

Passerelle de Seonyu,  
une réalisation Ductal®,  
Corée du Sud.



**Lafarge**  
cherche à faire du béton  
un matériau noble

► Aujourd'hui, plus de 10 % du chiffre d'affaires du groupe Lafarge est généré par les nouveaux produits. Cela lui permet de mieux résister à la crise, car la guerre des prix se fait essentiellement sur les bétons d'entrée de gamme. Si la culture de l'innovation est ancienne chez Lafarge (le premier service de recherche a été créé en 1887), la recherche a connu une accélération ces cinq dernières années, avec une coloration très verte. La couleur du logo du groupe.

TEXTE : DJAMEL KHAMÈS. PHOTOS : LAFARGE DR (MENTIONS DÉTAILLÉES POUR CHAQUES PHOTOS)



### Mini Bio Pascal Casanova

- Diplômé de l'École polytechnique (promotion 1987), ingénieur et docteur de l'École nationale des ponts et chaussées, il a été responsable de chantiers divers, ponts et bâtiments. En 1999, il a pris la direction technique du projet Ductal, avant de passer en 2002 directeur R&D et Performance industrielle de l'activité Toiture du groupe Lafarge. Il est devenu directeur général de l'activité Composants de toiture du groupe Lafarge, puis directeur R&D du groupe Lafarge (2008).

« Il y a cinq ans, Lafarge prenait deux décisions stratégiques : le développement dans les pays émergents et le développement de l'innovation. Depuis, nous sommes passés de cinq dépôts de brevets par an à une trentaine », déclare Pascal Casanova, directeur de la recherche et développement du leader mondial des matériaux de construction. L'effort a été multiplié par six en un temps relativement court. Mais l'innovation est un sujet important depuis longtemps chez Lafarge, puisque le groupe a ouvert son premier laboratoire de recherche au Teil, dans le sud de la France, en 1887. Actuellement, Lafarge dépense 1 % de son chiffre d'affaires dans la R&D. Selon Pascal Casanova, « c'est deux fois plus que nos compétiteurs les plus impliqués dans l'innovation ».

La construction durable – qui concentre les deux tiers de la recherche – guide aujourd'hui l'innovation du groupe français, une préoccupation que partagent les directions industrielle, marketing et R&D. Chacune d'elles possède un comité de pilotage de l'innovation. Elles se réunissent une fois par trimestre pour mettre leurs travaux en synergie.

#### ► La formidable évolution du béton

Le champ de la construction durable peut être vaste, de l'extraction de la matière première au recyclage du produit en fin de vie. C'est cette démarche que suit Lafarge, puisque l'industriel prend en compte l'ensemble du cycle de la vie du ciment, du béton, des granulats et du plâtre qu'il produit. Cela passe par des recherches sur les matériaux pour en améliorer les qualités mécaniques, acoustiques, thermiques... La diminution de la consommation d'énergie nécessaire à la fabrication du ciment et les nouvelles conceptions et techniques de construction sont également visées par la R&D. In fine, l'objectif de Lafarge est d'abaisser l'impact de son activité et de ses produits sur l'environnement.

Le ciment, puis le béton, sont nés à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Ils ont peu évolué pendant une centaine d'années. Les améliorations successives ont permis d'augmenter la résistance à la pression de 20 à 40 mégapascals (MPa). Puis, en deux décennies, plusieurs évolutions majeures se sont succédé. Et, chaque fois, Lafarge en est à l'origine. « Dans les années 1980, nous avons utilisé un adjuvant chimique pour réduire la quantité d'eau dans le ciment. Nous avons pu ainsi



La tour Spinnaker à Portsmouth (Royaume-Uni).

•  
Le Ductal est un béton à ultra hautes performances. Sa résistance atteint 200 MPa, soit une augmentation de plus de 300 % !  
•



Détail du centre-bus RATP de Thiais, Ductal®.

fabriquer du béton d'une résistance de 40 MPa au coût d'un béton de 25 MPa. Le gain économique est évident », précise Pascal Casanova. La deuxième évolution, au cours de la même décennie, a permis d'augmenter d'un tiers la résistance du béton. Elle est passée de 40 à 60 MPa. C'était le premier béton à hautes performances (BHP). Pour le directeur de la R&D, « le BHP s'est révélé aussi plus résistant, parce que moins poreux, à différentes agressions, notamment chimiques. Sa durée de vie s'en est trouvée automatiquement allongée ». Les professionnels de la construction ont vite compris son intérêt, en particulier pour les édifices en front de mer. Cette deuxième évolution est importante dans l'histoire du ciment et du béton. C'était en effet la première fois qu'un industriel de ce secteur se posait des questions scientifiques : pourquoi le ciment colle ? Comment agissent les adjuvants ?

Quel est le processus qui donne corps à la pierre artificielle ?... Au cours de cette recherche, Lafarge a découvert la technique de l'empilement granulaire, un mécanisme qui consiste à mieux remplir les espaces entre les particules de ciment, diminuant ainsi la porosité du béton, qui devient quasi nulle. Cela a conduit directement à la troisième évolution, qui eut lieu dans les années 1990 : le Ductal, un béton à ultra hautes performances. Sa résistance atteint 200 MPa, soit une augmentation de plus de 300 % ! Ce produit fait le bonheur des architectes, qui y ont gagné en liberté d'expression. Leur imagination a été suffisamment stimulée pour qu'ils produisent des ouvrages d'art techniquement audacieux, à l'image de la tour Spinnaker à Portsmouth (Royaume-Uni), la passerelle de Seonyu à Séoul (Corée du Sud) ou l'église du cimetière de Zielona Gora (Pologne). Le témoignage de Zaha Hadid, architecte mondialement



reconnue, arrive en point d'orgue : « J'aime beaucoup travailler les courbes, car je pense que, visuellement, c'est une façon de simplifier la structure qui permet de prendre en charge plus de complexité sans étouffer ou boucher la scène visuelle. Je m'intéresse aux techniques qui permettent de faire cela en béton. J'aime le béton car c'est un matériau très fluide et continu. J'aime en exploiter la fluidité, la minceur. » (cf. *Le Grand journal de l'innovation*).

Avec le troisième millénaire, d'autres nouveautés sont arrivées : Agilia, un béton auto-plaçant et auto-nivelant ; Artevia, une gamme de bétons décoratifs pour l'extérieur ; Chronolia, un béton prêt à l'emploi avec une résistance très élevée ; Extensia, un béton anti-fissuration qui permet de construire une dalle d'un seul tenant 40 % plus grande que la moyenne ; Thermedia 0.6 B, un béton qui participe à l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments.

#### ► Les objectifs du projet « air pur »

« Savez-vous que le béton est le deuxième matériau le plus utilisé dans le monde après l'eau ? On en produit un mètre cube par habitant et par an », rappelle Pascal Casanova. C'est dire les volumes en jeu. Chaque économie réalisée sur l'énergie et la matière a forcément des conséquences positives globales importantes. Parallèlement à la recherche de nouveaux produits, Lafarge améliore donc les procédés industriels.

Un exposé préalable sur le processus de fabrication du ciment est nécessaire pour apprécier les réductions de consommation d'énergie auxquelles est parvenu Lafarge.

#### LE CENTRE D'ESSAI : UN ACCÉLÉRATEUR DE MISE SUR LE MARCHÉ

Inauguré en octobre 2007, le bâtiment dédié à l'innovation technique, au centre de Saint-Quentin-Fallavier, possède une surface de 2 500 m<sup>2</sup> et une hauteur sous plafond de 12 m. Il abrite une centrale à béton expérimentale qui permet de tester les résultats des recherches conduites en laboratoire, à l'échelle industrielle.

Il héberge aussi des zones consacrées à des essais ou au traitement des matériaux. Les formulations et les expériences sont menées en grandeur nature, avec une capacité à jouer sur la température, l'hygrométrie... comme en conditions extérieures. In fine, ce centre d'essai accélère le transfert des résultats des recherches vers la mise sur le marché.

farine crue, préchauffée puis passée au four. Une flamme de 2 000° C porte la matière à 1 500° C, avant qu'elle soit refroidie par soufflage d'air. Après cuisson, on obtient le clinker. Cette nouvelle matière est broyée très finement avec du gypse pour obtenir du ciment pur. Des ajouts peuvent être insérés pour produire des ciments composés. Enfin, les

Selon une information technique du groupe, les matières premières, principalement le calcaire et l'argile, sont extraites de la carrière par abattage, puis concassées avant leur transport à l'usine par camions ou tapis roulant. Elles sont alors stockées et homogénéisées.

L'opération suivante consiste à les broyer finement pour obtenir une

ciments sont stockées dans des silos avant expédition en vrac ou en sacs vers leur lieu d'utilisation.

Sans être spécialiste, on devine les énormes quantités d'énergie nécessaires aux concassage, préchauffage, chauffage, soufflage, broyage...

« Il y a vingt ans, une tonne de ciment produisait peu ou prou une tonne de CO<sub>2</sub>, dont 60 % étaient dus à la cuisson des matières premières. Aujourd'hui, nous sommes parvenus à produire une tonne de ciment pour 650 kg de CO<sub>2</sub> », explique Pascal Casanova. La réduction, de 35 %, est impressionnante. Quelle est l'industrie qui a fait mieux dans le même laps de temps ?

Comparativement, le béton, issu d'un mélange de ciment, de gravats et d'eau, a un faible

Tour Hypergreen.  
Architecte : Jacques Ferrier.

contenu carbone. Une tonne de béton produite génère 80 kg de CO<sub>2</sub> en moyenne.

Le seuil de 650 kg par tonne devrait être encore abaissé. Pascal Casanova rappelle les derniers travaux menés par le service de R&D sur les procédés de fabrication : « Le projet baptisé Aether, air pur en grec, vise à réduire de 25 % les émissions de CO<sub>2</sub> en agissant sur les proportions de calcaire, d'argile et de gypse, et de 15 % la consommation énergétique en abaissant la température de cuisson à 1 300° C. » Ce projet a reçu le soutien financier de l'Union européenne dans le cadre du programme Life+ en faveur de l'environnement. Deux établissements polonais et britannique, respectivement Institute for Building Materials et British Building Research Establishment, participent à cette recherche.

Pour abaisser davantage l'impact de la fabrication du ciment sur l'environnement, Lafarge a déjà recours, sur certains sites, à une énergie d'origine renouvelable, comme au Maroc avec les éoliennes.

Pour Lafarge, « la construction durable [...] prend en compte tout le cycle de vie des ouvrages et vise à réduire l'impact de chacune des étapes, au choix des produits initiaux jusqu'à la phase de démolition. Elle passe par une exploitation durable des ressources naturelles, la réduction des nuisances liées aux chantiers, une meilleure isolation thermique et acoustique des bâtiments, la

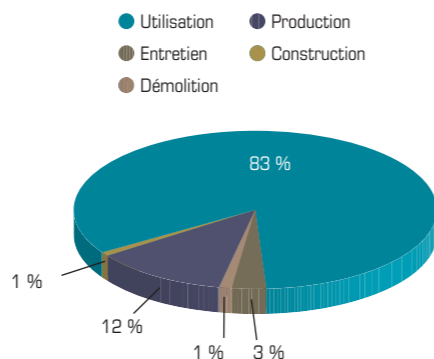
construction de bâtiments à énergie positive, le vieillissement contrôlé des ouvrages et le recyclage des matériaux et des structures.

Parce que 83 % des gaz à effet de serre d'un bâtiment sont émis durant sa phase de vie (voir camembert page suivante), le groupe travaille en collaboration avec d'autres acteurs à des solutions de

« Il y a 20 ans, 1 tonne de ciment produisait 1 tonne de CO<sub>2</sub> - Aujourd'hui, nous sommes parvenus à 650 kg de CO<sub>2</sub> »



Répartition de la consommation d'énergie tout au long du cycle de vie d'un bâtiment (50 ans)

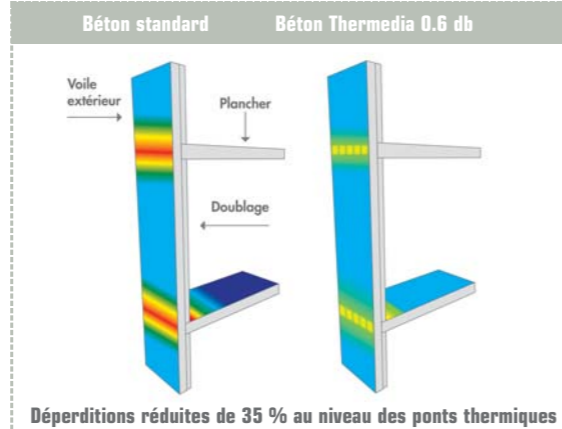


construction durable qui visent à limiter l'impact des bâtiments sur l'environnement et les hommes. » Les efforts portent donc sur l'intégration de sources d'énergie renouvelable, l'utilisation de matériaux recyclables dans la construction et l'amélioration de l'inertie thermique.

Le béton Thermedia 0.6 db, lancé en 2009 par Lafarge, répond en partie à la dernière problématique. La dissipation de chaleur passe par des ponts thermiques (voir schéma ci-contre), le plus important se situant au niveau de la jointure entre la façade et le plancher. Créer une rupture thermique à cet endroit précis s'avère être la solution, mais elle est restée longtemps sans réponse, car les trouvailles imaginées jusque-là enchérissaient lourdement le coût de la construction. « Bouygues Construction nous a soumis ce problème il y a quatre ans environ. Notre service de R&D a alors planché sur un béton isolant qui évite de changer les méthodes de travail des maçons. Trois ans plus tard sortait Thermedia 0.6 db, dont la conductivité thermique est trois inférieure à celle d'un béton standard et respecte, de surcroît, le processus de construction des édifices en béton », déclare Pascal Casanova. Il diminue de 35 % les impacts au niveau des ponts thermiques. Cela améliore les avantages du béton, en termes d'environnement, quand on l'analyse sur son cycle de vie complet.

#### ► Une collaboration permanente avec architectes et bureaux d'études

Parallèlement aux travaux menés sur le matériau, Lafarge collabore étroitement avec des cabinets d'architectes et les bureaux d'études. « L'objectif n'est pas de concrétiser un projet, mais d'étudier en amont et dans le détail comment nos produits et solutions peuvent répondre à des enjeux d'aujourd'hui et de demain », explique Léopold Lombard, directeur des relations avec l'architecture chez Lafarge.



L'industriel organise régulièrement des rencontres entre architectes, maîtres d'ouvrage et bureaux d'études sur le thème de l'innovation. Les partenaires découvrent les nouveaux produits, parlent de nouveaux modes constructifs, et Lafarge comprend mieux leurs attentes, qui peuvent induire de nouvelles recherches.

Pendant longtemps, la culture d'entreprise de Lafarge consistait à travailler dans le secret. La découverte était annoncée publiquement seulement quand elle était validée. Pascal Casanova s'inscrit à contrepied de cette politique. Il a déjà lancé l'industriel français dans de nombreux partenariats scientifiques et techniques avec des établissements de recherche et des entreprises partenaires.





Centre de recherche Lafarge, L'Isle-d'Abeau - France

### L'ORGANISATION DE LA RECHERCHE DE LAFARGE

Plus de 1 000 personnes dans le monde sont dédiées à l'innovation sur les matériaux de construction. Le budget annuel consacré à la R&D s'élève à 150 millions d'euros, si bien que la part des bétons à valeur ajoutée a atteint 27 % des ventes en 2009.

Lafarge possède plusieurs centres techniques à travers le monde (Atlanta, Pékin, Kuala Lumpur, Le Caire...), mais un seul centre de recherche pour tous les matériaux, à Saint-Quentin-Fallavier, près de Lyon. 240 personnes y travaillent, dont 100 docteurs et ingénieurs de onze nationalités différentes. La recherche est organisée par groupes de compétences (rhéologie, mécanique..., regroupés en quatre pôles : composants actifs, matériaux structurés, formulation et mise en œuvre, analyses et mesures) et non par branches de métier. Chacun des spécialistes intervient sur tous les matériaux et tous les métiers, ce qui lui donne une vision globale précieuse au groupe.

Enfin, plusieurs centaines de brevets garnissent le portefeuille de Lafarge.

Le sujet des associations avec les entreprises est vite réglé : « Nous sommes tenus à la confidentialité », assure Pascal Casanova. On sait seulement que l'on y parle matériaux, mécanique et chimie. Il est plus prolifique sur la recherche scientifique. Plusieurs collaborations ont été signées avec les établissements de différents pays. C'est le cas de l'université de Columbia (État de New York) sur les éco-constructions très importantes. Des ingénieurs de Lafarge y donnent des cours aux étudiants en maîtrise d'architecture. « Lafarge coopère traditionnellement avec les universités françaises et nord-américaines, États-Unis et Canada. Aujourd'hui, le groupe s'est ouvert à des partenariats avec d'autres européens et d'autres continents, asiatique notamment », précise Pascal Casanova.

L'exemple de NanoCem est une belle illustration de recherche partenariale. Une vingtaine d'universitaires européens travaillent pour des groupes industriels du ciment et du béton, pour lesquels ils élaborent la cartographie thermodynamique du ciment, c'est-à-dire toutes les caractéristiques qui permettent de modéliser le comportement du ciment lors de ses différentes phases. Cela permet aux industriels d'accélérer le développement de nouveaux ciments et bétons. Mais à cette dernière étape, c'est chacun pour soi. « L'Union

européenne a été séduite par notre démarche et finance depuis peu des bourses doctorales dans le cadre de NanoCem », déclare Pascal Casanova.

Un chantier similaire a été lancé aux États-Unis avec le MIT. Cimentiers et bétonniers financent ensemble un projet d'une durée de dix-huit mois.

En France, Lafarge finance une chaire avec l'École polytechnique et l'École des ponts et chaussées sur la construction durable. Cette chaire participe à la formation d'étudiants de très haut niveau, dont une partie rejoindra les rangs de Lafarge.

Les grands défis scientifiques qui restent à résoudre, selon Pascal Casanova, portent sur le passage du micron au nanomètre et la modélisation moléculaire. « Quand nous aurons bien compris les interactions chimiques entre l'eau, les matières premières, etc., et quand nous maîtriserons la

reproduction par ordinateur de l'assemblage des particules qui composent le ciment, alors nous irons très loin », explique-t-il. La limite, aujourd'hui, c'est l'écart qui sépare la capacité d'outils de mesure qui permettent d'observer à l'échelle de 30 nm et les modèles informatiques qui ne vont pas au-delà de 10 nm. Quand la jointure entre les deux mondes sera réalisée, de grands verrous scientifiques sauteront. □

•

**« Lafarge coopère avec les universités françaises et nord-américaines, et s'est ouvert à des partenariats avec des européens et d'autres continents. »**

•