



Capter et stocker de grandes quantités de CO₂ dans le béton recyclé

La recarbonatation accélérée du béton

Recycler le béton : une nécessité



Avec deux tonnes par personne et par an, le béton est le matériau manufacturé le plus consommé au monde. La partie la plus importante du béton est composée de granulats : environ les 2/3 de la masse. La fabrication du béton représente actuellement environ 40 % de la consommation totale de granulats.

Mais cette ressource n'est pas renouvelable et elle est de plus en plus difficilement accessible. La Région Ile de France importe près de la moitié des granulats qu'elle consomme (environ 13 millions de tonnes par an¹) et l'on estime que cette consommation va encore augmenter de 5 millions de tonnes par an² avec les projets du Grand Paris. Alors comment fabriquer des bétons en économisant les granulats ?

En même temps, le volume des matériaux de déconstruction des bâtiments et infrastructures augmente et va devenir de plus en plus important dans les prochaines années. En effet, les bâtiments édifiés pendant la Reconstruction dans les années 1950 arrivent peu à peu en fin de vie. Les volumes de béton à recycler vont devenir considérables.

Actuellement, ces matériaux sont traités de deux façons, soit on les enfouit en décharge, soit on les recycle dans les terrassements routiers comme remblai à faible valeur ajoutée. Toutefois les capacités de recyclage dans la filière routière ne sont pas illimitées, et si rien n'est fait le coût de traitement de ces matériaux pourrait augmenter très fortement.

Le projet national Recybéton® a démarré en 2012 pour une durée de 5 ans et regroupe des maîtres d'ouvrages, des industriels des matériaux et de la construction ainsi que des centres de recherche dont l'Ifsttar. L'objectif du projet est d'accroître la réutilisation des bétons de déconstruction dans les nouvelles structures en béton.

Malgré tout, des limites techniques subsistent. Les granulats issus du concassage du béton recyclé ne sont pas très bons : ils sont plus poreux que les granulats naturels et leurs propriétés mécaniques sont plus faibles. De plus, et c'est un obstacle majeur, ils absorbent trop d'eau (entre 5 et 10 %) et lentement (pendant une vingtaine de minutes). Un béton de granulats recyclés malaxés dans des conditions usuelles voit son aptitude à la mise en œuvre (ouvrabilité) chuter lors du transport en toupie, et cela peut aller parfois jusqu'à le rendre impropre à l'usage une fois arrivé à destination.

La carbonatation dans tous ses états

Pour fabriquer du ciment, on cuit usuellement du calcaire (CaCO₃) à forte température (1 500 °C) en présence de silice. Il se forme de la chaux (CaO) tandis que la plupart du CO₂ contenu dans le calcaire est libéré : c'est la décarbonatation du calcaire. La chaux se recombine ensuite avec la silice et forme le clinker : celui-ci est broyé et complété pour donner au final la poudre de ciment. On estime que ce process (énergie de chauffage et décarbonatation), compte pour environ 7 % des émissions de CO₂ dans le monde.

Photo : bétons issus de la déconstruction

¹ Livre blanc UNPG 2011

² Source DRIEE Ile-de-France



Lorsque l'on fabrique ensuite le béton, le ciment réagit avec l'eau : il se forme des hydrates de silice et de calcium. Ce sont ces hydrates qui donnent la résistance mécanique du béton. Cependant, les molécules d'hydrates ne sont pas totalement stables dans le temps, on dit qu'elles sont « métastables » : en présence du CO₂ atmosphérique, elles se recarbonatent naturellement en réabsorbant lentement le CO₂ et se retransforment en calcaire et gel de silice. Le cycle minéral est bouclé !

Faire d'un inconvénient un avantage

La carbonatation a toujours été redoutée par les constructeurs. Elle rend le béton plus acide (elle abaisse le pH) et elle conduit à la corrosion irréversible des armatures en acier qui renforcent le béton armé. Cette réaction chimique naturelle est heureusement très lente : dans une structure en service, exposée à l'air libre, seulement 2 ou 3 cm de profondeur sont recarbonatés après 50 ans ! L'objectif de l'Ifsttar est d'accélérer cette réaction pour les bétons de recyclage. Le procédé à l'étude consiste à mettre en contact les granulats concassés de déconstruction et du CO₂ atmosphérique sous une concentration et une pression très élevée, avec un apport d'énergie qui demeure très modeste.

L'utilisation de ce phénomène naturel pour capter et piéger le CO₂ atmosphérique dans la matrice cimentaire des granulats de déconstruction, améliore considérablement le bilan environnemental du matériau béton. Les premiers essais en laboratoire montrent qu'avec 1 tonne de béton recyclé, on pourrait capter et stocker 150 kg de CO₂, sans compter l'économie de 650 kg de granulats naturels de carrière réalisée. À cela s'ajoutent les économies nettes de

CO₂ permises par les nouveaux procédés de fabrication du ciment pour les nouvelles constructions en béton. Il s'agit donc de mettre au point un processus industrialisable, et de contribuer à l'émergence d'une nouvelle filière de l'économie circulaire.

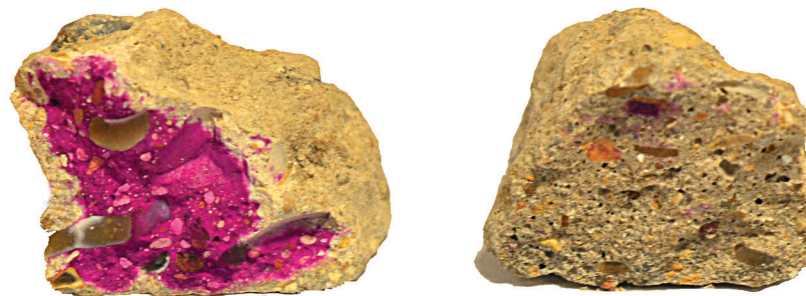
Mais il y a plus ! Le laboratoire a par ailleurs découvert une nette amélioration de la qualité mécanique des granulats recarbonatés. L'absorption d'eau est à la fois plus faible et plus rapide que celle du granulats recyclé non recarbonaté. Un atout de plus pour faire du recyclage du béton, dans le béton une réalité.

Un potentiel considérable

En France, la déconstruction dans le secteur du bâtiment et des travaux publics représente un apport de près de 300 millions de tonnes de matériaux par an, dont 36 % de produits à base de béton, pour lesquels on estime que seule la moitié est recyclée pour refaire des bétons. En généralisant le recyclage et en mettant en œuvre ce nouveau processus de recarbonatation accélérée sur près de 100 millions de tonnes de granulats, on pourrait capter et stocker de dix à quinze millions de tonnes de CO₂ par an. C'est l'équivalent d'une réduction de plus de 10 % des émissions de GES des transports.

Vers des démonstrateurs

Les études se multiplient en laboratoire. Bientôt on pourra réaliser des démonstrateurs de bâtiments en béton recyclé recarbonaté avec les maîtres d'ouvrage intéressés. L'Ifsttar est d'ores et déjà en contact avec des recycleurs, l'industrie de la préfabrication et des entreprises de construction.



Pour visualiser la carbonatation, on utilise un indicateur coloré de pH. Comme la carbonatation abaisse le pH, l'indicateur vire au rose là où le matériau n'est pas carbonaté. À gauche : granulats de béton recyclé carbonatés à la vitesse naturelle (carbonatation limitée à seulement quelques mm en surface). À droite : les mêmes granulats carbonatés de manière accélérée (carbonatation dans la masse, en totalité).

Champs-sur-Marne • Lille / Villeneuve d'Ascq • Lyon / Bron • Marseille / Salon de Provence • Nantes / Bouguenais • Versailles / Satory



IFSTTAR

Institut français des sciences
et technologies des transports,
de l'aménagement et des réseaux

Siège de l'Ifsttar

14-20, boulevard Newton
Cité Descartes, Champs-sur-Marne
77447 Marne-la-Vallée Cedex 2

www.ifsttar.fr
emilie.vidal@ifsttar.fr