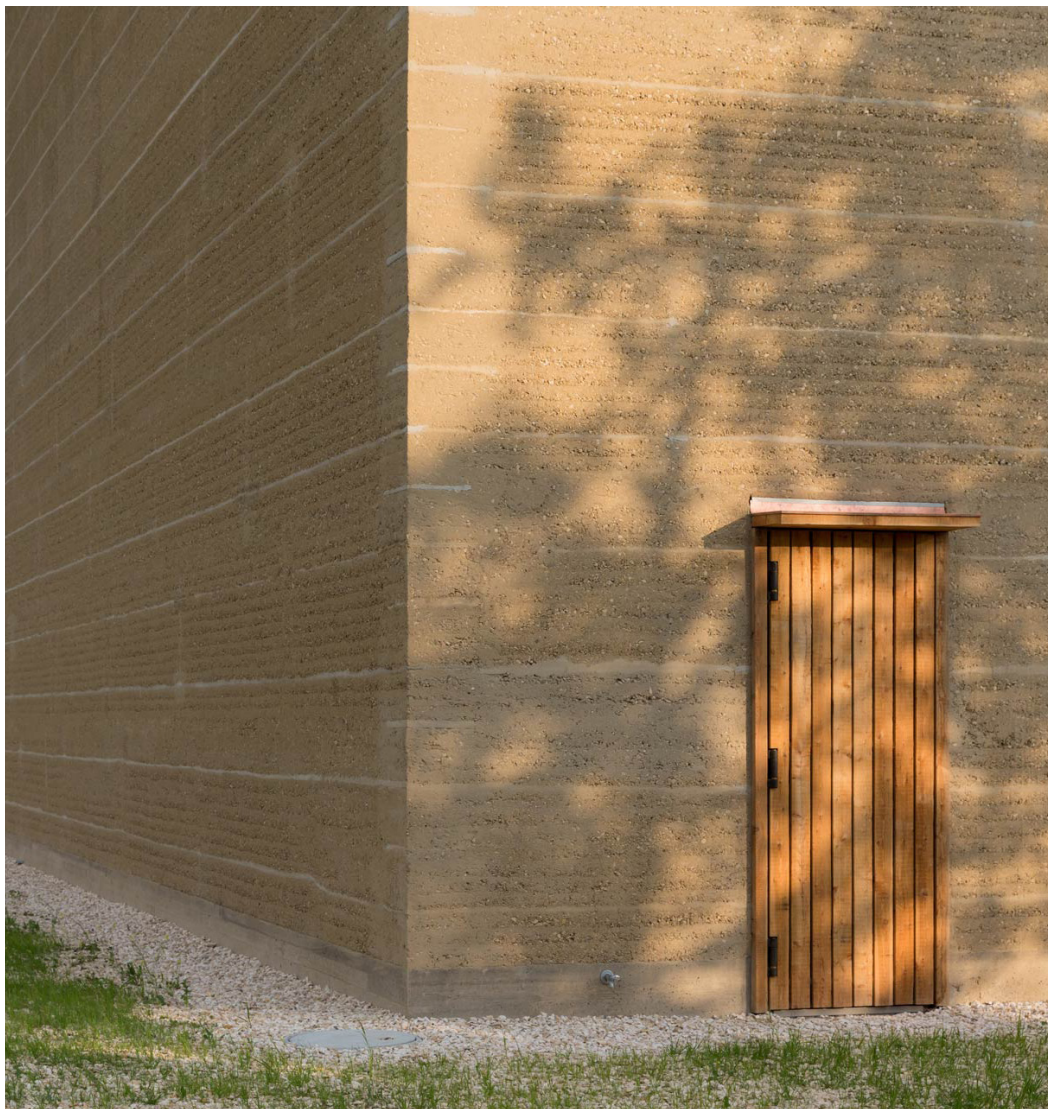
Ses principaux avantages, en complément des propriétés générales de toutes constructions en terre, résident dans :

→ la préfabrication

→ la facilité de mise en oeuvre

→ le faible coût du matériaux, environ 30€/m².

La BTC peut être utilisée en tant que porteur sur de faibles hauteurs, mais nous privilégierons son usage sur des murs non structurels, en remplissage d'une ossature bois.



Sources images (ci-contre, de haut en bas) :
 En haut, page de gauche : M.Nicolas: "Les grands ateliers", Amàco
 En bas, page de gauche : Iwan Baan: Ricola herb Center, Herzog & de Meuron
 Page de droite : Kim Lê: Terres de Paris, Pavillon de l'arsenal

➤ TERRE-TERRE, projet préfigurateur

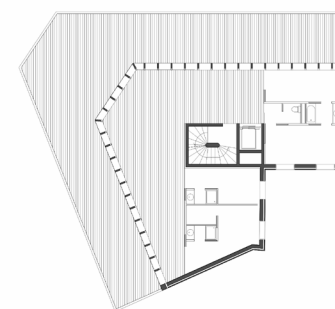
Un travail sur le long court a permis une véritable expérimentation sur la question constructible de la terre. Dans une optique d'approfondissement, notre réflexion s'est accompagnée d'une collecte de données et de mises en relations avec des partenaires formés sur le sujet afin d'aboutir à une étude précise. Notre intention est ainsi de mener à bien ce processus, de la recherche à la pratique.

Initié au sein de notre laboratoire de recherches RÉALITÉS, ce projet coïncide avec la défense des valeurs incontournables de la démarche environnementale dans l'habitat sur notre planète fragilisée. Un travail sur le long court a permis une véritable expérimentation sur la question constructible de la terre. Dans une optique d'approfondissement, notre réflexion s'est accompagnée d'une collecte de données et de mises en relations avec des partenaires formés sur le sujet afin d'aboutir à une étude précise. Notre intention est ainsi de mener à bien ce processus, de la recherche à la pratique.

TERRE-TERRE est le témoin de notre savoir-faire et annonciateur de possibilités constructives dans Paris.

SAME est exposé à la biennale d'architecture de Venise pour le projet TERRE-TERRE, dans le cadre de l'Exposition Young European Architects organisée par CAASI - La maison commune d'Architecture Studio.

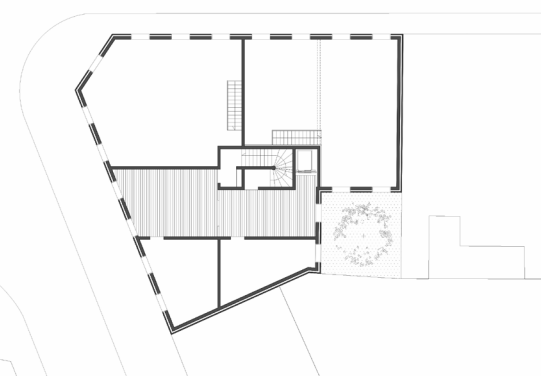




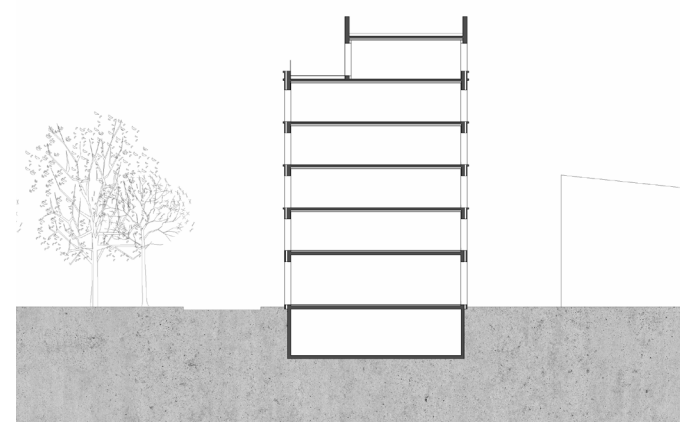
Plan de l'attique



Plan de l'étage courant



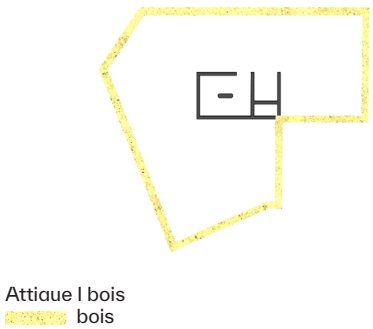
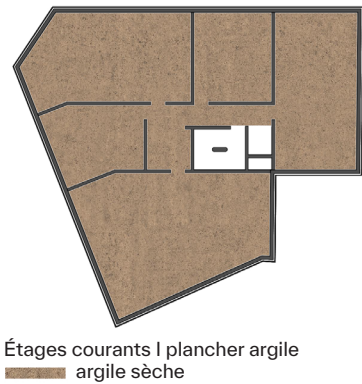
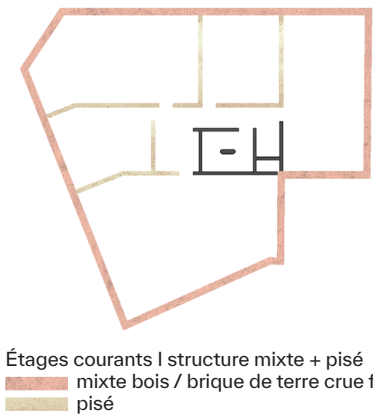
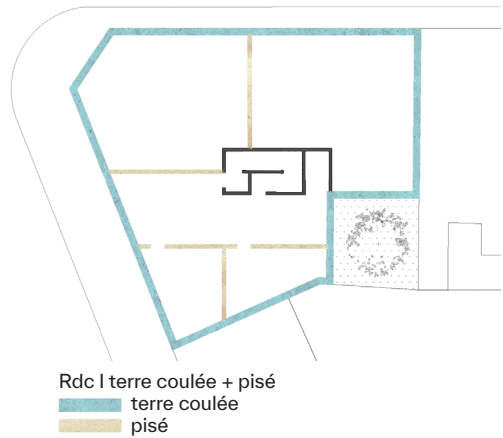
Plan du rez-de-chaussée



Coupe

➤ Une division socle | corps plein | couronnement

- Ce programme de logements parisien utilise différentes techniques de construction en terre, suivant les strates du bâtiment :
- À rez-de-chaussée, la technique de double mur en terre coulée a été choisie pour ancrer de façon pérenne le projet dans le site.
 - Hors sol, le corps plein est constitué d’une structure bois, d’un remplissage en briques de terre crue et d’une finition en enduit de terre.
 - L’attique, structure légère en CLT, est en retrait par rapport à l’aplomb du bâtiment.
 - La structure des planchers est dite à la lyonnaise. Ces derniers sont travaillés avec un remplissage de billes d’argile sèche permettant de meilleures performances acoustique et thermique.







➤La terre, vectrice d’une qualité d’usage

La terre, présente sur la quasi-totalité des surfaces du projet TERRE-TERRE, crée un environnement sain et stimulant pour ses utilisateurs. Aujourd’hui, nous passons plus de 90% de notre temps dans des espaces fermés : cela rend la qualité de l’air intérieur primordiale⁴. Tous les composants d’un bâtiment, de son enveloppe à ses systèmes de contrôle de la température, ont une grande influence sur la santé de ses usagers.

Grâce à ses excellentes propriétés de régulation hygrothermique, de confort acoustique, de confort sanitaire⁵, et d’inertie thermique, ce matériau garantie une qualité de vie supérieure. Le bâtiment régule la température et l’humidité des pièces, perspire et interagit avec les usagers, en instaurant un lien avec eux.

Ces aspects physiques sont aussi associés à une recherche de qualité spatiale et architecturale, afin de garantir des logements lumineux, des espaces communs généreux et une architecture franche. A l’extérieur, l’esthétique même de la façade s’approprie des contraintes de dimensionnement des trumeaux, en fonction des charges portées. Le travail avec ce matériau ductile, les encorbellements, la richesse expressive, ancrent le projet dans le paysage parisien. Une architecture sobre et élégante, à l’antithèse du signal, met en valeur le socle, les dalles, les différents principes constructifs et l’affinement de la structure en hauteur.

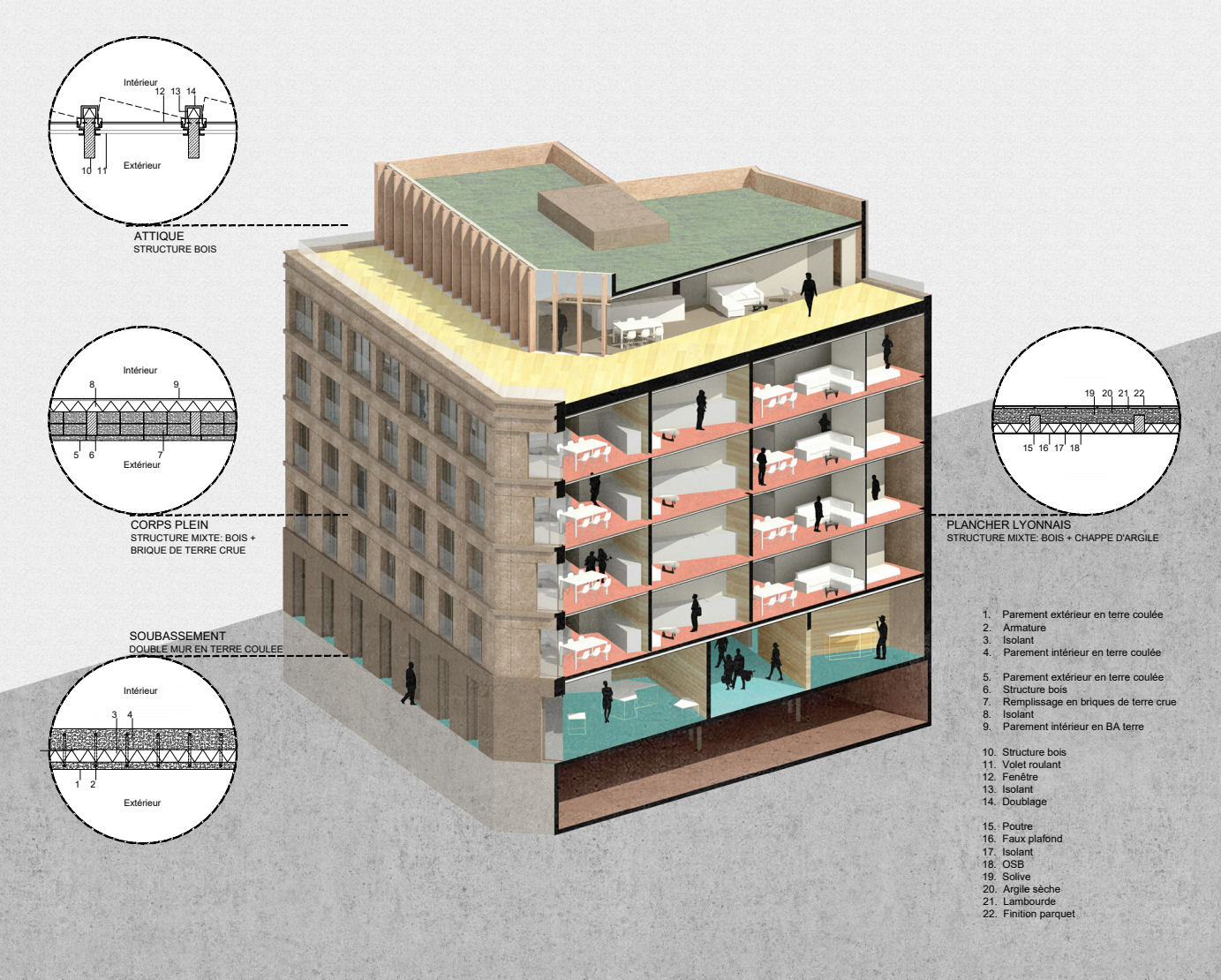
DATAS CONSTRUCTIVES GÉNÉRALES :

	Béton		Bois		Terre crue	
épaisseur structure min. (cm)	16	●●●	30	●●○	20-40 ¹	●●○
atténuation acoustique (dB) ²	56	●●●	39	●○○	50	●●●
isolation thermique (W/mK) ²	1 - 2	○○○	0.15	●●●	0.5 - 1.8	●○○
capacité thermique spécifique (J/kgK) ³	1000	●●●	1700	●○○	900	●●●
densité (Kg/m³) ³	2400		488		1900	
résistance à la diffusion de vapeur d'eau (μ)	70 à 150	○○○	30	●●○	10 à 40	●●●
quantité carbone (KgCO _{2eq} /m ² _{facade}) ⁴	36	○○○	-200	●●●	3	●●○
résistance compression (MPa) ²	20 - 50	●●●	30	●●●	1 - 3	○○○
composants organiques volatils	faibles ³	●○○	élevés ⁴	○○○	nuls	●●●
résistance feu	M0	●●●	M3	○○○	M0	●●●
coût matériau fourni posé (€/m²)	200	●●●	350	●●○	200-700	●●○
durée de construction	++	●●○	+	●●●	+++	●○○

ÉVALUATION MÉTHODES CONSTRUCTIVES :



1. Valeurs variables, en fonction des techniques utilisées (terre coulée, adobe, pisé, BTC)
2. Source : MOOC « construire en terre crue aujourd'hui », réalisé par AMACO
3. Capacité thermique spécifique et densité sont évaluées ensemble, car la capacité thermique surfacique C [J/m²K] (capacité d'absorber ou de restituer une quantité d'énergie pour un épaisseur donnée) est directement proportionnelle à ces deux valeurs : C = c*ρ*d
4. Source (rapportée à l'épaisseur de la structure) : <https://www.materialepyramiden.dk>, CINARK – Centre for Industrialised Architecture, The Royal Danish Academy – Architecture, Design, Conservation
3. Association Technique de l'Industrie des Liants Hydrauliques, « Ciments et évaluation des émissions des composés organiques volatils », Déc. 2017
4. Pour les bois non massifs, les colles et les résines utilisées sont des adjuvants souvent riches en COV. Source : Agence Nationale de l'Habitat, « Les Composés Organiques Volatils (COV) »



S A M E

Studio SAME

53 rue Meslay, Paris III

01 47 07 27 41

contact@same-architectes.com

www.same-architectes.com