



## Béton et génie civil : de nouvelles performances pour enrichir le champ des possibles

Novembre 2020

**Élément constitutif de la ville et des territoires auquel les infrastructures et les espaces publics font largement appel, le béton est un matériau résistant, à longue durée de vie, facile d'entretien. Les bétons d'aujourd'hui (BFUP, BHUP, bétons dépolluants, bétons autonettoyants, BAP) démontrent, à travers leurs Analyses du Cycle de Vie (ACV), qu'ils s'inscrivent durablement dans une démarche de qualité environnementale ; ceci indépendamment du "double" piégeage du CO<sub>2</sub>, pendant la durée de vie de l'ouvrage et lors du recyclage de son béton de démolition. La durabilité des ouvrages de Génie civil en béton, maîtrisée par l'approche performantielle, confirme leur valeur patrimoniale.**

### Le béton en Génie Civil : une durabilité économique, environnementale et sociale

Ses caractéristiques lui permettent d'inscrire les ouvrages dans des contextes particulièrement difficiles :

- de lutter contre l'étalement urbain, en offrant des services au cœur de la ville elle-même, sans qu'il soit nécessaire de « coloniser » des espaces ruraux.
- de valoriser le sous-sol des villes, ce qui contribue à les rendre plus compactes, tout en libérant des espaces en surface.

En surface, le béton contribue au paysage, il le constitue même parfois. Les ponts et passerelles, les viaducs, les quais et autres installations portuaires à l'heure où les villes s'ouvrent sur les rivières ou sur la mer, font largement appel au béton.

La durabilité s'obtient notamment par la recherche du « double dividende », à savoir gagner sur plusieurs tableaux à la fois. On cite souvent les 3 dimensions qui doivent progresser ensemble : l'économie, l'environnement et le social.

L'évolution du béton au cours des dernières années montre que cette convergence est à l'œuvre. Les bétons les plus performants sont aussi les plus durables au sens de la longévité, ils sont plus compacts et économes en matériaux et peuvent ainsi respecter plus facilement le milieu où ils sont employés, enfin ils sont plus techniques à réaliser et favorisent donc l'enrichissement des compétences des entreprises et de leurs personnels.

### Qualité environnementale des ouvrages : mesure et maîtrise par ACV

L'Analyse du **Cycle de Vie** (ACV) est une méthode normalisée, quantitative, multi-étapes et multicritères qui permet de quantifier les impacts environnementaux et d'apprécier la qualité environnementale d'un ouvrage sur la totalité de son cycle de vie.

L'ACV se révèle un nouvel outil pertinent au service des maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvres, ingénieurs et architectes pour **dimensionner**, sélectionner et optimiser des solutions constructives respectueuses du principe du **Développement Durable**.

Les industriels de la filière **ciment** et **béton** se sont ainsi engagés dans une démarche d'analyse de cycle de vie de leurs matériaux en appliquant les normes en vigueur en toute transparence afin :

- d'améliorer les performances environnementales et sanitaires de leurs produits
- de donner aux utilisateurs des indications chiffrées des impacts environnementaux du matériau béton dans ses utilisations,
- de permettre une évaluation environnementale et sanitaire des solutions constructives.

Cette démarche se concrétise par la mise au point de Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires (FDES) des matériaux, conformes aux normes en vigueur.

Les FDES permettent aux prescripteurs, de choisir les meilleures solutions constructives dans le **cadre** de projets soucieux de préserver l'environnement et les ressources naturelles. Elles permettent de déterminer la performance environnementale des solutions constructives à base de ciments et de bétons.

La filière ciment et béton a réalisé de nombreuses Analyses du Cycle de vie relatives aux différents matériaux (ciments, bétons, produits préfabriqués) et à divers types d'ouvrages (ponts, réseaux d'assainissement collectif, bâtiments, travaux routiers) ainsi que des études comparatives des solutions constructives à base d'autres matériaux.

La démarche ACV a été appliquée par exemple au cas concret d'un pont courant en béton (Passage Supérieur en Dalle Précontrainte) représentatif du patrimoine des ouvrages d'art routiers et autoroutiers français puis à trois solutions alternatives : ouvrage PRAD, structure mixte acier-béton et structure mixte bois-béton.

La filière est à l'initiative du groupe de travail **DIOPEN** de l'AFGC qui a pour objectif de mettre à disposition des acteurs du Génie Civil les données environnementales des matériaux de construction.

L'Analyse de cycle de vie des réseaux d'assainissement en béton a permis de développer un écologiciel (**ODUC+**) qui permet de déterminer les impacts environnementaux des réseaux d'assainissement sur l'ensemble de leur cycle de vie.

Le SNBPE a développé le logiciel **BETIE** qui permet d'établir les FDES de tous types de béton fabriqués en centrale de Béton Prêt à l'Emploi.

**Les diverses Analyse du Cycle de Vie démontrent que les solutions constructives à base de béton s'inscrivent parfaitement dans une démarche de qualité environnementale durable.**

### Maîtriser la durabilité des ouvrages et leur valeur patrimoniale

Le **béton** a fait l'objet depuis quelques décennies d'une évolution considérable. Ses caractéristiques se sont complexifiées pour répondre à des résistances toujours plus importantes, à des environnements de plus en plus agressifs, à des contraintes esthétiques, aux volontés des concepteurs et à de nouvelles exigences de mise en œuvre.

La durabilité d'un ouvrage caractérise sa capacité à conserver les fonctions d'usage pour lequel il a été conçu (fonctionnement structurel, sécurité, confort des usagers) et à maintenir son niveau de fiabilité et son aspect esthétique dans son environnement (gel, eaux agressives...), avec des frais de maintenance et d'entretien aussi réduits que possible.

Elle dépend de nombreux paramètres, dont la qualité de sa conception, la qualité des matériaux et des produits utilisés, la qualité des dispositions constructives, de la réalisation de l'ouvrage et de la mise en œuvre des produits.

Elle doit être assortie d'une durée, temps minimal pour lequel l'ouvrage est conçu, appelée "durée d'utilisation" de l'ouvrage.

Prescrire un béton durable nécessite ainsi d'apprécier dès sa conception l'ensemble des contraintes environnementales et des agressions potentielles qu'il aura à subir pendant toute sa durée d'utilisation.

Le corpus normatif des bétons permet aujourd'hui de maîtriser les effets des diverses pathologies potentielles des bétons en prenant en compte, pour adapter et optimiser la **formulation** des bétons et déterminer les épaisseurs d'enrobage, de l'ensemble des agressions et attaques auxquelles est soumis chaque partie d'ouvrage pendant sa durée d'utilisation.

## L'approche performantielle pour maîtriser la durabilité

Dans le domaine des ouvrages de Génie Civil, les ingénieurs ont actuellement à disposition des outils performantiels basés sur l'évaluation d'indicateurs de durabilité (**porosité**, perméabilité, teneur en portlandite, ...) et des modèles prédictifs. Ils permettent d'optimiser la **formulation** des bétons et les épaisseurs d'enrobage en fonction des agressions et attaques potentielles de l'environnement et donc de maîtriser la durabilité des ouvrages.

### Le piégeage du CO<sub>2</sub>

La **carbonatation** du béton est un phénomène indissociable de ce matériau de construction. Ce phénomène naturel se traduit par le piégeage du CO<sub>2</sub> dans les bétons.

Pendant la durée de vie de l'ouvrage, le dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère pénètre dans le béton à partir de la surface du matériau. Le dioxyde de carbone peut alors réagir avec les produits résultant de l'hydratation du **ciment**.

Durant la vie de l'ouvrage, le béton piège ainsi du dioxyde de carbone à hauteur de 10 à 15 % du CO<sub>2</sub> émis lors de la décarbonatation du calcaire nécessaire à la fabrication du ciment.

À la fin de vie de l'ouvrage, la carbonatation peut, cette fois, être exploitée pour fixer du CO<sub>2</sub> dans la **pâte de ciment** durcie d'un béton de **démolition**. Des résultats récents montrent qu'il est alors possible de recapter jusqu'à 50 à 60 % de CO<sub>2</sub> supplémentaires.

Par ailleurs, cette carbonatation est particulièrement favorable à une amélioration de la qualité du **granulat recyclé** extrait de bétons de démolition, facilitant ainsi sa **réutilisation**.

### Bétons et innovations : plus de performances

Le souci du respect de notre **environnement** et de la gestion optimale des ressources, la volonté d'améliorer le confort de vie, la santé et la sécurité des hommes, sont pour les industriels du **ciment** et du béton une source d'inspiration constante pour l'innovation et la recherche de nouveaux produits et de nouvelles solutions constructives.

L'industrie cimentière et ses partenaires proposent des produits innovants et des solutions constructives répondant aux préoccupations contemporaines et respectueux des principes du **Développement Durable**.

Ces bétons aux nouvelles performances sont une réponse :

- aux nouvelles exigences des normes européennes qui mettent en valeur l'importance de la durabilité des ouvrages,
- aux besoins des maîtres d'ouvrage vis-à-vis de la gestion durable du patrimoine,
- à la nécessité des gestionnaires d'ouvrages de limiter les coûts de maintenance et de réparations et de réduire les gênes aux usagers,
- aux demandes croissantes de nos concitoyens pour l'amélioration de leur cadre de vie et de leur sécurité.

Les recherches sur l'amélioration des résistances mécaniques, sur l'optimisation des empilements granulaires et les mécanismes de **floculation** ont abouti à la mise au point de bétons aux multiples propriétés et performances, présentant une très faible **porosité** et donc une durabilité exceptionnelle.

Elles ont débouché sur la mise au point d'une gamme de bétons aux performances nouvelles.

Ces nouveaux bétons sont les matériaux de la modernité et de l'innovation. Ils permettent de concevoir des ouvrages pérennes, esthétiques et en phase avec le concept de Développement Durable.

### Bétons Fibrés à Ultra hautes-Performances (BFUP)

Les progrès dans le domaine des **adjuvants**, des méthodes de **formulation** et de l'utilisation des **ultrafines** ont conduit à une évolution spectaculaire des bétons. La gamme s'est élargie : des bétons courants, de résistance en **compression** de 30 MPa, aux Bétons à Hautes Performances (**BHP** : plus de 50 MPa) et à Très Hautes Performances (BTHP : plus de 80 MPa). Une rupture technologique est intervenue au début des années 90 avec la mise au point des Bétons Fibrés à Ultra hautes Performances (BFUP), matériaux à **matrice** cimentaire, renforcés par des fibres et offrant des résistances en compression comprises entre 150 et 250 MPa.

Leur formulation fait appel à des adjuvants superplastifiants et des compositions granulaires spécifiques ainsi qu'à des fibres (métalliques ou organiques). Pour les BFUP structuraux, la présence de fibres et les performances en **traction** conduisent à un comportement pseudo-ductile permettant de s'affranchir de tout ou partie des **armatures** passives.

Les BFUP offrent des performances mécaniques et des durabilités exceptionnelles

Ils ouvrent de grandes perspectives d'applications pour les structures nécessitant résistances importantes, durabilité et esthétique. Ils répondent aux évolutions majeures de la construction en permettant d'optimiser les dimensionnements (augmentation des portées, réduction des quantités de matériaux utilisés), de réduire la durée des chantiers et les coûts globaux des ouvrages (compte tenu des gains sur la maintenance et l'entretien) et l'impact sur l'environnement, d'améliorer l'esthétique des parements et la pérennité des structures et d'offrir une liberté architecturale.

Leurs performances exceptionnelles offrent la possibilité de nouveaux domaines d'applications et de nouvelles perspectives constructives.

Ils réunissent tous les qualificatifs en termes mécaniques et esthétiques : résistance, durabilité, **compacité** extrême, liberté des formes et des textures. Ils permettent d'inventer de nouvelles formes plus légères qui n'ont de limite que la créativité des architectes.

### Bétons autonettoyants et bétons dépolluants

La photocatalyse est un phénomène naturel dans lequel une substance, appelée photocatalyseur, initie une réaction chimique sous l'action de la lumière.

Lors de la réaction le catalyseur n'est ni consommé, ni altéré. La réaction est donc pérenne.

Le photocatalyseur en utilisant l'énergie lumineuse, l'eau et l'oxygène de l'air, engendre la formation de molécules très réactives capables de décomposer par oxydo-réduction certaines substances organiques et inorganiques, présentes dans l'atmosphère, en composés inertes.

Le catalyseur généralement utilisé est le dioxyde de titane : TiO<sub>2</sub>

La photocatalyse peut être utilisée pour 2 applications pour les bâtiments et les structures de Génie Civil :

Les bétons autonettoyants : pour la pérennité architecturale des parements

Ces bétons fonctionnent grâce au principe de la photocatalyse :

- action combinée de la lumière et d'un catalyseur, le dioxyde de titane (TiO<sub>2</sub>) incorporé au **ciment**,
- dégradation par oxydation des composés organiques,
- réduction de l'accrochage des salissures
- décollement des salissures organiques, d'origine biologique (algues, bactéries, lichens...) au contact du parement, lavage et évacuation par l'eau de pluie.

Cette propriété est particulièrement adaptée aux parements architectoniques.

Les bétons dépolluants : pour améliorer la qualité de l'air de nos villes

Le dioxyde de titane permet, en décomposant les polluants atmosphériques gazeux présents à la surface du béton par oxydation des matières organiques :

- de transformer les NO<sub>x</sub> (oxydes d'azote) en composés azotés stables
- de dégrader les Composés Organiques Volatiles (COV)
- de traiter donc in situ l'air pollué

Cette technique est particulièrement adaptée :

- aux écrans acoustiques
- aux chaussées et aménagements urbains
- aux parements de tranchées couvertes et aux entrées / sorties de tunnel.

### Bétons autoplaçants (BAP) : mise en oeuvre sans vibration

Les bétons autoplaçants, bétons mis en œuvre sans vibration, constituent l'une des plus importantes innovations de ces dernières décennies en matière de technologie de construction.

Sur les chantiers comme dans les usines de **préfabrication** ces bétons offrent de multiples avantages, liés à leurs caractéristiques exceptionnelles d'écoulement, de remplissage des coffrages, de pompabilité et de maintien d'ouvrabilité.

Ils affirment leurs performances au fil des chantiers et s'imposent progressivement et remplaceront dans les prochaines années pour un grand nombre d'applications les bétons mis en œuvre par vibration.

Ils présentent des performances à l'état durci et une durabilité analogue à celles des bétons traditionnels mis en œuvre par vibration.

Les BAP :

- Facilitent la mise en œuvre du béton,
- Autorisent le coulage de structures complexes à forte densité d'armatures,
- Favorisent une plus grande qualité des parements,
- Révolutionnent l'organisation des chantiers et des usines de préfabrication
- Augmentent la productivité sur les chantiers,
- Réduisent sensiblement les impacts sonores et vibratoires sur les chantiers et dans les usines
- Réduisent sensiblement les impacts sonores et vibratoires aux alentours des chantiers

Auteur

Patrick Guiraud



Retrouvez toutes nos publications  
sur les ciments et bétons sur  
[infociments.fr](https://infociments.fr)

Consultez les derniers projets publiés  
Accédez à toutes nos archives  
Abonnez-vous et gérez vos préférences  
Soumettez votre projet