

## **L'OFFRE DE L'INDUSTRIE DU BÉTON EN GÉNIE CIVIL : DES SOLUTIONS CONSTRUCTIVES PRÉCIEUSES POUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE**

**Lionel MONFRONT**

Centre d'Études et de Recherche de l'Industrie du Béton (CERIB)

**Patrick GUIRAUD**

CIMbéton

**Marc LAINÉ**

Fédération de l'Industrie du Béton (FIB)

Répondre aux besoins des générations actuelles dans les domaines économique, social et environnemental, sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs, tel est le concept du développement durable.

Consciente de l'enjeu stratégique et universel de celui-ci, l'Industrie du Béton s'y investit largement :

- Dans le domaine économique, elle propose des produits et des solutions constructives compétitifs, performants, de qualité et pérennes.
- Dans le domaine social, les nombreuses entreprises de l'Industrie du Béton participent à la vie locale. Elles développent une forte politique de formation des personnels, mais aussi à l'attention des jeunes à l'approche de leur premier emploi.
- Dans le domaine environnemental et sanitaire, les produits en béton ont des qualités reconnues : ils sont sains, faibles consommateurs d'énergie, non polluants, recyclables. Les industriels en attestent, sur la base d'analyse de cycle de vie, par la publication de Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES). Les nombreux établissements répartis harmonieusement sur le territoire, au plus proche tant des matières premières que des ouvrages à réaliser, préservent les ressources en matières premières et en énergie.

La fonction sociétale des produits en béton est riche. En effet, ces produits contribuent au développement de nos infrastructures et de nos réseaux et s'intègrent aux ouvrages de Génie Civil dans des applications aussi diversifiées que les réseaux d'assainissement, les transports collectifs, les écrans acoustiques, les ponts...

Cet exposé décline l'offre des solutions constructives à base de produits préfabriqués en béton, fruits de nombreuses innovations qui génère de nombreux d'avantages dans différents domaines précieux pour le développement durable comme :

- La préservation de la qualité de l'eau, avec les réseaux d'assainissement assurant le transport des eaux usées et pluviales ;
- Le calme avec les écrans acoustiques ;
- De faibles impacts sur les chantiers avec des produits prêt à poser, source de gain de temps ;
- Un entretien et une maintenance minimisés des ouvrages ;
- Une longue vie en œuvre et la transmission d'un patrimoine de valeur aux générations futures ;
- La possibilité d'une seconde vie grâce au recyclage.

## 1. LA PRÉSERVATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU

L'eau est source de vie. Il est donc nécessaire, dans le cadre du respect des principes du développement durable, de ménager cette matière précieuse, d'en maîtriser l'utilisation et de la restituer après usage au milieu naturel après l'avoir soumise à un traitement d'épuration.

L'offre des produits préfabriqués en béton permet de satisfaire les besoins en adduction d'eau et en assainissement, en respectant l'eau tout au long de son cycle de vie. Les produits utilisés sont compatibles avec les exigences qu'impose le respect de la santé publique et de l'environnement.

Les produits les plus couramment utilisés en adduction d'eau et en assainissement collectif sont :

- les tuyaux d'adduction et les réservoirs d'eau,
- les tuyaux d'assainissement, les regards et boîtes de branchement, les cadres et les voussoirs,
- les bassins de rétention, d'orage ou de dépollution, les chaussées à structure réservoir ;
- les ouvrages de traitement, les séparateurs d'hydrocarbures ou de graisses
- les cuves de récupération des eaux de pluie.

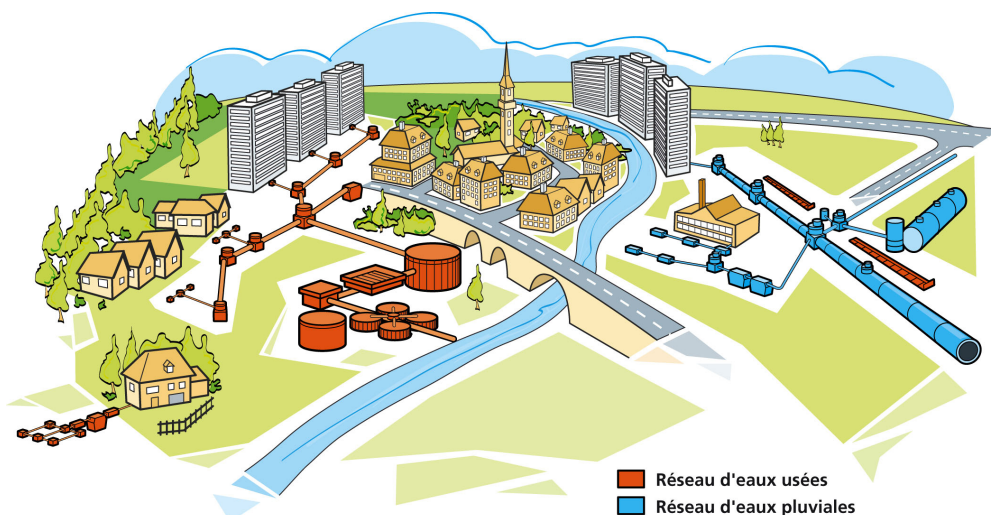


Figure 1 : Schéma de principe d'un système d'assainissement

### 1.1. Le béton au contact de l'eau

Les produits préfabriqués en béton sont traditionnellement et couramment utilisés pour le transport et le stockage de l'eau en général et de celle destinée à la consommation humaine en particulier. L'aptitude à l'emploi de ces produits au contact de l'eau a été notamment confirmée par les résultats expérimentaux effectués conformément aux exigences normatives françaises [1,2,3] sur lesquelles se base l'Attestation de Conformité Sanitaire des produits, qui devrait être effective en 2007 pour ceux à base de liants hydrauliques. Des études ont également été menées sur la base des référentiels normatifs européens [4,5] élaborés dans le cadre de la démarche de l'EAS (European Acceptance Scheme).

Ces essais complétant des recherches menées préalablement [6] attestent que ces matériaux ne sont pas à l'origine de migration de substances qui les composent en quantité telle qu'elles affecteraient les propriétés organoleptiques, entraîneraient une dégradation de la qualité micro biologique par une augmentation du nombre de germes et éventuellement un enrichissement progressif en substances toxiques ou indésirables, minérales ou organiques, dans l'eau véhiculée ou stockée.

Les produits préfabriqués en béton peuvent donc être utilisés au contact direct de l'eau destinée à la consommation humaine ou à un usage domestique sans application de revêtement complémentaires que ce soit pour la réalisation de conduites d'adduction d'eau (figure 2), de réservoir de stockage (figure 3) ou de cuve de récupération des eaux de pluie à usage domestique (figure 4).



Figure 2 : Conduite d'adduction d'eau



Figure 3 : Réservoir de stockage d'eau potable



Figure 4 : Cuve de récupération d'eau de pluie à usage domestique

## 1.2. Des produits préfabriqués étanches

La préservation de la ressource en eau et des aquifères impose l'emploi de produits étanches. Cette exigence est définie pour les produits d'assainissement et d'épuration par les normes applicables. Ainsi, par exemple, les tuyaux, regards et boîtes de branchement sont soumis à des essais de type et des essais de contrôle de fabrication définis par les normes européennes et leur complément national [7,8,9,10] : essai hydrostatique d'un assemblage de deux éléments sous 50kPa pendant 15 minutes, tenant compte de déviations angulaires et d'efforts de cisaillement. Ces dispositions d'essai (figure 4) permettent d'intégrer ces phénomènes pouvant intervenir sur chantiers du fait de tassement différentiels, notamment entre tuyaux et regards de visite ou boîtes de branchement. La performance de ces produits est en outre attestée par tierce partie dans le cadre de la marque NF, certification de qualité volontaire.



Figure 5 : Essai d'étanchéité sous cisaillement



Les bassins (de rétention, d'orage ou de dépollution) sont également testés pour leur étanchéité en application du Fascicule 74 [11]. La norme de dimensionnement Eurocode relative aux silos et réservoirs [12] ne traitera pas des produits disposant d'une norme de produit étanche qui sont considérés comme satisfaisant aux exigences du texte sans calcul complémentaire. Cette approche s'explique par la spécificité des produits en béton et notamment de leur mode d'assemblage qui s'effectue par exemple par boulonnage entre éléments équipés de joints élastomères (figure 5)



Figure 6 : Exemples d'assemblage d'éléments de bassins

### 1.3. Une approche globale et fonctionnelle des ouvrages

La qualité et l'aptitude à l'emploi des ouvrages dépendent pour une grande part de la qualité intrinsèque des produits préfabriqués utilisés. Il est néanmoins essentiel de prendre en compte l'ouvrage à réaliser dans sa globalité sur la base d'une approche fonctionnelle afin de garantir son niveau de service et donc, pour les ouvrages hydrauliques, la prise en compte de la protection du milieu.

Les chaussées réservoirs préfabriquées en béton procèdent de cette démarche. La structure réservoir destinée à stocker temporairement les eaux pluviales pour en permettre leur infiltration ou leur restitution différée est constituée d'éléments cylindriques creux préfabriqués. Ces produits combinent une capacité de stockage de 600 litres par mètre cube (contre 350 litres pour une grave grossière) et une résistance mécanique analogue aux graves. Leur mise en œuvre peut s'effectuer par simple déversement à la benne et leur compactage au rouleau (figure 6)



Figure 7 : Produits creux en béton pour chaussée réservoir

La fonctionnalité et la performance durable de l'ouvrage ont conduit l'Industrie du Béton à proposer une solution globale intégrant le matériau stockant mais également les bouches d'engouffrement, le regard d'alimentation, de régulation et de restitution et leur équipement (lame siphonide, surverse, orifice calibré...), les tuyaux ou caniveaux... Dans le cadre d'aménagements urbains, le revêtement de chaussée peut être constitué de pavés ou de dalles de voirie perméables.

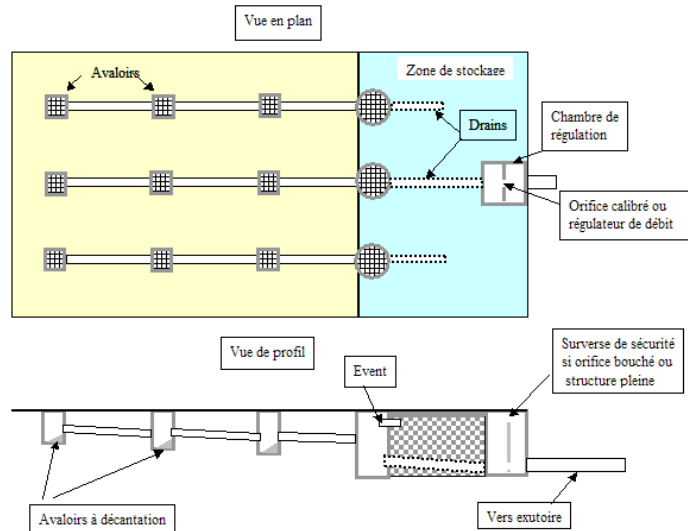


Figure 8 : Schéma de principe d'une chaussée réservoir en béton

## 2. LUTTE CONTRE LES NUISANCES SONORES ET ESTHÉTIQUE

Les écrans préfabriqués en béton ont une efficacité optimale vis-à-vis des trois paramètres de base de l'acoustique : la transmission, l'absorption et la diffraction.

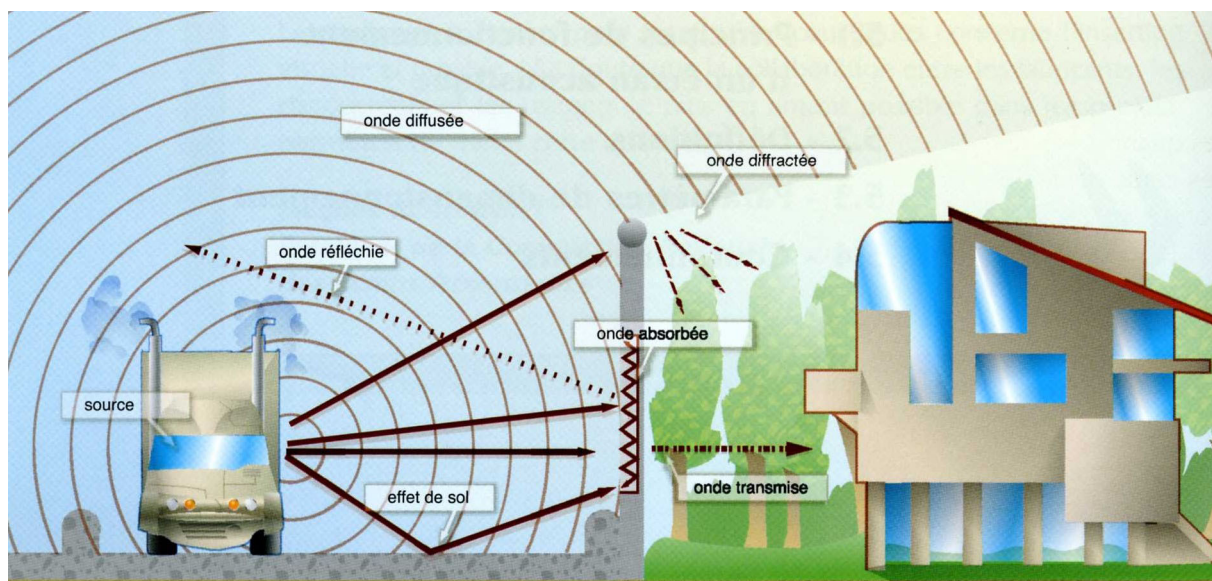


Figure 9 : Schéma de principe d'un écran acoustique

Un écran doit protéger les riverains des nuisances sonores mais il doit aussi être esthétique, intégré dans son environnement et durable dans le temps, sans nécessiter d'entretien important. Le développement de nouveaux bétons et de nouvelles techniques de traitement de surface permet d'offrir une grande variété d'écrans acoustiques préfabriqués en béton présentant de multiples atouts et répondant aux exigences et aux préoccupations des riverains, des concepteurs d'écrans, des entreprises, des architectes, des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre.





Figure 10 : Ecrans acoustiques en béton de bois et végétalisable

L'évolution des techniques a permis la progression de l'utilisation des produits absorbants qui sont ceux les plus utilisés actuellement. Les bétons absorbants sont constitués de matériaux absorbants de forte porosité offrant des surfaces de frottement qui transforment et dissipent l'énergie sonore et par conséquent amortissent et absorbent les bruits. Leur rendement en absorption (de l'ordre de 8 à 12 dB) est fonction de la surface développée offerte au contact de l'onde sonore et de la porosité du matériau, des textures de surface, de la forme et du type de matériau utilisé : béton de bois, béton de pouzzolane et d'argile.

Les bétons de bois sont essentiellement constitués de fibres de bois, (essences spécifiques), enrobées dans une matrice cimentaire, éventuellement teintés dans la masse par des pigments minéraux.

Les écrans en béton sont reconnus comme la solution idéale en termes de coût global, de simplicité et d'adaptabilité de mise en œuvre, de durabilité, de résistance aux agressions, de facilité d'entretien et de maintenance.

### 3. DES CHANTIERS À FAIBLES IMPACTS

La construction d'ouvrages avec de produits préfabriqués en usine permet de limiter au minimum les interventions sur site.

Les opérations essentielles de fabrication et de contrôle (dans le cadre du contrôle qualité de l'établissement ou en référence aux référentiels complémentaires prescrit pour un projet par la maîtrise d'œuvre) sont réalisées en usine dans des conditions optimales garantissant la qualité.

Du point de vue opérationnel, le recours à la préfabrication permet de réduire les délais d'intervention sur site, de maîtriser ainsi les coûts de réalisation et de limiter les impacts en terme de nuisance pour l'environnement et les riverains du chantier (bruit, déchets...).

A titre d'exemple, la réalisation d'un passage inférieur se limite aux opérations suivantes :

- préparation du fond de forme (coulage d'un béton de propreté d'épaisseur de l'ordre de 10 cm),
- pose des piédroits (en vérifiant la parfaite position en alignement et en verticalité),
- réalisation du mortier de l'appui de la dalle ;
- pose des dalles de couverture
- réglage des dalles et scellement des liaisons piédroits/dalles
- clavage entre les dalles ;
- coulage du radier
- réalisation de l'étanchéité de l'ouvrage
- remblaiement



Pose des pénétrations



Mortier d'appui



Pose des dalles



Régulation des dalles



Clavage entre dalles

Figure 11 : Pose d'un passage inférieur préfabriqué en béton

L'emploi de bétons autoplaçants à haute performance, de résistance élevée au jeune âge en usine, permet en outre de réduire à quelques jours seulement la disponibilité pour la livraison des produits sur chantier, et ainsi de concilier qualité, résistance mécanique et réactivité.

L'emploi de produits préfabriqués en béton contribue également à renforcer la sécurité du personnel de chantier et à limiter les risques de maladies professionnelles (troubles musculo-squelettiques, troubles auditifs...). Pour ce faire, la maintenance des produits en usine et sur site est intégrée au développement des produits qui peuvent comprendre des inserts de maintenance ou être adaptés à la maintenance par des outils spécifiques du fait de leur géométrie et de leur résistance mécanique.



Figure 12 : Maintenance au moyen d'inserts positionnés dans le radier du produit



Figure 13 : Maintenance au moyen d'équipement de préhension spécifique

La limitation au minimum des opérations de bétonnage sur chantier limite les vibrations et les nuisances sonores. Par ailleurs des solutions de pose mécanisée ont été développées pour certains produits parmi lesquels ceux de voirie : pavés, dalles, bordures, éléments de protection urbains...ce qui permet d'améliorer les conditions de travail.





Figure 14 : Pose mécanisée de produits de voirie

#### 4. UN ENTRETIEN ET UNE MAINTENANCE MINIMISÉS

L'emploi de produits préfabriqués en béton permet de réduire les contraintes d'entretien et de maintenance. L'exemple des bassins de rétention des eaux pluviales mis en œuvre dans le cadre des techniques alternatives d'assainissement, illustre cet atout des produits préfabriqués en béton : les premiers bassins en béton pour le stockage des eaux des pluies de faibles périodes de retour sont recommandés. En effet, on constate généralement que les bassins de stockage sont souvent utilisés pour de faibles remplissages : en Seine-Saint-Denis par exemple, moins de 30% de leur capacité est sollicitée dans 87 % des cas et les remplissages à plus de 60% ne représentent que 1.5% des cas[13].

La division des bassins de retenue en plusieurs zones ou compartiments présente des avantages tant en terme de réduction des coûts et d'acceptation sociale des ouvrages que de fonctionnement et d'entretien. Un ouvrage de retenue peut donc être avantageusement divisé en trois parties distinctes :

- un premier ouvrage de retenue destiné aux événements pluvieux les plus fréquents (par exemple pluie semestrielle ou annuelle)
- un second ouvrage de retenue permettant un stockage plus important des eaux mais moins fréquent
- une zone à inondation maîtrisée pour les événements pluviaux exceptionnels.

La séparation en compartiments des ouvrages concentre l'essentiel des dépôts solides dans le premier ouvrage.

L'emploi de bassin en béton facilite les opérations de nettoyage [14] que celui ci soit réalisé par raclage ou hydrocurage.

#### 5. UNE LONGUE DURÉE DE VIE ET UNE APTITUDE AU RECYCLAGE DES PRODUITS

La durabilité des ouvrages en béton a été attestée par le retour d'expérience tant dans le domaine de l'assainissement que celui des ouvrages d'art, par exemple. La pérennité d'un ouvrage dépend toutefois de ses conditions d'emploi et de son exposition.

Les normes de produits élaborées dans le cadre des travaux européens, complétées le cas échéant par les compléments nationaux, définissent les conditions d'emploi des produits et les exigences à respecter pour assurer la durabilité des ouvrages. Ces normes produits sont soit « autoportantes », c'est à dire qu'elles définissent en elles-mêmes l'ensemble des prescriptions applicables, soit basées sur la norme NF EN 13369 « Règles communes pour les produits préfabriqués en béton » [15] qui définit les prescriptions de durabilité en fonction des classes d'exposition des ouvrages, identiques à celles définies par la norme NF EN 206-1 [16].

Le recyclage des déchets de béton générés par la fabrication des produits en usine est intégré de longue date dans le processus de production. L'aptitude au recyclage du béton donne également aux produits en béton une seconde vie après l'exploitation des ouvrages lors de leur déconstruction. Les déchets de béton sont inertes : ils ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique, ils ne sont pas susceptibles d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine. Le recyclage des produits en béton consiste essentiellement à les concasser et, pour les produits armés, à récupérer les armatures par séparation magnétique notamment. Des sociétés spécialisées se sont développées pouvant



valoriser 200 000 à 300 000 tonnes par an dans des installations fixes ou mobiles intégrant des concasseurs puissants (100 à 400 kW), des cribles vibrants, des séparateurs pour l'élimination de l'acier et parfois des équipement de lavage des sables ou des séparateurs à air. Compte tenu des coûts de transport et de traitement, le retour en usine pour recyclage dans les bétons ne s'avère en général pas rentable. Les déchets recyclés sont donc généralement employés comme matériau de remblai ou de voirie.

## CONCLUSION

Les produits préfabriqués en béton présentent de nombreux atouts pour le développement durable. Ces avantages sont identifiables et quantifiables tout au long de leur cycle de vie : préservation des ressources naturelles et énergétiques, contribution à la réduction des nuisances, facilité de mise en œuvre, préservation de la sécurité et de la santé des personnels et des utilisateurs, pérennité des ouvrages et aptitude au recyclage.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] XP P 41-260-1 1998(décembre 2001) Effet des matériaux à base de ciment sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Evaluation de la migration Partie 1 : Paramètres organoleptiques et physico-chimiques.
- [2] XP P 41-260-2 (août 2001) Effet des matériaux à base de ciment sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Evaluation de la migration Partie 2 : Micropolluants minéraux et organiques.
- [3] XP P 41-260-3 (avril 2003) Effet des matériaux à base de ciment sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Evaluation de la migration Partie 3 : Cytotoxicité.
- [4] NF EN 14944-1 (juillet 2006) Influence des produits à base de ciment sur l'eau destinée à la consommation humaine – Méthode d'essai – Partie 1 : Influence des produits à base de ciment fabriqués en usine sur les paramètres organoleptiques.
- [5] prEN 14944-3 (octobre 2005) Influence des produits à base de ciment sur l'eau destinée à la consommation humaine – Méthode d'essai – Partie 3 : Migration de substances à partir des produits fabriqués en usine.
- [6] CERIB Comportement du béton au contact de l'eau destinée à la consommation humaine (rapport interne)
- [7] NF EN 1916 (Décembre 2003) Tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, béton fibré acier et béton armé
- [8] NF P 16-345-2 (Décembre 2003) Tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, béton fibré acier et béton armé - Partie 2 : complément à NF EN 1916 (P16-345-1)
- [9] NF EN 1917 (Décembre 2003) Regards de visite et boîtes de branchement en béton non armé, béton fibré acier et béton armé
- [10] NF P 16-346-2 (Décembre 2003) Regards de visite et boîtes de branchement ou d'inspection en béton non armé, béton fibré acier et béton armé - Partie 2 : Complément à NF EN 1917 (P16-346-1)
- [11] Fascicule 74 du Cahier des clauses techniques générales - Construction des réservoirs en béton - 1998
- [12] EN 1992-2-3 EUROCODE 2 Calcul des structures en béton Partie 3 Silos et Réservoirs - 2005
- [13] Assainissement Urbain Départemental et Actions concertées pour l'eau - Schéma 2003-20012 - Seine Saint Denis
- [14] Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement - Coordonnateur Bernard Chocat – Eurydice 92, Tec et Doc – 1997
- [15] NF EN 13369 (décembre 2004) « Règles communes pour les produits préfabriqués en béton
- [16] Béton Partie 1 (avril 2004) : Spécifications, performances, production et conformité - 2000