

# Solutions béton

Une variété de formulations  
de béton

P. 17

De nouveaux systèmes  
constructifs

P. 20

Illustration en projet

- Logements sociaux à Saint-Denis
- Gendarmerie et logements à Montalieu-Vercieu

Rabat

P. 22



## Solutions innovantes en béton

Le souci du **développement durable**, la volonté de préserver notre environnement naturel et urbain des pollutions comme des productions excessives de CO<sub>2</sub> et autres nuisances sont aujourd'hui communément partagés dans nos sociétés. Construire des édifices ou des ouvrages d'art répondant à ces exigences, atteindre le niveau BBC, voire BEPOS, n'est plus une utopie, mais est au contraire à l'ordre du jour. Toutes les innovations en matière de formulation des bétons et tous les nouveaux systèmes de construction performants, présentés dans ce dossier, offrent aux concepteurs, aux architectes, aux ingénieurs, aux entreprises et à tous les acteurs de l'art de bâtir un large choix de solutions pour répondre aux enjeux environnementaux contemporains et futurs.

Texte : Judith Hardy



→ Centre départemental de documentation pédagogique à Champigny-sur-Marne (94). Lelli – Architectes. Photo : © Ecliptique/ Laurent Thion.

Pour les chercheurs et les industriels il s'agit d'améliorer la qualité environnementale des constructions en réduisant l'impact matériel d'une part, mais surtout en favorisant la performance de l'enveloppe, puisque 90 % des émissions de CO<sub>2</sub> des bâtiments actuels proviennent de leur usage.

### UN LARGE ÉVENTAIL D'INNOVATIONS

Plusieurs développements sont proposés aux concepteurs de bâtiments et d'ouvrages d'art tels que les bétons autoplaçants qui permettent d'éviter la vibration, offrent des surfaces parfaitement lisses et restituent à la perfection les formes les plus complexes et les plus ciselées ; ou les bétons fibrés à ultra hautes performances qui diminuent sensiblement le volume des structures en béton grâce à leurs qualités mécaniques remarquables.

Sont apparus également des bétons offrant à leurs utilisateurs de nouvelles fonctionnalités tels que les bétons autonettoyants et dépolluants qui limitent l'entretien des façades architectoniques et purifient l'air pollué de nos villes ; et plus récemment, les bétons aux caractéristiques thermiques améliorées.

Utilisés pour réaliser des murs banchés ou des blocs à maçonner (bloc d'ardoise expansée, bloc de chanvre, bloc de béton cellulaire ou bloc de pierre ponce) ces bétons, tout en présentant des qualités mécaniques identiques aux formulations conventionnelles, augmentent significativement les performances thermiques des murs réalisés. Ils correspondent aux évolutions réglementaires de la construction (nouvelles réglementations thermique et acoustique) et devraient s'imposer sur des marchés en pleine mutation. ■

# Béton et qualité environnementale

Si les bétons sont toujours plus performants en matière de résistances mécaniques et de qualité des parements, les innovations les plus récentes dont ils sont l'objet leur permettent d'améliorer la qualité environnementale des bâtiments et des ouvrages d'art.

Depuis plus d'un siècle, le béton occupe une place dominante dans la construction de bâtiments et d'ouvrages d'art. Ses qualités mécaniques exceptionnelles ainsi que sa plasticité lors des phases de mise en œuvre et sa durabilité dans le temps

en font un matériau de prédilection pour de nombreux concepteurs. Pour répondre aux multiples enjeux de la construction, les bétons ne cessent d'améliorer leurs performances. Si l'innovation s'est longtemps concentrée sur le perfection-

nement de l'aspect et des fonctions principales des ouvrages en béton (formulations, adjuvants, coffrages, traitements, etc.), elle doit également répondre aujourd'hui aux très fortes préoccupations environnementales.

## Témoignage

**LAURENT IZORET,**

*directeur de l'École Française du Béton*

### De la résistance à la performance

Avec les nouveaux bétons, la conception des bâtiments commence à donner la pleine expression de sa créativité.

Aujourd'hui, la notion de formulation ne s'applique plus seulement à la conception des bétons mais se décline à l'échelle de la construction en béton en général. À partir d'une large gamme de ciments que l'on compose à l'aide d'ajouts maîtrisés en

cimenterie, la formulation des bétons ne se préoccupe plus seulement de résistance mécanique mais vise une famille complète d'attributs déterminant la qualité globale des constructions : ductilité, esthétique jusqu'à la transparence, durabilité, rupture et inertie thermique... Pour l'architecte, c'est un véritable jeu de construction qui s'offre à lui,

complexe mais pour des solutions multiples et maîtrisées avec l'aide des maîtres de l'art (ingénieurs, fournisseurs, entreprises...).

Le béton n'est plus seulement « résistance », il est maintenant « performance globale », voie royale pour la construction durable, soutenant toujours plus d'audace dans la conception des ouvrages et des bâtiments. ■

# Une variété de formulations de béton

## Béton autoplaçant

Le béton autoplaçant (BAP) est un béton très fluide, homogène et stable, mis en œuvre sans vibration, la compaction se faisant par le seul effet gravitaire. Il est obtenu grâce à une formulation adaptée et à l'incorporation d'adjuvants en centrale, au cours du malaxage.

Cohésion élevée, absence de ségrégation, capacité de moulage et bon enrobage des armatures en font un béton de choix pour des finitions soignées, la réalisation de parements de qualité, ou la recherche d'une teinte homogène. Mais, il est également adapté à l'ensemble des ouvrages horizontaux et verticaux présentant des contraintes techniques générées par la grande hauteur, la faible épaisseur ou la complexité des formes des structures, la densité du ferrailage, la réalisation de réservations complexes.

Les propriétés d'écoulement des BAP donnent lieu à la mise en place de nouvelles procédures de rem-

plissage des coffrages. Les caractéristiques du BAP autorisent des cheminements horizontaux importants et le pompage permet une mise en œuvre plus rapide. Leur extrême fluidité nécessite néanmoins de soigner particulièrement l'étanchéité des coffrages. Le pompage du béton et la suppression de la vibration améliorent les conditions de travail (santé et sécurité) et réduisent les nuisances sonores tant pour les compagnons que pour les riverains. ■

### Caractéristiques techniques spécifiques

La formulation adaptée du BAP liée à l'empilement et à la correction gra-

nulaires offre une fluidité très importante mesurée par l'essai d'étalement au cône d'Abrams – étalement de 55 cm à 85 cm – classifié SF1 à SF3.

### Documents de référence

L'utilisation des BAP s'inscrit dans l'intégralité des DTU et des normes NF (NF EN 206-1, NF EN 206-9, DTU 13.3, DTU 21, fascicules 65, 65 A, etc.). Les ouvrages en BAP obéissent aux mêmes règles de calcul de fissuration et de normes de parement que pour un béton classique notamment en cas de réponse à une exigence esthétique et/ou d'étanchéité.



**FDES**

Disponible sur INIES

### Fiche de déclaration environnementale et sanitaire

Des FDES ont été réalisées par le SNBPE sur des murs, planchers bas et poutres réalisés en BAP.



Photo : DR

## Béton fibré ultra performant – BFUP

Une nouvelle gamme de bétons est apparue ces dernières années : les bétons fibrés ultra hautes performances (BFUP). Ils sont caractérisés par la très faible quantité d'eau qu'ils contiennent – par l'optimisation de l'empilement granulaire et l'utilisation de fibres de formes et de natures particulières. Ces caractéristiques favorisent l'obtention de

performances mécaniques de très hauts niveaux (tant en compression qu'en traction et en flexion), mais aussi des comportements exceptionnels vis-à-vis de la durabilité.

Le mélange de produits minéraux et de fibres confère un comportement ductile à la structure (la ductilité désigne la capacité d'un matériau à se déformer plastiquement sans se rompre et à reprendre sa forme initiale) et autorise l'augmentation des portées, la réduction des sections, la réalisation de porte-à-faux inaccessibles aux bétons traditionnels. Par ailleurs, de la finesse des constituants résultent des parements très fins et très fermés, étanches, ainsi qu'une palette de couleurs importante.

Les BFUP autoplaçants se mettent en place sans vibration, à la benne ou à la pompe.

Le domaine d'application des BFUP est étendu :

- éléments de structures de grandes portées, souvent associés à de la précontrainte (ce type de béton inclura préférentiellement des fibres métalliques) ;
- injection de BFUP dans des espaces confinés ;

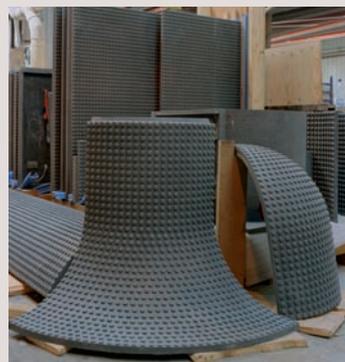
– utilisation du BFUP pour ses qualités de durabilité comme la faible perméabilité, la tenue aux ions chlorures, la résistance à l'abrasion et aux chocs répétés. ■

### Documents de référence

- NF EN 206-1.
- Fiches techniques Cimbeton B10, B11, B12.

### Caractéristiques techniques spécifiques

<b>Résistance en compression</b>	
Sans traitement thermique	130-150 MPa
Avec traitement thermique	150-200 MPa
<b>Résistance en flexion</b>	35 MPa
<b>Résistance en traction</b>	10 MPa
<b>Pas de retrait au jeune âge</b>	
<b>Possibilité de décoffrage à 16 h</b>	
<b>Béton autoplaçant</b>	
Tenue au gel/dégel	} Comportement excellent
Tenue à l'écaillage	
<b>Classification au feu M0</b>	



→ Centre Bus à Thiais, architecte Combarel - Marrec. Photo : © Fougeirol.



→ Archives EDF à Bure, agence Lan architectes. Photo : © Julien Lanoo.



Photo : © Jousselin

## Autonettoyant – Dépolluant

Les ciments autonettoyants et dépolluants sont des ciments basés sur le principe de la photocatalyse, phénomène naturel permettant en présence de lumière de déclencher des réactions chimiques d'oxydoréduction.

Les bétons préfabriqués ou coulés en place contenant ce ciment particulier réduisent significativement les substances salissantes ou polluantes au contact de leurs surfaces. Revêtements minéraux, enduits, et mortiers existent également avec ces principes dépolluants.

C'est en 1999, que la construction de l'église Dives in Misericordia de Rome (l'église du Jubilé) par l'architecte Richard Meier a donné lieu à la

première mise en œuvre d'un béton autonettoyant par l'utilisation d'un ciment à effet photocatalytique, un produit considéré à l'époque comme une « véritable prouesse technologique ».

Le ciment autonettoyant contient du dioxyde de titane : un « photocatalyseur », qui agit comme accélérateur du principe actif. Sous l'action des rayons ultraviolets du soleil, le dioxyde de titane initie des réactions chimiques qui détruisent les salissures organiques se déposant à la surface du béton telles que les mousses, les lichens et les moisissures. La façade reste propre et conserve sa couleur d'origine, un

avantage essentiel pour les maîtres d'ouvrage libérés du coût d'entretien. La gamme des ciments dépolluants se positionne quant à elle sur le terrain de la protection de l'environnement en combattant la pollution atmosphérique. C'est à partir du même procédé que le ciment s'attaque cette fois aux polluants gazeux organiques et inorganiques particulièrement les oxydes d'azote et les composés organiques volatils contenus dans l'air ambiant, en proportion croissante en zone urbaine. Ces ciments s'utilisent de la même façon qu'un ciment traditionnel et les bétons formulés avec ces gammes conservent les performances

physiques et mécaniques des bétons classiques. Des essais de formulation du béton permettent l'optimisation des résultats. Leur facilité d'usage permet l'utilisation de cette technologie dans des domaines diversifiés, des travaux publics au génie civil en passant par le bâtiment.

### Caractéristiques techniques spécifiques

La photocatalyse est le phénomène naturel dans lequel une substance, appelée photocatalyseur, accélère la vitesse d'une réaction chimique sous l'action de la lumière (naturelle ou artificielle). Lors de cette réaction, le catalyseur n'est ni consommé ni altéré. Cette réaction présente beaucoup de similitude avec la synthèse chlorophyllienne. En utilisant l'énergie lumineuse, l'eau et l'oxygène de l'air, les photocatalyseurs engendrent la formation de molécules très réactives (appelées radicaux libres), capables de décomposer certaines substances, organiques et inorganiques, présentes dans l'atmosphère et parfois nocives, en composés totalement inoffensifs par oxydoréduction. ■

### Documents de référence

■ NF EN 206-1.



**FDES**

Disponible sur INIES

Fiche de déclaration  
environnementale et sanitaire

### Témoignage

**CHRISTOPHE LEBLOND,**  
chef de projet de l'agence LAN

#### Les Archives EDF à Bure (55)

Pour accueillir ses archives, EDF souhaitait réaliser un bâtiment aux performances énergétiques exemplaires, très bien intégré dans le paysage rural du petit village de Bure. L'agence LAN a répondu à ces attentes par un quadrilatère compact aux façades « caméléon ». L'enveloppe est réalisée en béton, isolée par l'extérieur avec de la mousse comprimée. En protec-

tion, des panneaux de 16 m de haut en béton brun sablé, préfabriqués en usine et incrustés de pastilles chromées, reflètent le paysage au rythme des saisons. « La volonté de la maîtrise d'ouvrage, était d'assurer dans le temps et à un cout maîtrisé, la pérennité des façades et leur aspect d'origine. Or, l'entretien est rendu complexe par la configuration du terrain et par

le traitement paysager aux alentours du bâtiment. De plus, étant donnée la position du bâtiment en pleine nature, les façades sont exposées aux risques de développement des salissures d'origine biologique (mousses, lichens, etc.).

Le béton autonettoyant a été choisi pour limiter ces dépôts d'origine organique », commente Christophe Leblond. ■

# Béton isolant et structurel

Ce nouveau béton isolant et structurel est destiné aux applications en voile de façade et pignon de bâtiments. Il constitue une réponse à l'exigence d'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments conforme aux orientations du Grenelle de l'Environnement, et permet d'atteindre plus facilement et économiquement le niveau BBC pour des logements collectifs.

Sa formulation spécifique, à partir de granulats légers naturels ou artificiels type argile, schiste ou ponce, lui donne une densité de 40 % inférieure à celle d'un béton standard et divise sa conductivité thermique par trois, ce qui limite significativement les déperditions thermiques des bâtiments. En particulier, les ponts thermiques sont diminués de 35 % entre les voiles de façade et les planchers de niveau intermédiaire dans le cas d'une isolation thermique par l'intérieur.

Béton apparent et mise en œuvre traditionnelle peuvent être conservés, tout en limitant fortement, ou en supprimant l'usage de rupteur de pont thermique.

Ce béton est fabriqué en centrale et coulé sur chantier. Sa fluidité et sa très bonne ouvrabilité en font un matériau d'une grande facilité de mise en œuvre et son rendu fini

esthétique est identique à celui d'un béton standard. L'étanchéité des coffrages (pieds de banches, mannequins en particulier) doit néanmoins être soignée. ■

## Caractéristiques techniques spécifiques

- Son rapport eau efficace/ciment est inférieur ou égal à 0,6.
- Sa classe de résistance est LC 25/28.
- Sa classe de densité est D 1,4 (entre 1 200 kg/m<sup>3</sup> et 1 400 kg/m<sup>3</sup>) selon l'Eurocodes 2 partie 1.1.
- Sa classe de consistance est S4-S5, fluide.
- Le maintien d'ouvrabilité est garanti sur deux heures depuis la fabrication en centrale.



Photo : DR

- Son module d'élasticité instantané est de 12 000 MPa (± 2 000 MPa).
- Conductivité thermique :  $\lambda = 0,54 \text{ W/m/K}$  ( $\lambda = 2,00 \text{ W/m/K}$  pour un béton standard).
- Coefficient linéique de pont thermique entre voiles de façade et planchers réduit :  $\Psi = 0,6 \text{ W/m/K}$  ( $\Psi = 0,99 \text{ W/m/K}$  pour un béton standard).

- Résistance mécanique identique à celle d'un béton standard à 25 MPa.

## Documents de référence

Ses propriétés intrinsèques (mécanique, durabilité, retrait, mais aussi comportement au feu, acoustique et résistance sismique) sont certifiées conformément à la norme NF EN 206-1.

## Coefficient $\Psi$ des ponts thermiques de liaison (plancher de 20 cm)

ISOLANT PAROI INTÉRIEURE		Épaisseur du mur en cm	COEFFICIENT LINÉIQUE DES PONTS THERMIQUES DE LIAISON EN W (M.K)			
Épaisseur en mm	Conductivité thermique en W (m.K)		Liaison mur/plancher intermédiaire	Liaison mur/mur refend	Liaison mur/plancher bas	Liaison mur/plancher haut
80	0,082	15	0,62	0,59	0,43	0,53
		18	0,57	0,54	0,41	0,50
100	0,040	15	0,60	0,57	0,42	0,52
		18	0,56	0,53	0,40	0,49
170	0,062	15	0,55	0,52	0,44	0,49
		18	0,52	0,49	0,42	0,47
200	0,040	15	0,53	0,49	0,44	0,47
		18	0,41	0,47	0,41	0,45

## Procédé

### Précaution d'emploi du béton structurel isolant

Tout en assurant de nouvelles performances thermiques, le béton structurel isolant présente le même parement et la même résistance qu'un béton standard. Certaines précautions spécifiques de mise en œuvre doivent néanmoins être respectées.

- Il doit être vibré dans les règles de l'art et notamment au fur et à mesure du remplissage par couches successives de la banche.
- Les banches doivent être correctement nettoyées et huilées.
- Ayant une fluidité importante, l'étanchéité des coffrages (pieds

de banches, mannequins en particulier) doit être soignée.

- Il doit être accéléré pour des températures extérieures < 10 °C.
- Sous réserve de ces précautions d'emploi, il permet d'obtenir des parements identiques à ceux coulés avec un béton standard. ■



Photo : DR

# De nouveaux systèmes constructifs

Une gamme de « blocs isolants » a été mise au point ces dernières années par les fabricants pour répondre aux réglementations toujours plus exigeantes en matière de performances thermiques des bâtiments. Ces blocs permettent d'atteindre le niveau BBC avec ou sans ajout d'isolant. Composés d'agréats légers, ils améliorent la résistance thermique des murs tout en diminuant la pénibilité du travail. Ils conservent une mise en œuvre traditionnelle.

## Bloc d'ardoise expansée

Le principal gisement d'ardoise français, dont sont issus les blocs, se situe en Mayenne. Sous l'effet de la chaleur et ce, sans additif, l'ardoise s'expande et produit un agrégat léger et isolant. Mariée à la technologie du béton pressé, elle permet d'obtenir un bloc.

Jusqu'alors essentiellement utilisé dans le béton prêt à l'emploi et également dans le traitement des eaux dans les stations d'épuration, l'ardoise est actuellement disponible sous forme de bloc. Les traditionnels B40 et B60 ont été rebaptisés L40 et L60 (L pour léger) puisque leurs caractéristiques, dont la résistance à

la compression et la tenue à l'arrachement des enduits, ont été conservées. Ce matériau est destiné à la maison BBC mais aussi au petit collectif (jusqu'à R + 5).

La paroi bloc + isolant (Th32 10 + 120 = 3,8 m<sup>2</sup>K/W) permet d'obtenir un R de 5,24 m<sup>2</sup>K/W.

La légèreté du produit (12,5 kg contre 20 kg pour un bloc classique) est un atout important qui diminue la pénibilité pour le compagnon. La pose collée assure une plus grande rapidité. Elle est également facilitée par un double emboîtement vertical, une spécificité qui améliore l'imperméabilité du mur et permet un ali-

gnement quasi automatique du bloc. Les modules de taille variable et les demi-blocs d'about limitent les découpes. Les planelles thermiques réduisent les ponts thermiques et assurent la très bonne performance du bâti. ■

### Caractéristiques techniques spécifiques

■ Composition : ciment 7 %, ardoise expansée 90 %, eau 3 %.

■ Résistance : MPa L40 et L60 selon les mêmes règles que les B40 et B60.

■ Résistance thermique :

R = 1,44 m<sup>2</sup>K/W pour un bloc 20 cm et avec isolant Th32 (doublissimo)

12 cm + plaque de plâtre : 5,24 m<sup>2</sup>K/W.

- Affaiblissement acoustique : 37 db.
- Résistance au feu : RE 3 h et REI 2 h.
- Poids : 12,5 kg pour une dimension 500 x 200 x 200.

### Documents de référence

- NF EN 771-3. Éléments de maçonnerie en béton de granulats.
- DTU 20-1. Ouvrage en maçonnerie de petits éléments – parois et murs.



**FDES**

Disponible sur INIES

**Fiche de déclaration environnementale et sanitaire**

## Bloc de chanvre

La fabrication de ce bloc, composé de chanvre et de ciment naturel prompt, s'effectue selon un procédé à froid, suivi d'un séchage à l'air libre. Le chanvre est utilisé dans la construction avant tout pour ses performances thermiques exceptionnelles. Avec une densité de 300 kg/m<sup>3</sup>

environ et un coefficient de conductivité thermique de  $\lambda = 0,048$  W/m<sup>2</sup>K, le bloc de chanvre présente de très bonnes qualités d'isolation thermique et une grande légèreté, qui rend sa manutention aisée. Il se découpe facilement avec une scie manuelle à grosse denture. Disponible en dimensions variables, de 10 à 30 cm d'épaisseur, il permet d'obtenir des performances conformes à la réglementation thermique 2012, ainsi qu'un bon confort d'été.

Ce n'est pas un bloc porteur et il est de ce fait toujours utilisé en isolation intérieure ou extérieure, ou en remplissage d'une ossature porteuse. La pose des blocs s'effectue à joints minces de mortier de sable et de chaux selon le DTU 20.1. Les faces

intérieures des murs et cloisons peuvent être enduites de mortier sable chaux, de terre crue ou de plâtre.

La pose de faïences murales s'exécute par collage après dressage du support par une couche d'enduit sable chaux. Les faces extérieures doivent être enduites au mortier de sables et de chaux selon le DTU 26.1

et les préconisations des fabricants d'enduits à la chaux. ■

### Documents de référence

- NF EN 771-3. Éléments de maçonnerie en béton de granulats.
- DTU 20-1. Ouvrage en maçonnerie de petits éléments – parois et murs.
- Passe innovation.

### Caractéristiques techniques spécifiques

Épaisseur en cm	10	15	20	30
Dimension en cm	60 x 30	60 x 30	60 x 30	60 x 20
Densité en kg/m <sup>3</sup>	330	300	300	300
Résistance thermique en m <sup>2</sup> K/W	1,33	2,14	2,85	4,28
Coefficient d'absorption acoustique	0,8	0,8	0,8	0,8
Indice d'affaiblissement acoustique en dB	50	50	54	59
Réaction au feu avec enduit	M1	M1	M1	M1
Résistance au feu en heures (CSTB)				2



Photo : DR

## Bloc de béton cellulaire

Le bloc de béton cellulaire provient d'une alliance entre des matières premières naturelles (eau, sable et chaux) du ciment et des millions de bulles d'air. Ce mélange lui confère à la fois les caractéristiques d'une pierre (solide, dur, indéformable, imputrescible et ininflammable) et les caractéristiques d'un isolant grâce à l'air emprisonné dans les cellules fermées. Ces qualités assurent une excellente résistance thermique, la correction des ponts thermiques et une inertie (confort été/hiver) très appréciable. La perméabilité à l'air de l'enveloppe est fortement améliorée.

Dernièrement, une nouvelle génération de bloc de béton cellulaire a été mise au point pour obtenir, lorsqu'il est couplé à un isolant, des performances thermiques encore meilleures. Selon l'isolant rapporté choisi, les gains de coefficient C sont de l'ordre de 8 à 15 % par rapport à une maçonnerie traditionnelle. Le bloc de béton cellulaire est donc un matériau adapté à la réalisation de maisons individuelles très performantes thermiquement et

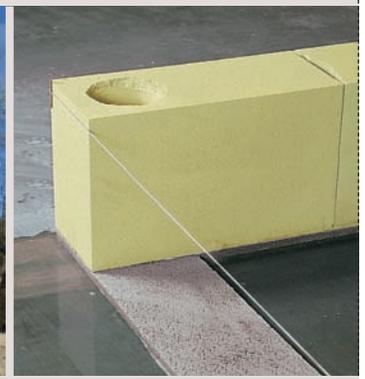
conformes à la RT 2012. Par ailleurs, la légèreté et l'ergonomie des blocs à poignées et emboîtement permettent une pose d'autant plus rapide qu'elle se fait à joints minces. Au final, c'est un gain de temps et un plus grand confort de travail. Enfin, le bloc de béton cellulaire est conforme à une utilisation en zone sismique. ■

### Documents de référence

- NF EN 771-4. Spécifications pour éléments de maçonnerie – Partie 4 : éléments de maçonnerie en béton cellulaire autoclavé.
- DTU 20-1. Ouvrage en maçonnerie de petits éléments – parois et murs.

### Caractéristiques techniques spécifiques

Charges admissibles par ml		
centrée		16 t
excentrée		12,3 t
Avec isolant rapporté TH38 (40 + 10) m <sup>2</sup> K/W		R = 3,16 m <sup>2</sup> K/W soit U <sub>mur</sub> 0,32 W/(m <sup>2</sup> /K)
Avec isolant rapporté TH38 (60 + 10) m <sup>2</sup> K/W		R = 3,69 m <sup>2</sup> K/W soit U <sub>mur</sub> 0,27 W/(m <sup>2</sup> /K)
Avec isolant rapporté TH38 (80 + 10) m <sup>2</sup> K/W		R = 4,21 m <sup>2</sup> K/W soit U <sub>mur</sub> 0,24 W/(m <sup>2</sup> /K)
Avec isolant rapporté TH38 (100 + 10) m <sup>2</sup> K/W		R = 4,74 m <sup>2</sup> K/W soit U <sub>mur</sub> 0,21 W/(m <sup>2</sup> /K)
Avec isolant rapporté TH32 (100 + 10) m <sup>2</sup> K/W		R = 5,24 m <sup>2</sup> K/W soit U <sub>mur</sub> 0,19 W/(m <sup>2</sup> /K)



Dimensions (en cm)	
Largeur	62,5
Hauteur	33,5
Épaisseur	20
Poids et quantités	
Poids palette kg	940
Poids unitaire kg	21
Quantité par palette	36
Quantité au m <sup>2</sup>	4,8
Montage collé à joint mince	
Consommation colle kg/m <sup>2</sup>	3,8
Temps m <sup>2</sup> /h/h	3

## Bloc de pierre ponce

Le bloc de pierre ponce est un bloc porteur et isolant composé à plus de 90 % de pierre ponce, roche volcanique naturelle, de ciment et éventuellement d'adjuvant tel que des hydrofuges. La fabrication du bloc ne demande pas de cuisson, il est vibré, moulé et pressé à froid. Très aérée et de faible densité, la pierre ponce confère au bloc de très bonnes qualités phoniques et thermiques, idéales pour répondre aux exigences des nouvelles réglementations. Avec ou sans isolation rapportée, il permet la réalisation de bâtiments « BBC » ou « BEPOS ». Il peut également être rempli d'isolant pour l'obtention d'une résistance thermique exceptionnelle (R = 2,5 m<sup>2</sup> K/W pour un bloc de 20 et R = 5,3 m<sup>2</sup> K/W

pour un bloc de 33). C'est un matériau inerte, incombustible, non gélif et non capillaire qui assure une bonne tenue de l'édifice dans le temps. Le bloc de pierre ponce se pose comme un parpaing traditionnel ou collé (suivant les différents procédés). Certains mortiers peuvent également être réalisés à base de pierre ponce, pour un bâti homogène, étanche à l'air et une très bonne performance thermique. La légèreté naturelle de la pierre ponce facilite la mise en œuvre et diminue la pénibilité pour le compagnon. Il est adapté à la réalisation de murs porteurs en tous types de constructions : maisons individuelles, logements collectifs, locaux commerciaux et industriels, bâtiments à

usage agricole, etc. Les réalisations peuvent être enduites à l'extérieur d'un monocouche projeté ou de tout autre enduit de finition standard. À l'intérieur, un enduit plâtre ou plaque de plâtre suffit. ■

### Caractéristiques techniques spécifiques

- De 20 ou 37 cm pour un poids de 11 à 18 kg.
- Coefficient d'absorption d'eau : 0,20 à 0,25 kg/m<sup>3</sup>.
- Résistance compression : 2,5 MPa.
- Coefficient de transmission thermique (U) : 0,38 à 0,41 W/m<sup>2</sup>/K.
- Résistance thermique pour un bloc de 35 cm : R = 2,60 à 2,80 m<sup>2</sup> K/W et pour un bloc de 20 cm : R = 1,27 m<sup>2</sup> K/W.



Photo : DR

### Documents de référence

- NF EN 771-3. Éléments de maçonnerie en béton de granulats.
- DTU 20-1. Ouvrage en maçonnerie de petits éléments – parois et murs.
- Passe innovation.



**FDES**

Disponible sur INIES

Fiche de déclaration environnementale et sanitaire

## Blocs à bancher

Ce sont des blocs de coffrage en béton empilés à sec et remplis sur chantier de béton de granulats courants ou allégés. Ils existent dans une variété de dimensions manportables et permettent, une fois mis en œuvre, la réalisation de murs en béton plein, porteurs ou non porteurs, armés ou non armés, destinés à des ouvrages industriels, agricoles, piscines, fondations de maisons individuelles, etc.

Pour la réalisation de murs de maisons individuelles et de petits collectifs on trouve également des blocs coulissants destinés à faciliter la mise aux cotes des ouvrages, ainsi que des blocs d'about, des blocs d'angle ou des linteaux.

Les blocs à bancher isolants sont une variante de cette solution. Ils sont constitués de deux planelles

longitudinales en béton, solidarisées à un isolant central en PSE (polystyrène expansé) qui limite les ponts thermiques et assure la précision dimensionnelle nécessaire au montage à sec. Le remplissage du béton dans les blocs permet la réalisation d'une succession de poteaux constituant, avec les chaînages horizontaux, l'ossature du mur, tout en assurant le blocage des planelles. La facilité de mise en œuvre des armatures en fait un bloc adapté notamment aux zones sismiques. Le coulage du béton peut dans certaines configurations être limité à des poteaux raidisseurs.

L'utilisation de bloc à bancher en 15 cm, permet de réduire de 25 % l'épaisseur du mur, par rapport aux murs traditionnels, soit une augmentation de la surface habitable. ■



### Caractéristiques techniques spécifiques

Largeur x hauteur x longueur	Nbre de blocs par palette	Nbre par m <sup>2</sup>	Poids du standard	Poids du 1/3	Volume béton
Bloc de 15 cm 15 x 20 x 50	72	10	17 kg	6 kg	65 L/m <sup>2</sup>
Bloc de 20 cm 20 x 20 x 50	60	10	20 kg	9 kg	100 L/m <sup>2</sup>
Bloc de 30 cm 30 x 20 x 50	36	10	26 kg	12 kg	180 L/m <sup>2</sup>

### Documents de référence

#### Bloc à bancher

- Sous avis technique CSTB.
- DTU 23.1. Murs en béton banché.
- DTU 20.1. Ouvrages en maçonnerie de petits éléments.

#### Bloc à bancher isolant

- Sous avis technique du CSTB.

## Murs à coffrage intégré avec ou sans isolation

Les murs à coffrage intégré sont des éléments préfabriqués constitués de deux peaux en béton reliées par des connecteurs. Un vide est main-

tenu entre les deux peaux. Ce vide, constituant le noyau central du mur, est complété par un béton coulé sur chantier après mise en place des armatures et passage des réseaux. Une solution très performante qui assure étanchéité à l'air et inertie thermique élevée.

Le procédé permet de réaliser des éléments porteurs ou non, qui s'appliquent à de nombreux usages : en infrastructure, en superstructure ; murs de refends ou de façade ; poutres, poutres-voiles ; murs coupe-feu ou murs de soutènement.

Les traitements architectoniques habituels peuvent être appliqués sur les faces externes du mur : sablage, bouchardage, désactivation, polissage, matrice...

L'incorporation en usine d'un isolant sur la face interne de la peau extérieure (polystyrène, polyuréthane,

laine de verre...) supprime les ponts thermiques et permet de répondre aux nouvelles réglementations thermiques avec un U compris entre 0,10 et 0,35 W/m<sup>2</sup>/K. Il est à noter que dans ce cas, la mise en place de connecteurs en fibres de verre évite les déperditions thermiques au travers de l'isolant.

La mise en œuvre rapide des murs à coffrage intégré réduit les délais et les coûts d'exécution. Elle nécessite cependant une bonne accessibilité et un moyen de levage adapté. Ce procédé est une réponse à la réalisation de logements collectifs, de maisons individuelles groupées ou d'équipements. ■

### Caractéristiques techniques spécifiques

- Dimensions : jusqu'à 13 x 3,60.
- Épaisseur des parois : 4 à 7 cm.
- Isolation intégrée : de 4 à 30 cm.

- Épaisseur totale du mur non isolé : de 12 à 30 cm.

- Poids moyen de l'élément préfabriqué : 300 Kg/m<sup>2</sup>.

### Documents de référence

Le marquage CE des murs à coffrage intégré (ou murs composites) entre dans le cadre de la norme NF EN 14992 « Éléments de murs ». Ce sont des produits soumis à l'avis technique du CSTB.

Les murs à coffrage intégré, non isolés, sont couverts par un CPT édité par le CSTB (début 2011).



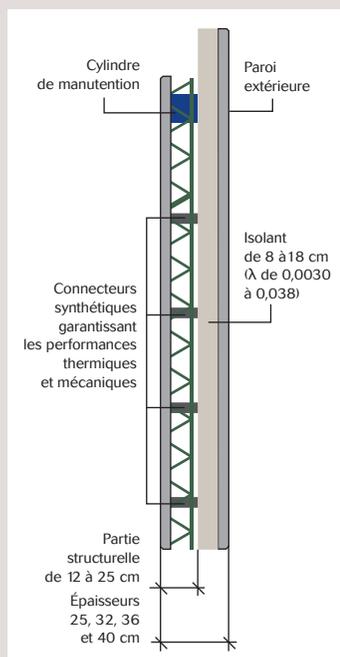
**FDES**

Disponible sur INIES

### Fiche de déclaration

#### environnementale et sanitaire

Il est admis que du point de vue environnemental, le mur à coffrage intégré a le même impact qu'un mur banché *in situ*.



# Illustration en projet

Photos : © Agence Brenac et Gonzalez



Logements sociaux BBC, Saint-Denis (93)

## → Béton isolant structurel

Les 60 logements locatifs sociaux dessinés par les architectes Brenac et Gonzalez devraient accueillir, d'ici à la fin de l'été 2011, 40 familles concernées par un programme de démolition/reconstruction sur le site ANRU du quartier Sémard, à Saint-Denis.

Installés sur une parcelle de 1 685 m<sup>2</sup>, les logements bordés d'une promenade et d'un équipement affichent une longue façade sur jardin public. Le programme s'organise en deux volumes principaux séparés par une faille. Cette configuration spatiale contri-

bue à libérer un large espace vert central en cœur d'îlot, protégé des nuisances sonores environnantes, et assure la continuité entre les deux entités paysagères présentes sur le site : la voie promenade et le parc.

Le choix de cette implantation, sur une parcelle trapézoïdale, assure une multidirectionalité qui facilite les possibilités d'orientations et autorise une diversité de traitement des volumes en fonction des expositions et notamment en retour sur la promenade plantée. Elle facilite les champs d'ouver-

ture pour que le plus grand nombre de logements bénéficient de la présence du parc et de la promenade plantée.

Les façades sont composées d'un corps principal qui se développe sur trois niveaux.

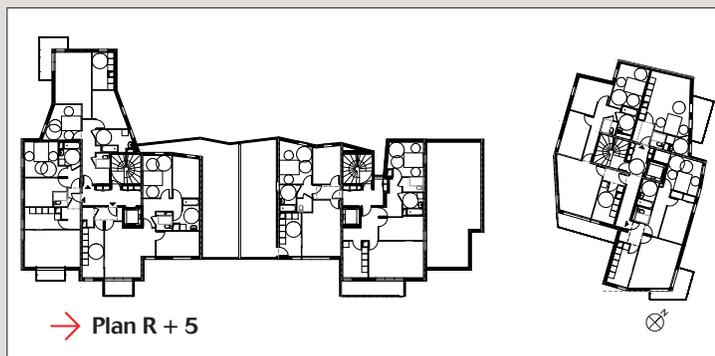
Ce corps principal prend assise sur un rez-de-chaussée formant un socle habillé de brique. Il est couronné par un attique en recul de deux niveaux. Le corps principal est recouvert d'un enduit blanc. Il est animé par le jeu régulier de larges balcons filants non superposés qui alternent d'un niveau à l'autre, retraits et avancées, renforçant ainsi l'image de rubans autonomes. Ces terrasses et balcons généreux sont autant d'extension des espaces intérieurs et des lieux de vie.

### Premiers logements BBC

Avec des consommations énergétiques de 64 kWep/m<sup>2</sup> SHON/an pour l'ensemble des postes RT

(Cep réf. égal à 65 kWep/m<sup>2</sup>/SHON/an) et une très bonne perméabilité à l'air, ces logements ont la particularité d'être les premiers logements sociaux du territoire qui devraient obtenir le label BBC Effinergie.

« *Initialement, le bâtiment prévu en isolation thermique extérieure devait atteindre le niveau THPE de la RT 2005* », indique M. Marron, conducteur de travaux sur cette opération. « *C'est l'entreprise qui a proposée une étude thermique pour pousser plus loin les performances du bâtiment. À la suite de celle-ci, il a été possible de passer en isolation thermique intérieure, grâce à l'utilisation de béton isolant structurel. Ce béton à la résistance thermique renforcée permet à l'opération d'atteindre le niveau BBC, sans pour autant avoir besoin de rupteur de pont thermique de balcon* ». Une aubaine pour ce projet, dont les balcons aux formes complexes, rendaient difficile l'utilisation de rupteur. À condition qu'ils adoptent « les bons gestes », les locataires pourront donc bénéficier d'une réduction de leurs consommations, soit de leurs charges. Et pour s'en assurer un accompagnement individuel est dès à présent prévu. ■



### Fiche projet

Maître d'ouvrage : OPH Plaine  
Commune Habitat

Architectes : Atelier d'architecture  
Brenac et Gonzalez

Entreprise générale : Bouygues  
Bâtiment IDF Habitat Social

Bureau d'études tous corps d'état :  
Arcoba



Gendarmerie et ses logements, Montalieu-Vercieu (38)

## → Graphique et performant

La construction de la nouvelle gendarmerie de Montalieu-Vercieu et de ses treize logements s'inscrit dans un quartier en restructuration. L'implantation des bâtiments et des dessertes est calée sur le tracé des futures voies, mais leur disposition perpendiculaire établit une distance entre les deux programmes. Les locaux communs implantés à l'articulation des deux directions établissent le lien.

Le bâtiment de bureaux de la gendarmerie est compact, sans recoin mais animé grâce à la volumétrie des façades afin de favoriser son insertion dans le paysage. L'architecture des logements est quant à elle rythmée par la volumétrie des façades et le jeu des têtes de murs obliques.

Le programme répond aux cibles HQE®, avec une attention particulière sur la Cible 2 : choix des procédés et produits de construction, la Cible 3 : chantier à faible nui-

sance et la Cible 4 : gestion de l'énergie. En raison des objectifs de consommations énergétiques pour les logements, le choix du système constructif s'est porté sur l'emploi de murs à coffrage intégrés isolés permettant de supprimer les ponts thermiques. Ce système présentait également les avantages de réduire les temps de montage des murs et les nuisances sonores lors de la mise en œuvre, d'une qualité de finition du parement, et d'un confort thermique d'été résultant de l'inertie du béton.

### Gros œuvre

Les bâtiments de logement sont composés d'un soubassement en béton recouvert d'un caoutchouc strié de protection contre les chocs et les salissures dues au sol. Ce soubassement repose sur des fondations en semelles filantes avec une largeur minimum de 40 cm sur un béton de propreté de 5 cm. Sur

ce soubassement sont coulés une structure et des murs de refend en béton. La dalle du plancher est en béton de 20 cm d'épaisseur. Le dallage en béton de 15 cm d'épaisseur a une finition en quartz et repose sur un hérisson de 45 cm d'épaisseur minimum après compactage par couche de 15 cm.

Tous les murs intérieurs de refend sont en béton armé d'épaisseur variable de 18 à 22 cm avec une mise en œuvre du type murs à coffrage intégré. Pour les autres murs porteurs, ils seront en blocs de béton de 15 cm enduit deux faces en ciment. Les redents des façades sont en briques de verre de dimensions 19 x 19 x 8 cm et montées au mortier. L'escalier est en béton préfabriqué avec une finition en quartz.

### Performances thermiques

C'est essentiellement grâce à la performance de l'enveloppe en murs à coffrage intégrés isolés qu'est

obtenue la faible consommation énergétique.

Par exemple, pour un T5 en duplex de 122 m<sup>2</sup>, le Cep (consommation d'énergie primaire) de référence était fixé à 111,9 Kwh/m<sup>2</sup>/an. Or les logements atteignent un niveau de 60,9 Kwh/m<sup>2</sup>/an. Pour atteindre le niveau BBC de 60 Kwh/m<sup>2</sup>/an, il aurait donc suffi de 4 m<sup>2</sup> de panneaux solaires.

### Performances acoustiques

Le passage de la départementale à proximité des logements impliquait une attention particulière au confort acoustique.

En façade, les murs à coffrage intégrés ont répondu à l'exigence acoustique grâce aux 18 cm d'épaisseur de la peau intérieure de la façade. L'utilisation des murs à coffrage intégrés avec des épaisseurs de 22 cm entre logement a permis de résoudre la transmission du son entre les logements. ■

### Témoignage

RAPHAËL PISTILLI, *architecte*

### Une enveloppe très performante en mur à coffrage intégré

Nous avons opté pour la solution de murs à coffrage intégrés isolés dans l'objectif de réduire les délais, de simplifier la réalisation de murs gauches et pour bénéficier de l'inertie du béton sans ponts thermiques.

Ce système nous a permis de réaliser des bâtiments à l'enve-

loppée très performante du point de vue acoustique et thermique. Il suffirait d'un complément de 4 m<sup>2</sup> de panneaux solaires pour atteindre le niveau BBC. C'est donc une solution intéressante à plus d'un titre. Elle nécessite néanmoins une attention particulière pour la gestion

des points singuliers tels que la mise en place d'isolant rapporté avec capotage au niveau des baies, la précision du calpinage et la gestion des différences de dilatation des peaux intérieures et extérieures qui nécessite la réalisation de joints souples. ■

### Fiche projet

Maître d'ouvrage : Commune de Montalieu-Vercieu

Conducteur d'opération : Semcoda – Service AMO

Entreprise générale : Mazaud

Architecte : BEA Raphaël Pistilli

Bureau d'études fluides : Squadra Ingénierie

Études acoustiques : Génie acoustique