

100 ÈME
ANNIVERSAIRE
DU
BETON ARMÉ



CIM *Béton*
CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



DOSSIER DE PRESSE

DEC 06

CIMENTS ET BÉTONS À TRAVERS LES SIÈCLES

MORTIER, PIERRE RECONSTITUÉE PUIS ENFIN BÉTON, L'ÉVOLUTION DES TECHNIQUES ET TERMINOLOGIES LIÉES À NOTRE MATÉRIAU ATTESTE DE SON INDISSOCIABILITÉ DE L'HISTOIRE DE L'HUMANITÉ DEPUIS DES MILLÉNAIRES, GAGE DE SON ADAPTABILITÉ ET DE LA COMPLICITÉ EXISTANT ENTRE LE MATÉRIAU ET CELUI CHARGÉ DE LE FORMULER, DE LE METTRE EN ŒUVRE. C'EST CETTE PROXIMITÉ QUI L'ANCRE DANS LA VALEUR TRADITIONNELLE ET PATRIMONIALE DE NOTRE SOCIÉTÉ TOUT EN PROPOSANT DES INNOVATIONS CONSTANTES AU SERVICE DU MIEUX VIVRE.

UNE DÉFINITION COMPLEXE POUR UN MATÉRIAU MILLÉNAIRE

CIMENT [simã]. n.m. (fin XIIIe ; lat. caementum "pierre naturelle"). Le ciment est un liant hydraulique, une matière inorganique finement moulue qui, gâchée avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit en réaction au processus d'hydratation. Après durcissement, cette pâte conserve sa résistance et sa stabilité, même sous l'eau. Le ciment est le constituant de base du béton.

LE BÉTON DE L'ÉGYPTE ANCIENNE AUX TEMPS MODERNES.

Si c'est Louis Vicat qui a réinventé le ciment tel que nous le connaissons aujourd'hui, on ignore souvent que l'on retrouve des procédés similaires de fabrication datant de plus de 3000 ans, contribuant ainsi à forger la réputation des civilisations de « bâtisseurs ».

Dès 2600 ans av. J.-C., les Égyptiens ont commencé à utiliser des mortiers : il s'agissait d'un mélange de chaux, d'argile, de sable et d'eau.

Les Romains ont par la suite perfectionné la prise et le durcissement de ce « liant » en y ajoutant de la terre volcanique de Pouzzoles. Cette généralisation de l'« opus caementicium », c'est-à-dire de la construction en béton, a favorisé les réalisations remarquables de l'architecture romaine en Europe et sur tout le pourtour méditerranéen.

À l'autre bout du monde, on retrouve des traces de mortiers chez les Mayas.

UN INGÉNIEUR FRANÇAIS, PÈRE DE LA “MATIÈRE GRISE”

« Il ne cherchait ni les honneurs, ni la gloire, mais son génie en a décidé autrement. Il voulait être poète, il sera l'inventeur du ciment artificiel. Grâce à ses découvertes, le Grenoblois Louis Vicat permettra l'audace la plus folle aux bâtisseurs de ce 19ème siècle en pleine mutation »

BALZAC, LE CURÉ DE CAMPAGNE

Louis Vicat (1796-1861)



LOUIS VICAT OU LE GÉNIE DE L'EXPÉRIENCE

En 1812, Louis Vicat, jeune polytechnicien, se voit confier la construction du pont de Souillac : il s'agit de réaliser un ouvrage composé de sept arches surbaissées, pour franchir la Dordogne réputée pour ses débits variables et ses crues torrentielles.

Le Conseil Général des Ponts et Chaussées lui prescrit de fabriquer les mortiers à employer sous l'eau avec de la chaux grasse mélangée de tuileaux. Ce procédé est quasiment le même que celui employé au premier siècle par le romain Vitruve dans ses livres d'architecture !

Vicat ne va pas se contenter d'appliquer cette méthode empirique : il va réaliser des expériences pour trouver le matériau faisant prise sous l'eau. Ses recherches le conduisent en 1817 à élaborer une véritable théorie scientifique de l'hydraulicité : « *on sait pourquoi et comment le pouvoir hydraulique évolue en fonction des teneurs respectives en calcaire et en argile, on sait donc doser à volonté et avec précision les mélanges artificiels* ». Dans tous les pays où il y a du calcaire et de l'argile, on peut désormais faire du ciment artificiel : Une nouvelle forme de « matière grise » était née !

LOUIS VICAT : UN INVENTEUR PASSIONNÉ

Vicat développe alors une véritable théorie de l'hydraulicité, qu'il présente la même année à l'Académie des Sciences pour faire taire les suspensions. Prony et Gay-Lussac en feront un compte rendu élogieux.

En 1818, il publie son fameux traité Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires où il décrit la fabrication simple mais précise de la chaux hydraulique : « les qualités surpassent celles de la chaux naturelle produite empiriquement par le hasard » par cuisson d'un mélange finement broyé et préalablement dosé de calcaire et d'argile. La facilité, la rapidité de fabrication et les économies induites par ce nouveau matériau lui valent de nombreuses distinctions.

Louis Vicat ne déposera pas de brevet pour son invention, mais au contraire conseillera bénévolement les industriels qui se lanceront alors dans la fabrication du ciment.

DU CIMENT AU BÉTON ARMÉ : LA COURSE AUX BREVETS DU 19ÈME SIÈCLE

DÈS LE MILIEU DU XIXÈME SIÈCLE, L'ENVIRONNEMENT ÉCONOMIQUE ET SOCIOLOGIQUE EST PRÊT POUR L'INVENTION DU BÉTON ARMÉ : À PARTIR DE LA DÉCOUVERTE GÉNIALE DE VICAT, JUSQU'EN 1906, DE NOMBREUX ENTREPRENEURS VONT ENRICHIR LE PROCÉDÉ EN ASSOCIANT LE CIMENT À L'ACIER. PLUS DE 260 BREVETS POUR LE BÉTON ARMÉ SERONT AINSI DÉPOSÉS.

COIGNET: LE PREMIER VISIONNAIRE

Parmi les brevets qui foisonnent à l'époque, l'un d'entre eux va marquer particulièrement les esprits : en 1850, François Coignet dépose le brevet du béton moulé (ou aggloméré) et n'aura de cesse de le promouvoir en France et dans tous les pays d'Europe et d'Afrique du Nord. Véritable visionnaire de son temps, il est convaincu que la diffusion du béton armé permettra une révolution dans la construction susceptible de combattre les maux de la civilisation, l'injustice et la misère à partir du double principe de l'hygiène et de l'économie.

Si le succès de ce matériau pour la réalisation d'équipements est immédiat (égouts, canaux, etc), son usage en tant que matériau de construction et de décoration va être largement discuté : l'église Sainte Marguerite du Vésinet, réalisée en 1864 par l'architecte L.A. Boileau suivant le procédé Coignet, passe pour être le premier bâtiment non industriel réalisé en béton en France. Comme toute innovation, celle-ci dans un premier temps ne fera pas l'unanimité dans le monde de l'architecture.

DE LAMBOT À HYATT : UNE PÉRIODE D'EXPÉRIMENTATIONS

Une autre utilisation étonnante du ciment va également ouvrir la voie du béton armé. Un jardinier, Joseph-Louis Lambot, fabrique des caisses pour orangers avec du fil de fer et du ciment. Il pousse le concept plus loin et en 1855, il dépose un brevet « le ferciment » et construit un petit bateau en ciment armé... qui passera totalement inaperçu à l'Exposition Universelle de Paris. À cette époque encore, le béton armé reste trop coûteux pour être utilisé de façon massive en architecture.

Tout reste encore à améliorer : en Angleterre, des entrepreneurs comme Alexander Payne ou Thaddeus Hyatt, tentèrent dans les années 1870 d'intégrer les armatures dans les bétons mais ils s'attirèrent les foudres de leurs détracteurs suite à des premières expériences hasardeuses. Aux Etats-Unis, les armatures métalliques du béton furent dévoilées par William E. Ward et exploitées par Ernest Leslie Ransome, avec ses fers Ransome dans les années 1880. Si le principe du béton armé a bien été inventé, aucun entrepreneur n'a su encore en formaliser le procédé pour garantir scientifiquement la solidité et la qualité du matériau livré.

DU CIMENT AU BÉTON ARMÉ : LA COURSE AUX BREVETS AU 19ÈME SIÈCLE

HENNEBIQUE : LE MAÎTRE DU BÉTON

C'est Hennebique qui fut le premier à formaliser les réflexions techniques d'ingénieurs autour du béton armé permettant ainsi de développer un véritable intérêt pour ce matériau. François Hennebique abandonna son métier d'entrepreneur en 1892 pour créer sa propre société de franchises et d'ingénieurs consultant. Il eut un succès considérable et se mit à concevoir des dizaines de milliers d'édifices. La raison de son succès est simple : en formalisant le procédé, il contribue enfin à diffuser un modèle unique dans la culture du bâtiment et dans les circuits de production.

Homme de communication, il publia dès 1898 le magazine "Béton Armé", afin de faire connaître auprès de l'ensemble des corps de métier de la construction les qualités de son matériau. Plus encore, depuis sa villa témoin de Bourg-la-Reine, à la fois maison, bureau d'étude, salon de réception dont l'architecture elle-même est une prouesse technique, il devint le promoteur infatigable d'un matériau appelé à transformer en profondeur les modes constructifs en France.



Royal liver Building, Liverpool, le plus grand bâtiment en béton armé en Europe au début du XXème siècle (Fonds Hennebique).

Préfecture de la Haute-Vienne, Limoges (Haute-Vienne) : départ de l'escalier des bureaux (Fonds Hennebique).



LA 'RÉVOLUTION GRISE' D'OCTOBRE 1906 : LE PREMIER RÈGLEMENT DE BÉTON ARMÉ

LES DIFFICULTÉS À IMPOSER LE BÉTON ARMÉ COMME MATÉRIAU DE CONSTRUCTION DURANT LA SECONDE PARTIE DU XIXÈME TIENNENT ESSENTIELLEMENT AU FOISONNEMENT DE BREVETS DE BÉTON ARMÉ DÉPOSÉS QUI SE CONCURRENÇAIENT LES UNS LES AUTRES. POUR QUE LE BÉTON ARMÉ S'IMPOSE DURABLEMENT PARMIS LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION, IL FALLAIT QUE SON PROCÉDÉ SOIT FORMALISÉ ET SA FIABILITÉ ASSURÉE.

DANS CE CONTEXTE, LA CIRCULAIRE DU 20 OCTOBRE 1906 RELATIVE À L'EMPLOI DU BÉTON ARMÉ MARQUE UNE ÉTAPE CRUCIALE DANS L'AVÈNEMENT DE CE MATÉRIAU EN OBLIGEANT TOUS LES SYSTÈMES EXISTANTS À S'INSCRIRE DANS UNE PROCÉDURE DE CERTIFICATION GÉNÉRALISÉE.

L'ULTIME BATAILLE DU BÉTON ARMÉ : LA COMMISSION MINISTÉRIELLE POUR L'ÉLABORATION DU PREMIER RÈGLEMENT.

Dès 1901, suite au chantier de l'Exposition Universelle où l'ensemble des modes constructifs en béton sont présentés, une commission est créée pour rédiger « la circulaire ministérielle sur l'emploi du béton armé ». Cette Commission est composée de 12 membres, et non des moindres : Cinq ingénieurs des Ponts, deux entrepreneurs (Coignet et Hennebique), deux architectes et deux officiers du Génie Civil.

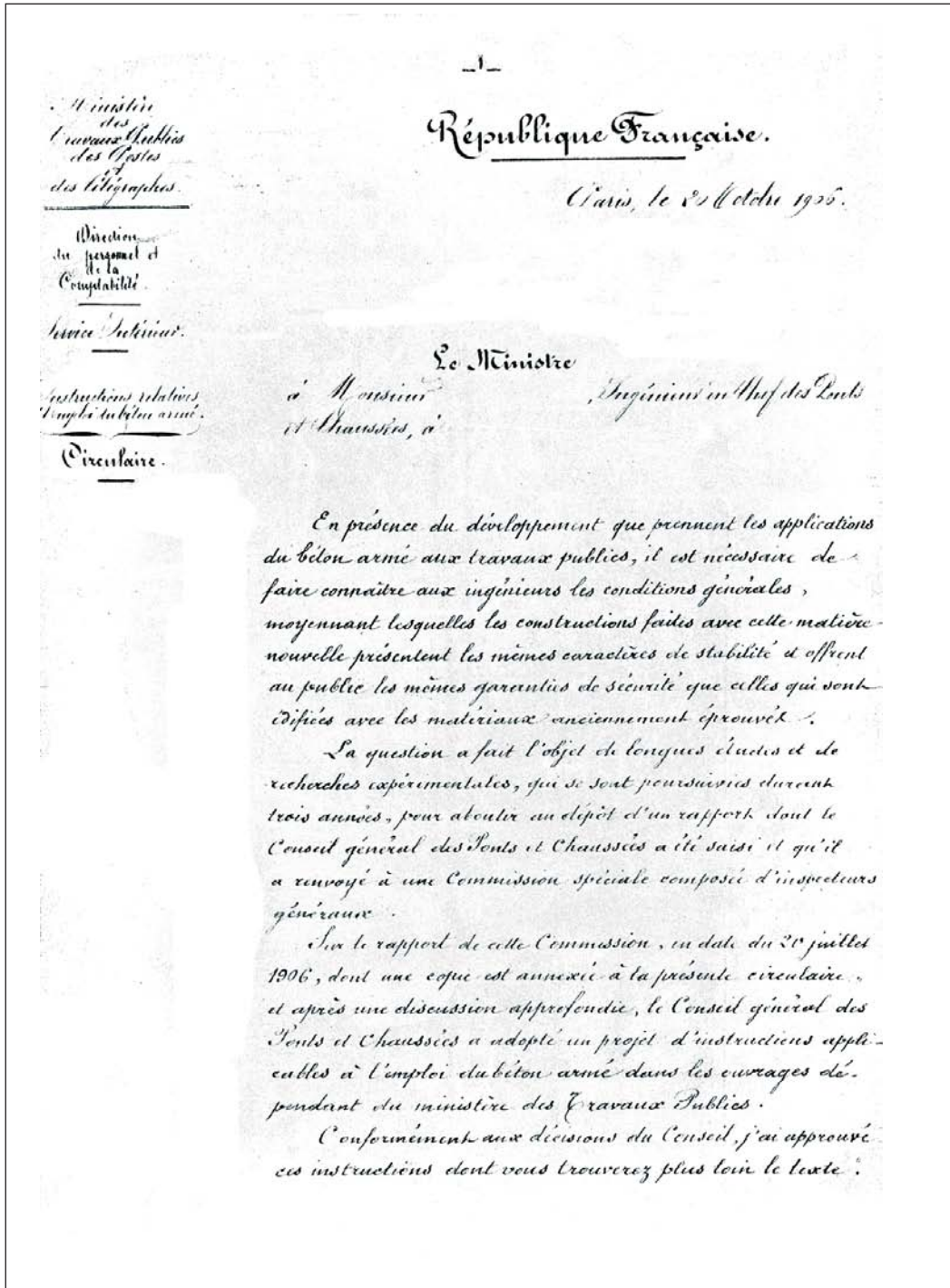
Les membres mettront près de cinq ans pour se mettre d'accord et rédiger les 25 articles, bataillant fort pour cadrer scientifiquement les procédés empiriques appliqués par certains systèmes, dont celui de Hennebique.

LA CIRCULAIRE DU 20 OCTOBRE 1906 : LE 'BAPTÊME SOCIAL' DU BÉTON.

Suite à la publication le 20 octobre de la circulaire, le béton armé va devenir très populaire parmi les architectes et les constructeurs : ses qualités de solidité et de résistance sont désormais reconnues grâce au procédé unique de fabrication et d'expérimentation décrit dans la circulaire.

Investi par la puissance réglementaire, le béton armé est institutionnalisé et accède aux sphères de la Science et de l'Art. L'invention est reconnue, et au cours du XXème siècle, ce sera désormais sur le terrain de la recherche expérimentale et de l'esthétique que va se construire la culture du béton armé.

LA 'RÉVOLUTION GRISE' D'OCTOBRE 1906 :
LE PREMIER RÈGLEMENT DU BÉTON ARMÉ



FREYSSINET : L'ÈRE DU BÉTON PRÉCONTRAIT

« QUAND L'INTUITION SE RETROUVE EN CONTRADICTION AVEC LE RÉSULTAT DU CALCUL, JE REFAIS LE CALCUL »

UN HOMME D'INTUITION

Né en 1879, polytechnicien, Eugène Freyssinet décide très tôt de quitter les bureaux d'étude pour le terrain où il expérimente ses différentes intuitions de jeune ingénieur. Fasciné par le béton armé encore naissant, et chargé de la construction de nombreux ponts jusqu'à la Première Guerre Mondiale, il obtient le prix Caméré de l'Académie des Sciences pour la technique du décintrement par vérins, employée pour la première fois pour la construction du pont de Châtel-de-Neuvre.

Après la Guerre, il cherche à travers ses nombreux travaux à harmoniser le béton avec des armatures métalliques et à créer dans le béton des contraintes permanentes. Il met notamment au point des cintres roulants et des voûtes à nervures au-dessus.

UN INVENTEUR DE TERRAIN

Mais c'est l'invention du béton précontraint, brevetée en 1929, qui va définitivement asseoir sa réputation d'inventeur et de bâtisseur. En 1933, la gare du Havre se tassait sur elle-même et menaçait de s'effondrer. À l'occasion de ce chantier spectaculaire, il expérimente en grandeur réelle les qualités du béton précontraint, qui lui permettent de consolider entièrement l'édifice. La société STUP (Société Pour l'Utilisation de la Précontrainte) est créée afin de mettre en œuvre les brevets fraîchement déposés.

Le système de Freyssinet entame alors sa carrière, utilisé dans les nombreuses constructions d'après-guerre, et permettant toutes les audaces architecturales modernes grâce à ses qualités uniques de résistance et de souplesse.

Ouvrages de franchissement ou structures off shore, les ouvrages contemporains utilisant la précontrainte sont de plus en plus nombreux et audacieux. L'extension récente du port de Monaco avec ses 90 000 m³ de bétons hautes performances, la construction de l'élégante passerelle de Séoul en béton ultra hautes performances ou encore le Pont Vasco de Gama au Portugal sont autant d'exemples de l'utilisation de la technique de la précontrainte au service du génie humain.

Câble de précontrainte



Port de la Condamine, Maître d'ouvrage Principauté de Monaco, Photographé : Guillaume Maucuit-Lecomte



LE BÉTON EN 2006 : UN MATÉRIAU UNIVERSEL AVEC UN AVENIR PROMETTEUR

LE BÉTON S'EST IMPOSÉ COMME LE MATÉRIAU DE CONSTRUCTION LE PLUS UTILISÉ DANS LE MONDE : CHAQUE HABITANT DE NOTRE PLANÈTE CONSOMME EN MOYENNE 1M³ DE BÉTON PAR AN. À L'IMAGE DE LA DÉCOUVERTE DE LA PÉNICILLINE POUR LA MÉDECINE MODERNE OU DU TÉLÉPHONE POUR LES COMMUNICATIONS, L'INVENTION DU BÉTON ARMÉ PERMET DE SATISFAIRE L'ESSENTIEL DE NOS BESOINS DE CONSTRUCTION, QUI VONT DE PAIR AVEC LE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE ET SOCIAL DE NOS SOCIÉTÉS MODERNES. UN MONDE SANS BÉTON SERAIT TOUT SIMPLEMENT UN MONDE SANS CONSTRUCTION.

LE MATÉRIAU DES GRAND RÊVES

De l'Empire State Building dans les années 1920 au Viaduc de Millau en 2005, le béton est devenu le matériau de référence au service du génie humain, capable d'accomplir les réalisations les plus audacieuses. Toutes les grandes réalisations architecturales du 20ème et de ce début du 21ème siècle ont été réalisées grâce au béton armé :

> **Le plus haut building du monde** (La CN Tower de Toronto), a été construit en béton armé (553 mètres de haut),

> **Le pont le plus long du monde** (Pont du Donghai en Chine), inauguré en 2005 et reliant sur 32,5 km la ville de Shanghai aux îles Yangshan.

> **Le pont le plus haut du Monde** (Viaduc de Millau), dont l'une des piles en béton armé culmine à 343 mètres.

> **Le plus grand stade du Monde** (Maracanã, à Rio de Janeiro, Brésil) pouvant accueillir près de 200,000 spectateurs.

> **Le plus grand barrage du monde** (barrage des 3 Gorges en Chine) : long de 2309 mètres et haut de 185 mètres, sa construction a nécessité 27 millions de mètres cubes de béton.



Viaduc de Millau :
la pile la plus haute du monde

LE BÉTON EN 2006 : UN MATÉRIAU UNIVERSEL AVEC UN AVENIR PROMETTEUR

LE MATÉRIAU DU QUOTIDIEN

Utilisés dans les fondations, les structures, les planchers ou l'enveloppe des bâtiments, les bétons s'adaptent aux contraintes techniques. Cube, dôme, décalage ou éclatement, aucune forme née de la géométrie ou du défi technologique n'est impossible au béton. Capables de supporter des grandes portées et des charges importantes, le béton permet également d'optimiser l'espace en supprimant les espaces intermédiaires.

Longtemps classé dans la catégorie « matériau de construction », le béton gris et rugueux était caché dans nos murs. C'était oublier le potentiel décoratif de ce matériau, révélé aujourd'hui par les passionnés de la matière. Le béton est désormais un matériau porteur d'une esthétique post-industrielle et moderne, les designers restituent à présent la richesse de cette « pâte à modeler » qui occupe une place choisie dans l'aménagement des plus beaux intérieurs.

1 - Villa à Valleaceron (Espagne). Architecte Sancho Madriles



Crédits Photo : Cimbéton



2/ 3 - Lycée du Pic Saint Loup (Hérault) : première réalisation labellisée HQE, un site favorable au bien apprendre en harmonie avec l'environnement

1

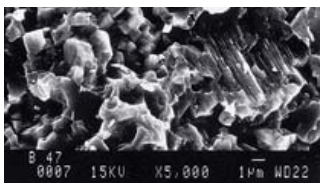
LE BÉTON EN 2006 : UN MATÉRIAU UNIVERSEL AVEC UN AVENIR PROMETTEUR

LE MATÉRIAU DU FUTUR

Au-delà de l'apparente simplicité du matériau, des technologies high tech sont aujourd'hui utilisées pour mieux connaître la microstructure des bétons, maîtriser la qualité du produit final et assurer la pérennité.

La microstructure représente la façon dont se répartissent tous les constituants du béton (eau, ciment, graviers, sable) une fois qu'ils ont été ajoutés les uns aux autres. La disposition de la microstructure évolue donc en fonction de l'ajout des produits.

Aujourd'hui, l'industrie est capable de remonter à la microstructure 3D du béton (tomographie X). L'objectif de cette nouvelle technologie est d'analyser l'agencement des produits au niveau le plus fin possible avec comme objectif d'agir sur les propriétés du produit final. Plus on descend d'échelle, plus il est possible de voir les nano-particules qui composent la colle et de mieux comprendre leur cohésion entre elles.



La résonance magnétique nucléaire (RMN) permet de caractériser la taille des pores dans la pâte de ciment détectant ainsi les particules d'eau entre les espaces. L'utilisation de cette technique permet de mieux comprendre l'évolution de la porosité d'un béton dans le temps.

Microstructure du béton

Grâce à l'évolution de la chimie et de la connaissance de la matière ; les bétons sont aujourd'hui devenus des produits très sophistiqués à même de répondre à toutes les attentes des concepteurs et utilisateurs : haute résistance, ultra hautes résistances, auto plaçant, le béton s'affine, se met en place tout seul, soigne sa peau pour se faire beau. Rebondissant, translucide, auto nettoyant il n'a pas fini de nous surprendre en offrant au public une palette toujours plus élargie de textures souples, multiples et surprenantes.

Afin de produire un béton d'une qualité irréprochable, il est important de prévoir ses réactions face à des conditions agressives (eau de mer, par exemple), extrêmes (fortes amplitudes de température) ou violentes (tempêtes, orages...). Des outils développés spécifiquement en laboratoire permettent aujourd'hui de reproduire ces conditions particulières d'exposition. Ainsi des tests préalables peuvent être réalisés pour garantir la qualité du produit fini.

Chapelle privée de Valleacéron



béton et architecture d'intérieur

