

# Construire en terre, une autre voie pour loger la planète

*Construire localement avec le matériau terre pourrait être une réponse aux besoins de construction de la population mondiale. Disponible en de nombreux endroits de la planète, la terre crue est en phase avec les grands enjeux contemporains : écologiques, culturels, sociaux et économiques. Ce matériau "prêt à construire" favorise le développement local en mettant en valeur la culture et les savoirs locaux tout en étant créateur d'emplois et de richesses. Une voie à reconsidérer sérieusement.*

Romain Anger, Laetitia Fontaine, Thierry Joffroy et Eric Ruiz

CRATerre-ENSAG

*"Plus de la moitié de la population mondiale vit dans une habitation en terre crue".*

Trois milliards d'êtres humains seraient mal logés à l'horizon 2050, selon l'ONU-Habitat, aussi bien dans les pays pauvres que riches (centre d'actualités de l'ONU, 2005). Pour répondre aux besoins, 4 000 logements de qualité devraient "sortir de terre" toutes les heures pendant les vingt-cinq prochaines années. La terre crue, matériau prêt à construire et disponible en de nombreux endroits de la planète, constitue une des alternatives les plus viables pour répondre à cette demande. De plus, compte tenu de l'importance du secteur de la construction dans toute économie, bâtir en terre doit être considéré comme un levier important pour le développement local, favorisant l'emploi et la création de richesse et ce, sans surconsommation d'énergie (Encadré 1). Il est donc urgent que la terre retrouve toute sa place dans la gamme des matériaux de construction des bâtisseurs contemporains.

ROMAIN ANGER, LAETITIA FONTAINE, THIERRY JOFFROY ET ERIC RUIZ

Ingénieurs spécialisés dans les matériaux de construction, Romain Anger et Laetitia Fontaine poursuivent l'enseignement et la recherche au laboratoire CRATerre-ENSAG. Coresponsables du thème de recherche, Matière / Matériaux, ils sont également coauteurs du livre *Bâtir en terre, du grain de sable à l'architecture* (Belin). Thierry Joffroy est architecte au laboratoire CRATerre-ENSAG. Responsable du thème Patrimoine du programme scientifique, il a réalisé plus de 250 missions d'études et de conseil dans plus de 40 pays. Eric Ruiz est architecte urbaniste et chercheur au laboratoire CRATerre-ENSAG. Il a participé à d'importants programmes de construction de logements sociaux, tant en maîtrise d'œuvre qu'en maîtrise d'ouvrage.

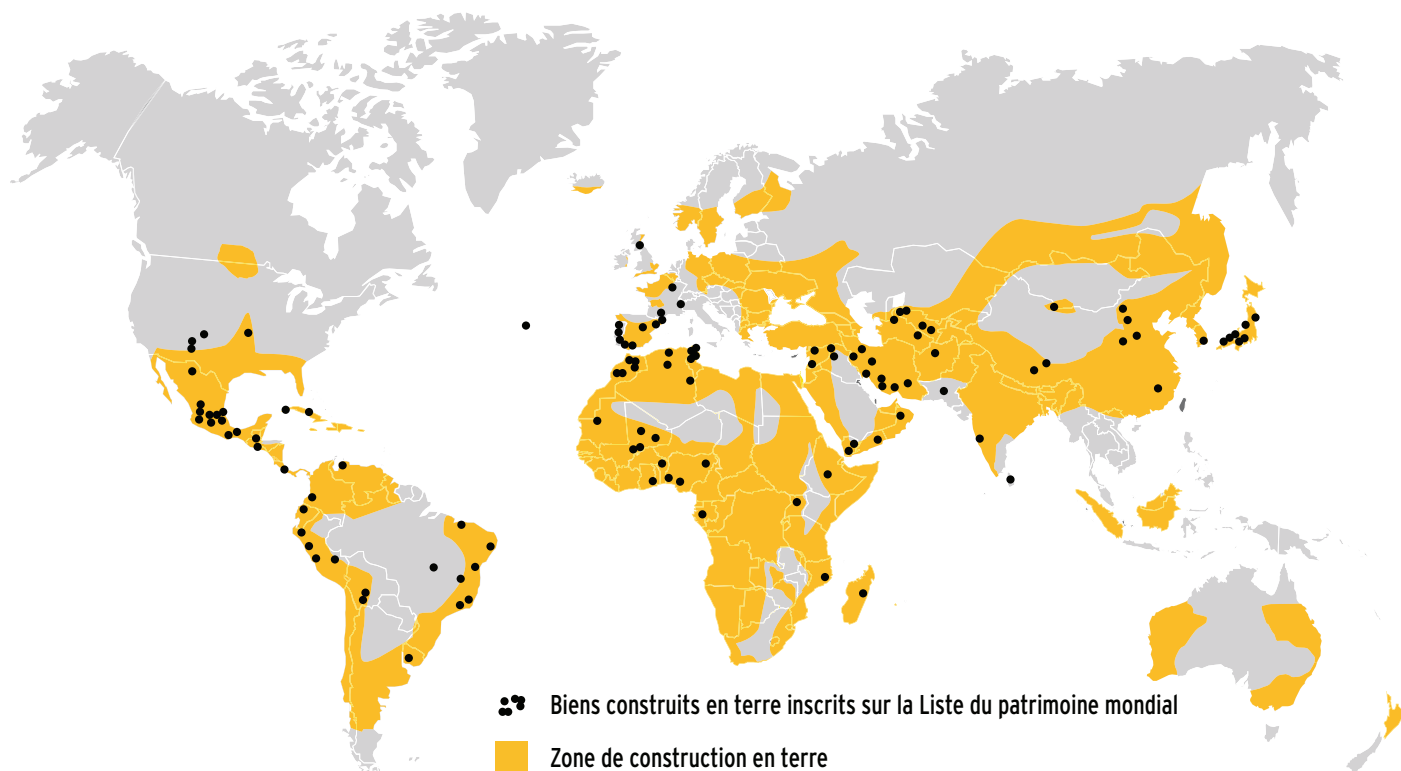
## CONSTRUIRE AVEC CE QUE L'ON A SOUS LES PIEDS

La Grande Muraille de Chine est l'œuvre architecturale la plus importante jamais réalisée. Or, contrairement à l'idée ancrée dans l'imaginaire collectif, elle n'est pas entièrement construite en pierre. Sur des milliers de kilomètres, il s'agit d'un mur de terre crue. La règle qui a dicté le choix des matériaux est simple : construire avec ce que l'on a sous les pieds, en pierre sur la pierre, en terre sur la terre, et parfois même en sable sur le sable. Ce trait d'union entre la géologie et la pédologie<sup>1</sup> d'un lieu et son architecture est universel. Dans toutes les régions du monde, les hommes et les femmes exploitent les matériaux locaux pour construire leur habitat. Aujourd'hui, on estime que plus de la moitié de la population mondiale vit dans une habitation en terre crue, sur tous les continents et sous tous les climats (Anger et Fontaine, 2009). Cent trente-cinq des œuvres architecturales inscrites sur la liste du patrimoine mondial de l'Unesco, soit environ 15 %, sont construites en terre (Gandreau et Delboy, 2010) – Figure 1.

Encore plus qu'hier, la construction en terre propose de véritables pistes pour répondre aux défis énergétiques et climatiques. Autant d'atouts pour que cette architecture regagne dans les esprits la place qu'elle occupe dans la réalité. En effet, la science développe des outils théoriques essentiels pour mieux comprendre ce matériau : en éclairant d'un jour nouveau les savoirs des bâtisseurs traditionnels, la connaissance intime de la substance la plus commune devient porteuse d'innovations pour l'avenir (Anger et Fontaine, 2009).

<sup>1</sup>Branche de la géologie appliquée qui étudie les caractères chimiques, physiques et biologiques, l'évolution et la répartition des sols.

FIGURE 1 : ARCHITECTURE DE TERRE DANS LE MONDE



Source : Gandreau et Delboy, 2010

### LA TERRE EST UN BÉTON D'ARGILE

Comment construire avec une matière qui, au premier abord, semble si fragile et sensible à l'eau ? Pour le comprendre, il faut observer sa constitution. La terre est un mélange de grains qui portent un nom différent en fonction de leur taille : cailloux pour les plus gros, les graviers, les sables, les silts et les argiles. Les cailloux, graviers, sables et silts, qui constituent le squelette granulaire de la terre, apportent une structure au matériau. Les argiles, mélangées à l'eau, agissent comme une colle. Elles sont donc le liant du matériau terre, tout comme le ciment est le liant du béton.

“Béton” est, en réalité, un terme générique. Il désigne un matériau de construction composite fabriqué à partir de granulats agglomérés par un liant. Ainsi la terre n'est qu'un béton parmi tant d'autres, mais naturel et prêt à l'emploi. La grande diversité des techniques de construc-

tion en terre (pisé, bauge, torchis, adobe...) est en partie liée à la grande diversité de composition du matériau. À partir de ces éléments, on obtient un matériau solide qui permet de construire des édifices pouvant atteindre jusqu'à 30 mètres de hauteur, comme dans la ville de Shibam<sup>2</sup> au Yémen. Correctement protégé de la pluie et des remontées capillaires, le matériau “terre” ne craint aucune altération chimique et ne brûle pas. Il a une durabilité exceptionnelle, comme en témoignent la Grande Muraille de Chine, certaines pyramides égyptiennes, chinoises ou péruviennes.

### UN IMPACT ENVIRONNEMENTAL PROCHE DE ZÉRO

L'habitat est un enjeu écologique, géostratégique et politique de premier plan. Les bâtiments dépensent de l'énergie et émettent du CO<sub>2</sub> à toutes les étapes de leur édification, de leur utilisation, et enfin de leur destruction. Cela commence par la production des matériaux de construction : la fabrication du ciment, à elle seule, est à l'origine de 5 % des émissions de CO<sub>2</sub> mondiales. Vient ensuite le transport des matériaux et la construction proprement dite. Les besoins en chauffage et en climatisation représentent ►►►

#### ENCADRÉ 1 IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET POIDS ÉCONOMIQUE : LE BÂTIMENT EN CHIFFRES

Le secteur du bâtiment représente actuellement entre 25 et 40 % de l'énergie consommée dans le monde, produit 30 à 40 % des déchets solides et contribue à hauteur de 30 à 40 % à l'émission des gaz à effet de serre. Dans le même temps, il emploie 111 millions de personnes à travers le monde (UN Department of Economic and Social Affairs, 2010), dont 75 % dans les pays en développement et 90 % dans des micro-entreprises.

<sup>2</sup> La ville de Shibam est inscrite au patrimoine mondial de l'humanité en tant que plus ancienne cité gratte-ciel de l'humanité (la plupart des immeubles datent du XVI<sup>e</sup> siècle) : elle est entièrement construite en briques de terre crue moulées.

Le ciment, entre responsabilité écologique et impératifs économiques

►►► l'essentiel de la facture énergétique. Enfin, la phase de destruction, de stockage et de recyclage des matériaux achève le cycle d'une filière de production qui pose problème par son fort impact sur l'environnement.

La terre est une ressource naturelle souvent largement disponible. Quasiment toutes les terres minérales qui contiennent de l'argile peuvent servir à la construction (Guillaud et Houben, 2006). À toutes les étapes de son utilisation, elle ne nécessite que très peu d'énergie grise<sup>3</sup>. Accessible localement, la terre ne nécessite aucun transport, aucune transformation ou cuisson coûteuses en énergie. Son entretien et les réparations sont aisés. En fin de vie, le bâtiment est détruit et la terre peut être réutilisée ou bien retourner au sol dont elle provient. Elle est donc recyclable et ne génère pas de déchets. Son empreinte écologique proche de zéro représente un énorme avantage face au réchauffement climatique et à la nécessaire réduction de la consommation énergétique. La terre peut donc avantageusement remplacer les constructions en bétons de ciment dans de nombreux cas, tout particulièrement pour les habitations individuelles et de faible hauteur.

Lors de son utilisation, et grâce à ses propriétés de régulation thermique, la terre permet des économies substantielles de chauffage en hiver et de climatisation en été. Les murs en terre régulent les écarts de température entre la nuit et le jour, ce qui permet de conserver une température agréable et constante. Cela est dû à l'inertie thermique, favorisée par la densité importante du matériau terre.

En climat chaud, la terre confère naturellement fraîcheur et climatisation à l'habitat. Lorsque la température augmente, de l'eau liquide, condensée à la surface des argiles, s'évapore. Ainsi, le mur "transpire" pour rester frais, de la même manière que la sueur s'évapore pour aider le corps humain à conserver sa température constante.

Dans les régions froides et tempérées, la terre stocke et diffuse la chaleur transmise par les rayons du soleil. Associée à un matériau isolant, la paroi est optimale car elle associe des propriétés thermiques complémentaires : l'iso-

lant empêche la chaleur de sortir, l'inertie de la terre amortit les variations de température. Enfin, grâce à leur capacité d'absorption et d'évaporation, les argiles régulent l'humidité de l'air, favorisant un climat intérieur sain : elles absorbent l'excès d'humidité et la restituent lorsque l'air est plus sec. Cette régulation hydrométrique naturelle n'existe pas pour le béton de ciment.

### PRIVILÉGIER LE LOCAL À L'INTERNATIONAL

Selon l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), "le secteur du bâtiment a des incidences importantes sur la vie économique et sociale, mais aussi sur l'environnement naturel et le cadre bâti" (OCDE, 2003). Une approche locale permet de privilégier les filières courtes, peu énergivores, tout en valorisant les savoir-faire et la capacité de la main-d'œuvre locale à s'approprier les techniques.

Il s'agit donc de mettre à profit les "cultures constructives" (savoirs et savoir-faire) pour prendre en compte l'environnement local, la culture des habitants et leur histoire. En s'appuyant sur les potentiels et savoir-faire locaux, on peut valoriser une expérience, parfois millénaire, et lui garder toute sa place aux côtés des productions industrielles.

L'ambition est de produire une "architecture située", basée sur le développement économique et culturel local, par opposition à une conception, soit disant moderne, d'une "architecture internationale" (Fathy, 1999). Il est essentiel de privilégier la diversité locale à des solutions imposées de plus en plus globales.

Le bâtiment, dès lors qu'il se développe sur la base d'une politique planifiée, se glisse aisément dans les draps soyeux de solutions "clefs en main". Ces solutions, proposant l'efficacité, répondent à des cahiers des charges qui fixent des quantitatifs et des délais ambitieux. En créant un effet d'échelle, on attire les grands groupes industriels dont les procédés et les technologies peuvent effectivement apporter des solutions efficaces du point de vue des volumes de production. Mais trop souvent, ils apportent aussi des solutions architecturales peu adaptées des points de vue climatiques, sociaux et culturels.

Or, ces transferts de technologie sont dictés par les logiques propres des grands groupes industriels aux stratégies internationales. Dans des pays dont l'économie ne repose pas sur un tissu diversifié d'entreprises, ils peuvent être facteurs de déséquilibres.

#### ENCADRÉ 2

#### MAYOTTE : 500 ENTREPRISES PRODUISENT 20 000 LOGEMENTS.

Dans les années 1980, l'île française de Mayotte (150 000 habitants) a choisi de faire de la production de logements sociaux un vecteur de développement local. Structurant l'ensemble de la filière de production (de la fabrication des blocs de terre crue stabilisés au ciment dans de petites unités, jusqu'à la formation des artisans), ce sont plus de 20 000 logements qui ont été produits, permettant à un tissu de plus de 500 petites entreprises de se développer localement.

<sup>3</sup> L'énergie grise correspond à la somme de toutes les énergies nécessaires à la production (extraction, transport et transformation des matières premières), à la fabrication, à la mise en œuvre, à l'utilisation (y compris l'entretien et les réparations) et enfin au recyclage des matériaux ou des produits.

## LA TERRE, VECTEUR DE DÉVELOPPEMENT

Le besoin de développement et le souci d'efficacité peuvent pousser les pouvoirs publics des pays émergents à faire appel à des solutions importées. Si, cela peut s'avérer nécessaire pour les grandes infrastructures, c'est oublier que le bâtiment est une industrie qui peut aussi se structurer à l'échelle artisanale, générant des filières locales de production.

Disponible et souvent prête à l'emploi, la terre peut être utilisée sans recours à des procédés industriels complexes et coûteux. Pas besoin de fours énergivores, ni de carrières d'extraction nécessitant des engins d'une valeur totalement hors d'échelle au regard du revenu des habitants. Ce matériau repose aussi souvent sur des savoir-faire partagés par tous. Ses nombreuses et diverses possibilités techniques (murs massifs, briques, remplissage...) correspondent à des savoirs et des modes d'organisation conformes à ce que toute politique de développement recherche : le ferment sur lequel faire fructifier une économie valorisant au mieux les ressources matérielles et humaines locales.

Certains systèmes d'organisation sociale permettent de produire des constructions durables et confortables à des coûts extrêmement bas, pouvant aller jusqu'à moins de 25 % du coût des constructions conventionnelles<sup>4</sup>. D'utilisations rustiques à des solutions techniques plus élaborées, il y a là matière pour qu'un tissu entrepreneurial, en premier lieu artisanal, puisse se développer.

L'artisanat permet une grande flexibilité dans le choix des solutions techniques et la répartition des investissements. De plus, il place l'individu au centre du dispositif économique. Il est opportun de valoriser la capacité des entrepreneurs à s'engager dans un processus de développement dont la durabilité est d'autant plus assurée qu'elle repose sur son ancrage local et donc sur l'économie locale.

Le choix des matériaux locaux, notamment de la terre, et de modes de production reposant sur un réseau entrepreneurial local, n'est pas antinomique avec des objectifs quantitatifs ambitieux. Dès lors que l'ensemble de la filière bâtiment est pris en compte, son efficacité est redoutable.

Les exemples de Mayotte ou du Salvador ont d'ores et déjà fait la preuve de leur pertinence. Ils ont débouché sur la construction de plusieurs milliers de logements par de petites entreprises ou des tâcherons locaux (Encadré 2).

Ainsi, la fragilité générée par un nombre trop limité d'acteurs, à la taille parfois handicapante,

est fortement réduite. L'ancrage local de ce tissu d'entreprises, par nature flexible, le rend de fait durable et générateur de richesses.

## JOUER SUR LA COMPLÉMENTARITÉ DES MATÉRIAUX

Face aux enjeux du logement, liés notamment à l'accroissement exponentiel de la population, en particulier dans les pays en développement, la terre est incontournable. Son coût, son adaptation aux évolutions économiques et culturelles en font un matériau complémentaire aux solutions industrielles plus lourdes. La résolution du problème du logement dans le monde ne se fera pas sur la prédilection d'un matériau unique. Ciment et terre sont intimement liés et complémentaires.

Ce cercle vertueux peut être plus lent à mettre en place – c'est là son principal handicap. En revanche, il est moins coûteux et présente infiniment plus de garanties dans sa capacité à s'inscrire durablement sur un territoire et à faire du bâtiment un vecteur majeur du développement.

Ce lien étroit entre un matériau disponible, une culture constructive et des savoir-faire locaux sur lesquels asseoir une technicité, et enfin la richesse locale qui peut être générée, font de la terre une solution cohérente de développement local. C'est une solide alternative à des solutions industrielles lourdes. Leur recours trop systématique fait oublier que la technologie est la sociologie de la technique, c'est-à-dire la capacité à s'emparer des savoir-faire et des ressources locales pour en faire des modes de production, donc de l'économie locale. Toutefois, il reste important de reconnaître les complémentarités et l'intelligence de solutions mixtes qui permettent de bénéficier au mieux des qualités intrinsèques de matériaux de différentes natures. ●

*“ La résolution du problème du logement ne se fera pas sur un matériau unique ”.*

<sup>4</sup> Pour exemple, en 2010, le programme de reconstruction post-inondation à Bandiagara au Mali financé par la Fondation Abbé Pierre et Misereor a été réalisé à 40 euros le m<sup>2</sup> alors que les programmes d'habitat social “classiques” sont exécutés à plus de 160 euros le m<sup>2</sup>.

## REPÈRES

Créé en 1979, CRATerre-ENSAG est labellisé laboratoire de recherche en 1986, sous tutelle de la direction de l'architecture et du patrimoine du ministère de la Culture et de la Communication. L'équipe de 25 personnes collabore avec le Centre du patrimoine mondial de l'Unesco, UNHabitat, des Organisations non gouvernementales internationales d'aide au développement (Caritas, Croix-Rouge, Misereor...), mais aussi sur des actions de développement soutenues par l'Union européenne.