

MA TERRE PREMIÈRE, POUR CONSTRUIRE DEMAIN

Une expo-manip sur la terre crue, matière première aux propriétés écologiques, économiques et esthétiques réelles et pourtant méconnues, du 6 octobre 2009 au 27 juin 2010, à la Cité des sciences et de l'industrie.

Première exposition d'ampleur sur le sujet, *Ma terre première, pour construire demain* dévoile toutes les potentialités de la matière granulaire sous les angles géologique, physique, architectural et artistique. La Cité propose au public de découvrir les vertus de la **terre crue**, matériau de construction **traditionnel et innovant**, en collaboration avec le laboratoire de recherche de l'École nationale supérieure d'architecture de Grenoble, CRAterre.

Le **développement durable** questionne nos façons de penser, de vivre, de consommer et de produire. Puisqu'il nous faut désormais **penser « global » et agir « local »**, cette exposition éco-conçue aborde les pistes de recherches actuelles sur les matériaux en grains et propose des **solutions d'avenir** dans la construction en terre. Alternative au béton, la terre crue offre des **perspectives** architecturales et écologiques majeures, et demeure un **progrès** technologique et de confort.

Par le biais de manipulations simples, l'expo-manip invite le visiteur à s'interroger sur la composition de la terre crue, à étudier le comportement des grains et à découvrir les techniques de construction **anciennes et contemporaines**. Un mur d'images interactif présente de nombreux exemples d'habitations et de constructions en terre à travers le monde, comme autant de **modèles culturels et sociétaux passés** (grande Muraille de Chine, remparts de l'Alhambra en Espagne, citadelle de Bam en Iran...) **ou d'avenir** (ouvrages d'architectes internationaux tels que Martin Rauch ou Rick Joy). Mêlant **art et sciences**, un *Jardin des œuvres* met en lumière des œuvres d'art réalisées en terre crue.

Coproduite avec des institutions culturelles et scientifiques régionales, *Ma terre première, pour construire demain* est l'expression de la **politique régionale dynamique** que la Cité des sciences mène depuis sa création. Quatre institutions régionales accueilleront l'exposition jusqu'en 2013 :

- le Vaisseau à Strasbourg (septembre 2010 - septembre 2011)
- le Forum départemental des sciences de Villeneuve d'Ascq (septembre 2011 - mars 2012)
- le Site du Pont du Gard (mars 2012 - septembre 2012)
- le musée des Confluences à Lyon (septembre 2012 - mars 2013)

INFORMATION DU PUBLIC

01 40 05 80 00 www.cite-sciences.fr

INFORMATION PRESSE

Catherine Meyer 01 40 05 82 33 c.meyer@cite-sciences.fr

Dossier de presse et visuels disponibles dans l'espace presse www.cite-sciences.fr/presse



SOMMAIRE

p 3	PARCOURS DE L'EXPOSITION DES EXPÉRIENCES POUR COMPRENDRE LES MATÉRIAUX GRANULAIRES
	1• Découvrir la terre p 3
	2• Expériences avec les grains p 4
	3• Techniques de construction p 5
	4• Matière à recherche p 5
	5• Ressources p 5
	6• Jardin des œuvres p 6
	7• Atelier, animation p 6
p 7	LA MATIÈRE TERRE MATÉRIAU DE CONSTRUCTION LE PLUS VIEUX AU MONDE
	1• Rappel historique p 7
	2• Patrimoine mondial p 8
	3• Techniques de construction p 9
p 11	CONSTRUIRE EN TERRE CRUE AUJOURD'HUI : DE SÉRIEUX ARGUMENTS ÉCOLOGIQUES
p 12	LE LABORATOIRE CRA terre
p 13	UNE COPRODUCTION D'ENVERGURE
p 15	AUTOUR DE L'EXPOSITION
p 17	UNE EXPO, UN SMARTPHONE , DES APPLICATIONS
p 19	GÉNÉRIQUE DE L'EXPOSITION
p 20	RESSOURCES
p 21	GLOSSAIRE

INFORMATION PRATIQUES

Ma terre première, pour construire demain

exposition temporaire de 600 m²
présentée du 6 octobre 2009 à juin 2010
à la Cité des sciences et de l'industrie
30, avenue Corentin-Cariou 75019 Paris
Métro ligne 7 Porte de la Villette

Horaires : du mardi au samedi de 10h à 18h, le dimanche jusqu'à 19h. Fermé le lundi.

Tarifs : 8 € et 6 € tarif réduit moins de 25 ans et familles nombreuses

3 € Happy hours, réservé aux étudiants, du mardi au vendredi de 15h à 18h

Gratuit pour les moins de 7 ans, les personnes handicapées et leur accompagnateur, les chômeurs et les bénéficiaires du RMI.

L'exposition est accessible à tous les publics en situation de handicap.

● ● ● LE PARCOURS DE L'EXPOSITION : DES EXPÉRIENCES POUR COMPRENDRE LES MATÉRIAUX GRANULAIRES

Expo-manip : une expo pour expérimenter, pour observer, pour apprendre.

Ma terre première est une expo-manip, c'est-à-dire **une exposition de science qui invite le visiteur à mettre la main à la pâte pour comprendre pourquoi et comment construire avec de la terre**, matériau granulaire de son quotidien mais dont il ignore souvent la richesse.

Cette exposition est née d'un travail pédagogique mis au point par les ingénieurs-chercheurs du laboratoire CRAterre en 2004 dans un atelier intitulé *Grains de bâtisseurs*, proposant une centaine de manipulations simples, interactives et contre-intuitives sur la matière en grains minéraux. Aujourd'hui, la Cité des sciences et de l'industrie utilise ce travail pour produire une exposition ludique, pédagogique, concrète et en phase avec son temps destinée aux enfants et adultes, scolaires et étudiants, écolos et bricolos, initiés et néophytes ...

De nombreuses expériences attendent ces publics pour leur faire découvrir les multiples facettes de la matière en grains : le comportement physique, les constructions en terre, leurs avantages et leurs inconvénients.

SOMMAIRE DU PARCOURS DE L'EXPO

1. Découvrir la terre
2. Expériences avec les grains
3. Techniques de construction
4. Matière à recherche
5. Ressources
6. Jardin des œuvres
7. Atelier, animation

1 ● Découvrir la terre

La terre se présente comme un ensemble de grains cimentés par l'argile

À voir / à faire : Collection de terre et échantillons de grains qui la composent (cailloux, graviers, sables, silts et argile) / Un profil de sol / Un audiovisuel retraçant l'origine géologique des grains / Le tamisage.

2 ● Expériences avec les grains

Un simple mélange de grains, d'eau et d'air permet d'élever des murs de plusieurs étages.

Une quinzaine d'expériences physiques, interactives et contre-intuitives font découvrir de façon ludique le comportement des grains secs, des grains mouillés et de l'argile, et ainsi comprendre comment ces grains tiennent ensemble. Cet espace est divisé en 7 îlots illustrant chacun une notion scientifique ; chaque îlot comporte deux expériences et une « manip' totem ».

LES GRAINS SECS

Quel état de la matière ? Il existe de nombreux états de la matière aux propriétés intermédiaires.

Liquide ou solide : des grains solides peuvent se comporter comme un liquide...

Manip totem : enfoncer un baton dans le sable est difficile. Mais dès que le sable est en mouvement (par de l'air comprimé par exemple), le bâton coule tout seul : le sable est fluide.

L'empilement : les chercheurs modélisent les empilements de grains pour améliorer la compacité et la fluidité des matériaux de construction.

Manip totem : un jeu multimédia tactile, le visiteur cherche à remplir un espace avec des sphères de tailles différentes. Il tente de résoudre un problème posé par Apollonios de Perga (vers 262-205 avant Jésus-Christ, mathématicien grec de l'école d'Alexandrie, surnommé « le grand géomètre »).

La ségégation : les grains se trient par taille.

Les petits n'aiment pas les gros : en mouvement, les grains se rangent par taille, ce qui pose problème aux constructeurs.

Manip totem : le visiteur fait vibrer un plateau contenant deux sables de tailles différentes. Les vibrations ont pour effet de trier les grains de sable.

Arcs de force : les grains conduisent et dévient la force. Les efforts verticaux sont détournés à l'horizontale.

Les chaînes de force : tasser la terre n'est pas une mince affaire !

Manip totem : le visiteur appuie sur des grains et constate la propagation de cette force dans le tas.

LES GRAINS MOUILLÉS

Les forces capillaires : le rôle de l'eau est essentiel dans la cohésion de la terre.

L'eau, ennemie ou amie ? La terre est composée de milliards de milliards de grains qui tiennent ensemble grâce à l'eau...

Manip totem : une bulle savonneuse verticale à réaliser délicatement permet de visualiser la forme caténoïde du pont capillaire.

ARGILES

La matière divisée : l'argile est un liant, elle-même en matière divisée. Son propre liant est l'eau.

L'argile est la colle de la terre. Elle enrobe et lie entre eux les grains.

Un objet étonnant : une brique de terre crue de plus de 300 ans tient grâce aux forces capillaires.

Manip totem : le visiteur groupe et dégroupe de petites plaquettes en plastique enfilées sur une tige métallique. En constatant que les plaquettes mouillées sont plus difficiles à séparer que celles qui sont sèches, il met en évidence les forces capillaires.

Les forces électrostatiques. Ces forces sont à la fois répulsives et attractives, d'où la complexité du monde des argiles.

Deux particules négatives se repoussent mais en présence de cations positifs, les particules peuvent s'agglomérer.

Manip totem : présentation de la diversité des argiles, dans leurs couleurs (dues à la présence d'oxydes) et surtout dans leurs craquellements ; en séchant, les boues ne se fissurent pas de la même façon, selon la nature de l'argile.

3 ● Techniques de construction

Cette partie de l'exposition offre **un panorama des techniques de construction et des architectes de terre crue.**

À voir / à faire : le **Mur d'images interactif**, multimédia projeté au mur dans lequel le visiteur navigue et parcourt le monde à la découverte des architectures de terre crue / Un récapitulatif des techniques de construction en terre / Quatre murs construits en pisé, adobe, torchis et bauge et des vidéos décrivant chaque technique.

4 ● Matière à recherche

Nacre, coquille d'œuf, salive de termites, bactéries... Des éléments a priori incongrus et pourtant source d'inspiration pour la recherche. **Les scientifiques racontent comment la nature et les traditions peuvent les guider dans la mise au point de matériaux innovants** tels que de nouveaux bétons écologiques.

On s'étonne encore que la poule fabrique une **coquille d'œuf, c'est-à-dire un ciment calcaire, à température ambiante.**

5 ● Ressources

Un quiz interactif balaie de manière amusante les connaissances acquises et un coin de détente et de ressources est proposé aux plus passionnés, désireux d'en savoir plus.

6 ● Jardin des œuvres

Cet espace d'exposition aborde **l'usage artistique de la terre**. Outre les vertus intrinsèques de ce matériau, le public est invité à découvrir la richesse créative qui entoure cette matière. Les œuvres de deux artistes contemporains, Daniel Duchert et Elisabeth Braure, sont présentées dans le Jardin des œuvres.

DANIEL DUCHERT

FRONTALIER

Une quinzaine de stèles et de sculptures sur un sol de gravier montrent, tel un jardin zen, les relations multiples de l'eau à la terre. Invitation à la contemplation, les œuvres de Daniel Duchert sont aussi une invitation à l'exploration expérimentale des différents états de transformation de la terre : liquide, plastique, solide.

La terre imprégnée d'eau peut couler, glisser, gicler, gargouiller, clapoter, perler, pénétrer, traverser, déplacer, s'accumuler. Daniel Duchert s'intéresse aux formes des mouvements de l'eau sur la terre : traces positives tels que des points, lignes, surfaces, strates, bourrelets, interférences, ou bien inversement traces négatives obtenues par le lessivage.

ELISABETH BRAURE

TREMBLEMENT DE TERRE

Inspirée par la terre crue, par l'écriture de l'eau et du vent sur la terre, Elisabeth Braure propose une œuvre en forme de vitrail constitué de terres rouge, noire, grise, ocre jaune, compressées, diluées, étirées, épongées entre deux verres. Le sujet de son travail est le rapport de la terre à la lumière, les jeux de transparence et d'ombres qui s'opèrent à travers différents états de la terre à bâtir.

7 ● Atelier, animation

Découvrir encore plus de phénomènes étonnants.

Un espace de 100 m² prolonge l'exposition et offre des manipulations du sable et de la terre. **Un animateur réalise des expériences étonnantes qui requièrent une certaine habileté.** Sa démonstration est filmée et projetée sur grand écran. Les visiteurs peuvent à leur tour mettre la main à la pâte en reproduisant la manipulation et ainsi renouer avec l'émotion des premières constructions au bord de l'eau... En fin de séance, ils sont invités à compléter l'un des murs de cet espace maçonné en terre crue.

Les trois thèmes développés lors de l'animation :

- *Grains de terre*, expérience sur les matériaux granulaires (essentiellement le sable), sur la terre crue et ses propriétés physiques et chimiques
- *Grains de bâtisseur*, démonstration sur les techniques de construction en terre crue
- *Grains d'architecte*, animation sur les techniques mathématiques des bâtisseurs avec construction d'une maquette, ouverture sur les différentes cultures de construction.

Les séances d'animation durent 45 minutes et sont accessibles avec le billet d'entrée de l'exposition. Réservées aux scolaires en semaine, les individuels peuvent y participer les week-ends et lors des vacances scolaires.

● ● ● LA MATIÈRE TERRE : MATÉRIAU DE CONSTRUCTION LE PLUS VIEUX AU MONDE

1 ● Rappel historique

La terre est la forme de **matière la plus répandue**, solidement inscrite dans notre inconscient collectif et individuel. Matériau de construction le plus vieux au monde, avec la pierre et le bois, les premières cités découvertes dans l'ancienne Mésopotamie étaient en terre crue, avant même l'invention de l'écriture. La terre crue a été employée **dans toutes les zones géographiques**, hors zones désertiques et glaciaires, par les bâtisseurs du monde entier.

L'architecture de terre désigne l'ensemble des édifices en terre crue. **Le matériau de construction que l'on nomme boue séchée, terre battue, pisé, torchis, adobe est employé depuis au moins dix mille ans.** Des palais, des fortifications, des villes entières, des temples et des coupes défient le temps, mais le matériau se dégradant plus rapidement que la pierre, il reste moins de vestiges archéologiques.

La construction en terre est demeurée courante dans toute l'Europe, urbaine et rurale, jusqu'au XX^e siècle et, en France, jusqu'aux années 1930. Elle disparaît avec la **généralisation des matériaux standardisés** (béton de ciment notamment) **et l'uniformisation de la formation des maçons.**

Durant ces mêmes années, **Hassan Fathy**, architecte égyptien, chantre de la nouvelle architecture populaire, s'intéresse aux traditions indigènes de son pays et à l'authenticité culturelle du monde rural. Il défend, non sans hostilités, le principe de l'autoconstruction, prônant la participation active des habitants défavorisés à l'édification de leur village en terre crue. A l'occasion de la construction du nouveau village de Gournah (1946-1947) à Louxor, il démontre les **qualités économiques et plastiques de la brique de boue comme ses vertus thermiques.**

Dans les années 1970, un renouveau de la construction en terre crue est amorcé en Arizona et au Nouveau-Mexique, de concert avec la prise de conscience du gaspillage énergétique. De nombreux pays redécouvrent alors la construction en terre crue. **La France participe activement à cet essor avec une exposition sur le sujet** qui connaît un vif enthousiasme du public, au Centre Georges Pompidou en 1981 et **grâce au travail du laboratoire CRAterre.** Diverses réalisations voient le jour avec succès à cette époque : 65 logements sociaux à Villefontaine en Isère, un IUT dans le sud-ouest par l'architecte Colsany, le bâtiment d'accueil de l'aire de repos « Porte du Béarn » de la route nationale 134.

Depuis une vingtaine d'années, la matière fait l'objet de recherches au croisement de la physique, de la chimie, de l'architecture et même de la biologie. Les avancées concernant la terre crue permettent d'innover en favorisant un développement durable. **Architectes et constructeurs redécouvrent avec attention ce matériau.** Les projets publics ou privés de construction en terre, bien qu'encore marginaux, se multiplient.

2 ● Patrimoine mondial

Parmi les 689 biens culturels inscrits aujourd'hui au **patrimoine mondial de l'Unesco**, **106 sont construits avec de la terre**, parmi lesquels :

Les Palais Royaux d'Abomey, Bénin

Le centre historique de Salvador de Bahia, Brésil

La Grande Muraille, Le Mausolée du premier Empereur Qin, Les caves de Mogao, Les Tulou de Hakka, Le Palais de Potala à Lhassa, Chine

Le Vieux Havane et ses fortifications, Cuba

La ville de Quito, Equateur

Les remparts de l'Alhambra, Grenade, Espagne

Le Pueblo de Taos, Etats-Unis

Certains immeubles du quartier historique de la Croix-Rousse à Lyon, La ville médiévale de Provins, France

Bam, la ziggourat de Tchogha Zanbil, Iran

La vieille ville de Ghadamès, Lybie

Tombouctou, les Falaises de Bandiagara (Territoire des Dogons), le tombeau des Askias, Gao, la ville de Djenné, Mali

Les remparts de Marrakech et de Meknes, le Ksar de Aït Ben Haddou, Maroc

La Vallée de Kathmandou, Népal

Le site archéologique d'Itchan Kala, Ouzbékistan

Le site archéologique de Chan Chan, Pérou

Le Fort et l'oasis de Bahla, Sultanat d'Oman

L'Ancienne Cité de Damas, L'Ancienne Cité d'Alep, Syrie

Ancienne Merv, Turkménistan

La Vieille Cité de Shibam, La ville historique de Zabid, Yémen



Ait Benhaddou au Maroc © CRAterre-ENSAG



Citadelle de Bam en Iran © CRAterre-ENSAG

3 ● Technique

La terre est utilisée par de nombreuses espèces animales comme les abeilles ou les termites pour construire leurs nids. L'homme s'est également approprié ce matériau pour son habitat. Toutefois, on ne construit pas avec n'importe quelle partie du sol. Les terres employées pour construire comportent de l'argile, pour assurer la cohésion. Mais l'argile seule ne suffit pas à cause des gonflements ou de la fissuration. La terre contient également du sable et du gravier, voire des cailloux, qui limitent ces variations. **Construire en terre crue, c'est construire sans faire cuire la terre**, ni ajouter de matériaux cuits (chaux, ciment...) c'est-à-dire **sans dépenser d'énergie**.

Le premier théoricien de la construction en terre est l'architecte et entrepreneur lyonnais François Cointeraux (1740-1830). Il est l'auteur d'une soixantaine d'ouvrages sur le sujet. Ses écrits, traduits et diffusés dans le monde entier, contribuèrent à développer la construction en pisé. Ce n'est que vers 1920 que reprirent en Australie, avec G. F. Middleton et aux États-Unis, sous l'égide de centres de recherches, les études en vue de revaloriser les caractéristiques mécaniques et la durabilité du matériau. Cela donna lieu, dans le sud-ouest des États-Unis, à une renaissance architecturale de l'adobe. **Ces recherches, poursuivies dans de nombreux pays et notamment en France, ont fourni de remarquables résultats**. Depuis 1970, la recherche européenne et la formation dans ce domaine sont principalement le fait du laboratoire français CRAterre, installé à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble.

L'architecture de terre présente de sérieux arguments pour répondre aux préoccupations écologiques actuelles. Elle conduit à une importante économie d'énergie (pas de cuisson de la terre, très faible consommation de ciment ou de chaux, diminution des transports). Les pollutions qui découlent de la production sont réduites d'autant, surtout celles qui sont issues des cimenteries. Le béton d'argile, écologiquement « propre », ne laisse ni déchets ni traces indélébiles, permettant ainsi **un habitat économique et durable**. Les recherches sur la cohésion des grains aboutissent étonnamment à la mise au point de nouveaux bétons plus performants, voire de nouveaux matériaux de construction innovants, plus écologiques.

Les différentes méthodes de construction en terre. Chacune présente des avantages et des inconvénients.



Adobe :

Une adobe est une brique de terre crue, façonnée à la main ou moulée dans un cadre en bois, puis séchée à l'air libre.

Par rapport aux autres techniques de construction en terre, la maçonnerie de briques permet une grande rapidité d'exécution, comparable à celle obtenue pour les matériaux industriels. *Sud de la France*

Maison traditionnelle en adobe dans le Sud-Ouest de la France © Alain Klein



Bauge :

Dans sa forme la plus simple, un mur en bauge est construit en empilant des boules de terre malléables comme de la pâte à modeler. La version paysanne française consiste à empiler à la fourche des paquets de terre plastique.

Bretagne.

Maison contemporaine en bauge. 1989.

Maryvonne Rigourd Architecte © Thierry Joffroy / CRAterre-ENSAG



Pisé :

La technique du pisé consiste à construire des murs massifs en compactant de la terre humide tassée dans des coffrages.

Le mur est décoffré immédiatement après que la terre a été damée.

Rhône-Alpes.

Pisé traditionnel © Patrice Doat/CRAterre-ENSAG



Torchis :

Les maisons en torchis ou à colombage sont composées d'une structure porteuse en bois, garnie de terre, le plus souvent mélangée à de la paille. Mise en œuvre à l'état plastique, la terre recouvre une structure en lattis de bois fixée entre les poteaux, appelés colombes.

Nord de la France, Normandie, Alsace...

Torchis traditionnel : © Thierry Joffroy / CRAterre-ENSAG

● ● ● CONSTRUIRE EN TERRE CRUE AUJOURD'HUI : DE SÉRIEUX ARGUMENTS ÉCOLOGIQUES

1 ● Construire en terre crue, c'est l'avenir.

C'est une évidence à la fois simple et énigmatique. Simple, car de tout temps les hommes ont construit avec la terre qu'ils avaient sous leurs pieds ; énigmatique, quand on pense à la pluie qui transforme la terre en boue. Pourquoi, au XXI^e siècle, s'intéresser à un matériau et des techniques qui évoquent l'artisanat ? A notre époque, s'intéresser à la terre comme matériau de construction, c'est reconnaître une ressource largement ignorée. C'est aussi envisager une solution inédite aux questions de développement durable et d'urbanisation. Considérer la terre comme un milieu granulaire, c'est changer de point de vue sur une matière la plus commune qui soit. Enfin, c'est découvrir l'un des sujets de recherche les plus novateurs de ces vingt dernières années en physique de la matière divisée, sujet pour lequel la France joue un rôle essentiel. Pierre-Gilles de Gennes, prix Nobel de physique en 1991, a ouvert la voie en étudiant l'ordre et le désordre dans les milieux granulaires.

Matériau de construction séculaire, **la terre crue revient avec de sérieux arguments écologiques, économiques et esthétiques**. Matériau abondant, présent sur l'ensemble du globe, nécessitant beaucoup moins d'énergie pour sa fabrication que le ciment, la chaux ou encore les briques cuites, très peu d'émissions de CO₂ et sans déchet. **La terre crue désigne le matériau terre avec le moins de transformation possible** en opposition à la terre cuite, la plus couramment utilisée aujourd'hui (tuiles, briques...). Aujourd'hui, dans de nouveaux bâtiments bioclimatiques, les murs en terre sont utilisés comme accumulateurs d'énergie et réduisent les écarts de température entre la nuit et le jour. Matériau sain, la terre régule également l'humidité de l'air intérieur. Peu coûteux, c'est un matériau chaleureux et durable.

2 ● Innovation et développement durable.

Les innovations récentes et l'engouement pour l'habitat durable sont à l'origine du renouveau actuel pour ce matériau de construction. De grands architectes internationalement reconnus, comme Martin Rauch ou Rick Joy, œuvrent aux Etats-Unis, en Europe ou encore en Australie. Sous nos latitudes, il y a plus de maisons en terre qu'on ne le croit. Le torchis en Normandie, en Alsace ou dans le Nord, le pisé dans la région Rhône-Alpes, l'adobe dans le Sud-Ouest, la bauge en Bretagne.

En redécouvrant les techniques traditionnelles avec une approche et des connaissances scientifiques contemporaines, **physiciens, ingénieurs et architectes se passionnent pour cette alternative architecturale, au bilan énergétique imbattable**. Ces recherches sont porteuses d'innovation pour d'autres matériaux de construction granulaires comme le béton. Ces techniques, sous une forme modernisée et industrialisée, reviennent au goût du jour et représentent une alternative formidable pour l'industrie du bâtiment.

● ● ● LABORATOIRE CRAterre : ACTEUR MONDIAL MAJEUR DE LA RECHERCHE ET DE L'ENSEIGNEMENT SUR L'ARCHITECTURE DE TERRE

CRAterre, créé en 1979, est un laboratoire de recherche et une équipe d'enseignement de l'École d'Architecture de Grenoble, soutenu par la région Rhône-Alpes et habilité depuis 1986 par la Direction de l'Architecture et du Patrimoine du ministère de la Culture et de la Communication.

La terre, matière à réflexion

Le laboratoire déploie principalement ses activités dans les domaines :

- de la conservation et gestion des patrimoines architecturaux en terre, en s'attachant à valoriser la diversité culturelle
- de l'environnement, en visant une meilleure utilisation des ressources matérielles et humaines
- des établissements humains-habitat, en facilitant l'accès au logement des populations à faibles revenus.

Les activités, dans leur ensemble, sont menées en partenariat avec des organisations internationales, nationales et locales. Elles conduisent à privilégier la mise en valeur des milieux et les dynamiques de développement durable, dans le cadre de projets à long terme.

La terre, matière à manipulation

Depuis une dizaine d'années, le laboratoire CRAterre développe des actions touchant à la **compréhension et à la diffusion des phénomènes physico-chimiques** qui expliquent les comportements, parfois surprenants de la matière dans ses applications à la construction. Ces actions se sont d'abord centrées sur la terre puis, plus généralement, sur la matière en grains.

Parmi ces actions, CRAterre a mis en place le **festival annuel Grains d'Isère**, qui a lieu chaque année aux *Grand Ateliers*, pôle d'enseignement, de recherche et d'expérimentation de la construction, à Villefontaine en Isère. Cet événement offre une réflexion sur la terre et l'habitat social à partir de constructions expérimentales, utilisant notamment la terre crue.

Le laboratoire propose des manipulations et des expériences étonnantes dans un **atelier pédagogique**, scientifique et néanmoins ludique intitulé *Grains de Bâisseurs*. L'atelier, qui a rencontré un vif succès, est actuellement transformé en **deux expositions scientifiques interactives** : l'exposition *Ma terre première, pour construire demain* en collaboration avec la Cité des sciences et une exposition itinérante présentée à la Galerie Eurêka de Chambéry (de septembre 2009 à janvier 2010), puis à la Turbine à Annecy (de février à décembre 2010).

Egalement inspirée de *Grains de Bâisseurs*, la *Cité de la Matière* propose d'aller plus loin et de pérenniser cet atelier. Elle met à la disposition des étudiants, enseignants, chercheurs, professionnels et scolaires, en collaboration avec la Cité des sciences et les *Grands Ateliers*, des manipulations pour suivre le cycle de vie de la matière granulaire : de la ressource naturelle à l'habitat et ainsi découvrir par l'expérimentation toutes les matières utilisées et utilisables pour l'architecture durable. **Ce projet unique au monde, entre atelier et musée des sciences**, situé en Rhône-Alpes, s'inscrit dans la dynamique de constitution d'une **Cité de la construction durable** en Nord-Isère.

CRAterre-ENSAG
craterre@grenoble.archi.fr
www.terre.grenoble.archi.fr



école nationale
supérieure
architecture
grenoble

● ● ● UNE COPRODUCTION D'ENVERGURE AVEC DES INSTITUTIONS CULTURELLES ET SCIENTIFIQUES RÉGIONALES

Depuis sa création, la Cité des sciences mène une **politique régionale dynamique** pour la diffusion de la culture scientifique et technique, fondée sur le développement d'un **travail en réseau**. L'exposition *Ma terre première, pour construire demain*, coproduite avec quatre institutions en région, en est l'expression et un bel exemple de sa volonté d'échange et de mise en commun des réseaux et des savoir-faire.

Cette coproduction d'envergure illustre aussi l'**ambition de l'action de régionale du futur établissement** qui regroupera le Palais de la Découverte et la Cité des sciences.

La création de ce nouvel établissement public permettra de donner un nouvel élan aux relations qui prévalent, depuis une vingtaine d'années, entre ces deux établissements parisiens et les structures implantées dans l'ensemble des régions françaises. L'axe prioritaire de son action régionale tendra vers le partage de l'excellence et se développera à travers des collaborations dans les champs de l'innovation muséographique, du débat public sur les questions de science et de société, des relations entre l'art et la science, de la médiation culturelle et scientifique, du partenariat avec les entreprises et avec les organismes de recherche. Tous les professionnels de la culture scientifique seront associés à cette réflexion : associations, clubs scientifiques, muséums d'histoire naturelle, parcs naturels, universités, bibliothèques, collectivités territoriales et services déconcentrés de l'Etat.

Le Vaisseau de Strasbourg [de septembre 2010 à septembre 2011]

www.levaisseau.com

Le Vaisseau, équipement éducatif du conseil général du Bas-Rhin a ouvert ses portes en février 2005 et a déjà accueilli plus de 750 000 visiteurs. L'établissement se définit comme un lieu d'éveil, de découverte des sciences et techniques biculturel (franco-allemand) et trilingue (français, allemand, anglais).

« Le développement durable est une de mes préoccupations majeures partagée avec l'ensemble de mes collègues du Conseil Général du Bas-Rhin. Toutefois, aux grands discours, je préfère toujours l'exposition concrète de faits et de réalisations. Ainsi, je me réjouis que le Vaisseau soit associé à d'autres partenaires pour créer l'exposition *Ma terre première, pour construire demain*. Elle sensibilisera les jeunes visiteurs, à ce matériau respectueux de l'environnement qu'est la terre crue ainsi qu'aux techniques à la fois ancestrales et modernes de la construction de son chez-soi, à l'instar du torchis en Alsace. »

Guy-Dominique Kennel, Président du Conseil Général du Bas-Rhin

Forum départemental des Sciences de Villeneuve d'Ascq [de septembre 2011 à mars 2012]

www.forumdepartementaldessciences.fr

Le Forum départemental des Sciences est un équipement culturel du département du Nord. Centre de culture scientifique, technique et industriel, il contribue, par les expositions, animations, services et produits qu'il propose, à donner à chacun les moyens de comprendre les grands enjeux de la science aujourd'hui. Il participe également au renforcement de l'intérêt pour la science et ses applications techniques et industrielles, notamment auprès des jeunes.

Dès 2006, fort de son expérience de création et de production de ses propres expositions, le Forum départemental des Sciences a marqué sa volonté de collaborer avec la Cité des sciences en vue de la coproduction d'une exposition temporaire itinérante sur le thème du « grain » qui répondait à ses exigences de programmation future d'une exposition thématique sur la « matière ». C'est ainsi qu'est née et a mûri la collaboration avec l'ensemble des partenaires associés au projet *Ma terre première : pour construire demain*.

Le Site du Pont du Gard [de mars 2012 à septembre 2012]

www.pontdugard.fr

Haut lieu de tourisme et du patrimoine mondial, le Site du Pont du Gard a pour mission d'assurer la mise en valeur et le rayonnement du site dans les domaines de la culture, de l'environnement et du tourisme. Géré par un établissement public de coopération culturelle, EPCC depuis 2003, le Site du Pont du Gard propose une programmation culturelle ambitieuse.

Les relations entre la Cité des sciences et le Site du Pont du Gard sont anciennes. Il peut paraître étonnant dans un pays de pierre, comme le Gard, d'aborder la question de la terre crue avec l'exposition *Ma terre première, pour construire demain*. Et pourtant c'est bien un moyen de reparler des terres du Gard, de l'utilisation du bâti en terre crue à l'époque néolithique, dont les traces sont révélées jusque sur le site du Pont du Gard. C'est souligner une histoire méconnue du territoire.

Le Musée des Confluences, Lyon [de septembre 2012 à mars 2013]

www.museedesconfluences.fr

Avec le Musée des Confluences, actuellement en construction, le département du Rhône se dote d'un lieu unique. Unique par sa thématique associant sciences et sociétés pour comprendre le monde, unique par son implantation sur un site exceptionnel, unique par son geste architectural fort.

« La vocation du Musée des Confluences contient intrinsèquement les notions d'ouverture et de partenariats. Les coproductions d'expositions permettent ainsi d'échanger savoir-faire et réflexion, d'accueillir sur place ou de montrer hors les murs... »

Michel Côté, directeur du musée des Confluences

● ● ● AUTOUR DE L'EXPOSITION

LE SITE INTERNET DÉDIÉ www.cite-sciences.fr/ma-terre-premiere

Pour accompagner la visite de *Ma terre première, pour construire demain*, prolonger et compléter les contenus de l'exposition, la Cité des sciences et de l'industrie consacre un site internet à l'exposition. L'internaute y trouve un large aperçu des thématiques abordées dans l'exposition, toutes les informations pratiques pour faciliter sa visite et les ressources nécessaires à l'approfondissement du sujet.

CYCLE DE CONFÉRENCES www.cite-sciences.fr/college

L'architecture en terre crue, proposée par Hugo Houben, conseiller scientifique

La matière en grains : de la géologie à l'architecture. Janvier et février 2010

BIBLIOTHÈQUE www.cite-sciences.fr/bsi

La Bibliothèque des sciences et de l'industrie propose une **sélection documentaire, également disponible en ligne**. Contrepoint bibliographique à l'exposition, cette sélection commentée de livres, revues, films et cédéroms issus des collections de la bibliothèque (à consulter et à emprunter) est enrichie d'un choix de sites internet qui déclinent les thèmes de l'exposition.

La bibliothèque est en accès libre et gratuit au niveau -1 de la Cité des sciences et en ligne sur www.cite-sciences.fr/bsi

ÉDITION

Bâtir en terre. Du grain de sable à l'architecture

En coédition avec les Editions Belin, 224 pages quadri, prix : 30 euros, parution : octobre 2009

Superbement illustré, cet ouvrage est consacré à un patrimoine mondial aussi divers que remarquable : l'architecture de terre. Cette dernière est omniprésente sur notre planète car ses propriétés physiques sont inestimables (2 milliards de personnes vivent dans un habitat en terre). **Le livre propose de partir à la découverte de ce matériau si précieux à travers des réalisations architecturales traditionnelles et contemporaines et des expériences simples et ludiques autour de la physique des matériaux granulaires.** L'ouvrage montre enfin que loin d'être cantonné à la tradition, construire en terre est une piste sérieuse pour préserver nos ressources énergétiques.

CITÉ DES MÉTIERS www.cite-sciences.fr/citedesmetiers

Tout savoir sur les métiers de l'éco-construction

Dans le cadre de l'exposition *Ma terre première, pour construire demain*, la Cité des métiers invite ses visiteurs à **découvrir la filière de l'éco-construction**. La plateforme d'information met à disposition de la documentation sur les métiers, les formations et les lieux de formation en éco-construction.

Une rencontre-débat sur les perspectives d'emploi dans les métiers du bâtiment, du bâtiment ancien et de l'éco-construction avec la participation de professionnels construisant avec la terre.

Une projection-débat en direction des classes de 3^e est également organisée à l'auditorium sur les métiers de la construction en présence d'un professionnel ou responsable de formation dans le domaine de la construction en terre, le mardi 16 février 2010.

FÊTE DE LA SCIENCE www.fetedelascience.fr

Organisée par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, la Fête de la Science est une manifestation gratuite, grand public.

La 18^e édition de la Fête de la Science se déroule du 21 au 29 novembre 2009, partout en France. Le **week-end gratuit** se déroulera à la Cité des sciences du **21 et 22 novembre**. Une fête pour partager les savoirs, mieux comprendre le monde qui nous entoure, échanger avec les chercheurs et les membres de la société civile, transmettre aux plus jeunes la curiosité et le goût de la culture scientifique. Des animations sur le thème de la terre, en lien avec l'exposition, sont au programme et CRAterre sera présent pendant cette semaine, à la Cité.

EN PARTENARIAT AVEC LE PARC DE LA VILLETTE www.villette.com

Un week-end d'initiation à la construction en terre crue dans les Jardins Passagers du Parc de la Villette. Printemps 2010.

AU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE

www.palais-decouverte.fr

EXPOSITION TEMPORAIRE

Argiles

du 19 décembre 2009 au 21 mars 2010

De l'histoire de l'argile dans ses différents modes d'utilisation : modelage, hygiène, habitation ou poterie, jusqu'à ses propriétés physiques et chimiques contemporaines, cette exposition offre un panorama complet de ce matériau particulièrement riche qui accompagne l'homme dans toutes ses activités depuis l'Antiquité jusqu'aux technologies futures les plus sophistiquées.

● ● ● UNE EXPO, UN SMARTPHONE, DES APPLICATIONS

La Cité des sciences et de l'industrie offre à ses visiteurs une visite numérique innovante et inédite de sa nouvelle exposition *Ma terre première, pour construire demain*

Toujours à la pointe de l'innovation numérique, la Cité des sciences et de l'industrie se lance dans l'expérimentation en matière de téléphonie mobile, en proposant un jeu de piste, une visite en réalité augmentée (Sekai Camera) et le choix de visites personnalisées et personnalisables (MuseTrek).

TÉLÉPHONIE MOBILE ? SMARTPHONE ? IPHONE ? APPLICATIONS ? LA CITÉ VOUS DONNE LES CLÉS ET LE MODE D'EMPLOI.

La Cité des sciences et de l'industrie poursuit sa mission de réduction de la fracture numérique en mettant à disposition de ses visiteurs, des iPhone et iPod Touch. Ces outils innovants et les applications inédites qu'ils contiennent permettent au public de découvrir les nouveaux usages de la téléphonie mobile et de se familiariser avec les nouvelles pratiques, tout en devenant acteur et participant à l'innovation en train de se faire.

Pour aller au-delà d'une visite traditionnelle de l'exposition, avec des manips pour les mains, des textes et des œuvres pour les yeux, *Ma terre première, pour construire demain* **expérimente trois dispositifs** par le biais d'un smartphone ou d'un téléphone mobile :

- le **jeu de piste** peut être suivi par n'importe quel utilisateur d'un téléphone mobile doté de 2 Mo de mémoire et de la technologie **Bluetooth**. Le visiteur enregistre son appareil sur l'une des bornes tactiles de l'exposition, puis selon ses déplacements, il reçoit directement par Bluetooth les questions du jeu de piste. La même technologie lui permettra de recevoir un cadeau virtuel à l'issue de sa visite.
- une visite avec **réalité augmentée**, grâce l'application **Sekai Camera**, sur iPhone. A travers l'écran tactile du téléphone, l'exposition apparaît comme dans la réalité mais celle-ci est « augmentée » de petits nuages ou tags géolocalisés par wifi, flottants selon les déplacements de l'appareil. Effleurés du doigt, ces nuages découvrent 8 films courts sur l'exposition. Dans un futur proche, le développement de cette technologie devrait permettre aux visiteurs de générer eux-mêmes leurs nuages pour déposer un commentaire écrit ou oral, et même des photos.
- **MuseTrek** est une application iPhone et iPod Touch qui offre un large choix de parcours de visites ou treks thématiques, poétiques, scientifiques. Conçue comme un guide multimédia interactif et participatif, elle permet également aux visiteurs de créer leur propre trek, en ajoutant leurs photos, textes, commentaires.

LES PARTENAIRES ET CRÉATEURS

Le jeu de piste sur téléphone mobile **Bluetooth** a été réalisé par **i-Marginal**, agence digitale indépendante fondée en 1997, spécialisée en stratégie numérique et en création de contenus et contenants pour les nouveaux médias. Le jeu utilise également la technologie **Blue NFC** de **MobiNear**.

La jeune entreprise japonaise **Tonchidot** a breveté l'application **Sekai Camera**.

Bouygues Telecom soutient l'expérimentation de la Cité des sciences en assumant les frais techniques de l'application et en proposant au prêt des **iPhone** et **iPod Touch**, le temps de la visite, à la borne « information » jouxtant l'entrée de l'exposition, les mercredis après-midi, vendredis, samedis et vacances scolaires.

Des **étudiants de Harvard** et des jeunes des centres urbains de la **Cloud Foundation** à Boston, sont les créateurs de **MuseTrek**. Le projet a été expérimenté 3 jours au Louvre, en avril 2009, à l'occasion des 20 ans de la Pyramide et avec l'aide de la fondation **Le Laboratoire**.

GLOSSAIRE (sources Larousse et Wikipedia)

Les applications, appelées « apps » ou « appli », sont des programmes destinés à aider l'utilisateur d'un smartphone ou d'un ordinateur pour le traitement d'une tâche précise. Elles peuvent être mises à jour lorsque les programmes évoluent.

Bluetooth est une technologie destinée à simplifier les connexions entre les appareils électroniques. Elle a été conçue dans le but de remplacer les câbles entre les téléphones portables, les PDA, les systèmes et kits mains libres, les ordinateurs, les imprimantes, les scanners, les claviers, les souris, les manettes de jeu vidéo et les bornes publicitaires interactives.

Un iPhone est un smartphone conçu par le fabricant Apple, qui intègre dans un même terminal de petite taille un téléphone mobile, un appareil photo numérique et les fonctionnalités classiques d'un ordinateur (accès à internet, installation d'applications, bureautique, multimédia, jeux...). L'innovation majeure de l'iPhone réside dans son écran tactile qui permet une navigation intuitive.

Un iPod Touch est semblable à un iPhone mais il ne dispose pas des fonctions de téléphonie ni d'appareil photo numérique.

Un PDA, « Personal Digital Assistant », est un appareil numérique portable appelé également assistant personnel ou encore ordinateur de poche.

Un smartphone (téléphone « intelligent ») est un téléphone mobile couplé à un PDA. Il fournit les fonctionnalités d'agenda, de calendrier, de navigation internet, de consultation de courrier, de messagerie instantanée, de GPS... Un smartphone permet également d'installer des applications additionnelles.

Un tag est un marqueur sémantique ou lexical utilisé sur les sites internet participatifs et qui fonctionne comme des étiquettes comportant des renseignements utiles, des notes, des mots clés.

● ● ● GÉNÉRIQUE DE L'EXPOSITION

Exposition temporaire présentée à la Cité des sciences et de l'industrie, du 6 octobre 2009 à juin 2010, en collaboration avec CRAterre, laboratoire de recherche de l'Ecole nationale supérieure d'architecture de Grenoble et en coproduction avec le Vaisseau à Strasbourg, le Forum départemental des sciences de Villeneuve d'Ascq, l'EPCC du Pont du Gard et le musée des Confluences à Lyon.

CITÉ DES SCIENCES ET DE L'INDUSTRIE

Sophie **Bougé** Chef de projet
Eve **Arachtingi** Scénographie

AUTEURS SCIENTIFIQUES

Romain **Anger** Laboratoire CRAterre
Laetitia **Fontaine** Laboratoire CRAterre
Hugo **Houben** Laboratoire CRAterre

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Paul Acker, **Lafarge**, directeur scientifique du Centre de recherche LCR
Lyderic **Bocquet**, CNRS, LPMC et nanostructures
Mohamed **Chaouch**, CNRS, LMT, génie civil et environnement
Philippe **Claudin**, CNRS, ESPCI, labo PMMH, physique et mécanique des milieux hétérogènes
Robert **Copé**, consultant CSTB, ex-directeur recherche et développement
Patrick **Davidson**, CNRS, Laboratoire de physique des solides, spécialiste des argiles
Stéphane **Douady**, CNRS, Université Paris VII, spécialiste de la dynamique des fluides
Etienne **Guyon**, CNRS, ESPCI, Labo PMMH
Christian **Olagnon**, CNRS, INSA, MATEIS, comportement mécanique des matériaux céramiques
Olivier **Pouliquen**, CNRS, IUSTI, spécialiste des écoulements, avalanches, éboulements
Franck **Radjai**, CNRS, LMGC, spécialiste des chaînes de forces dans les milieux granulaires
Pierre **Rognon**, Université Paris VI, professeur émérite, spécialiste des dunes sur Terre et sur Mars
Alain **Ruellan**, pédologue CNEARC, professeur émérite
Henri **van Damme**, CNRS, ESPCI, PPMH
Christian **Seignobos**, IRD, géographe, dirige une collection sur l'architecture traditionnelle

● ● ● RESSOURCES

LES SITES INTERNET INCONTOURNABLES

Le laboratoire CRAterre-Ensag www.terre.grenoble.archi.fr

L'association nationale des professionnels de la Terre crue www.asterre.org

Les Grands Ateliers www.lesgrandsateliers.fr

Un blog de référence sur l'architecture en terre crue dans le monde www.eartharchitecture.org

Auroville, ville en Inde dont la majorité des constructions est en terre www.earth-auroville.com

LES SITES INSTITUTIONNELS

Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire
www.developpement-durable.gouv.fr

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie www.ademe.fr

Centre scientifique et technique du bâtiment www.cstb.fr

Agence nationale pour l'amélioration de l'habitat www.anah.fr

Patrimoine mondial de l'Unesco www.whc.unesco.org

LES ÉVÉNEMENTS INCONTOURNABLES

Habiter écologique

Exposition du 13 mai au 1^{er} novembre 2009, Cité de l'architecture et du patrimoine - Paris
www.citechailot.fr

Deuxièmes Assises nationales de la construction en terre, organisées par l'AsTerre.
1^{er}, 2, 3 octobre 2009, Carentan, Basse-Normandie. Le Parc naturel régional des Marais du Cotentin
et du Bessin accueille les 2^e assises nationales de la construction en terre.

Bâtir écologique, un salon pour tous les passionnés de la construction écologique
27, 28, 29 novembre 2009, Grande Halle de la Villette - Paris www.batirecologique.com

Ecobat, salon de l'éco-construction et de la performance énergétique
12 au 14 mars 2010, Porte de Versailles - Paris www.salon-ecobat.com

Salon européen du bois et de l'habitat durable, rendez-vous de référence de la construction bois et
de l'habitat durable Avril 2010, Alpexpo - Grenoble www.salondubois.com

Biennale de l'habitat durable, Grenoble Mai-Juin 2010 www.biennalehabitatdurable.fr

Semaine du développement durable
www.semainedudeveloppementdurable.gouv.fr Avril 2010, France

Journée mondiale du développement durable 5 juin 2010, Monde

Salon de l'environnement et des métiers durables Juin 2010, Paris www.sem.fr

LES MÉTIERS DE TERRE ET CONSTRUIRE www.cite-sciences.fr/citedesmetiers

Dans le cadre de l'exposition *Ma terre première, pour construire demain*, la Cité des métiers invite ses visiteurs à **découvrir la filière de l'éco-construction**. La plateforme d'information met à disposition de la documentation sur les métiers, les formations et les lieux de formation en éco-construction.

● ● ● GLOSSAIRE

Adobe : technique de construction en terre typique de sud-ouest de la France. Les adobes sont des briques moulées à la main et séchées au soleil. On utilise un mortier de sable et d'argile pour cimenter les briques.

Argile : constituant le plus fin de la terre. L'argile cimente les autres grains de la terre (silts, sable, graviers, cailloux). L'argile est constituée de grains plats, mesurant moins de 2 microns.

Bauge : technique de construction en terre typique du nord-ouest.

Cation : ion portant une charge positive, c'est-à-dire atome ayant perdu un ou plusieurs électrons.

Coffrage : panneaux verticaux formant un moule dans lequel on verse la terre pour lui donner une forme. Le coffrage empêche le matériau de s'ébouler pendant le tassement de la terre.

Colombage : La structure en bois d'une maison en torchis reste généralement apparente. C'est ce qu'on appelle le colombage.

Décoffrage : une fois le matériau durci, le coffrage est démonté puis remonté par-dessus. Une autre couche de matériau peut ainsi être « levée ».

Forces capillaires : dans la terre, l'eau joue un rôle très important. Les forces capillaires, c'est-à-dire créées par l'eau, font coller les grains entre eux.

Forces électrostatiques : en plus des forces capillaires, des forces électrostatiques assurent la cohésion de la terre. Elles sont dues à la présence de charges électriques à la surface des particules d'argile.

Grain : partie élémentaire discernable de l'ensemble. Cette définition regroupe des substances très diverses, des particules de farine aux oranges d'un étalage ou aux éboulis de montagne. On dit que la terre est faite de grains, de tailles très diverses: argiles, silts, sables, graviers, cailloux.

Lattis : Entre les poutres de la structure porteuse sont clouées des lattes horizontales. La terre, mélangée à de l'eau est de la paille, est appliquées sur ce lattis.

Pisé : technique de construction en terre typique de la région Rhône-Alpes. La terre est versée dans un coffrage puis tassée avec un pisolir, sorte de pilon. Ce geste suffit à faire durcir la terre. Il n'y a pas besoin d'attendre avant de décoffrer.

Silt : aussi appelés limons, les silts sont des sables très fins, dont le diamètre des grains est compris entre 2 et 60 microns. Les silts sont un des constituants de la terre.

Torchis : technique de construction en terre typique du nord de la France. C'est une structure, généralement en bois, qui assure la solidité du bâtiment. La terre, souvent mélangée à de la paille, est utilisée comme matériau de remplissage.