



MÉMENTO
TECHNICO-ÉCONOMIQUE
DU BÉTON CELLULAIRE

2012

Photo de la couverture
Résidence SOLEIL (Drancy - 93)
Architecte : GERA Architectes
Maître d'ouvrage: OPH Drancy



Mémento technico-économique du béton cellulaire

Sommaire

1] Matériau et système de construction

Domaines d'emploi

| | |
|--|-------|
| 1-1] Composition | p. 6 |
| 1-2] Fabrication | p. 6 |
| 1-3] Le système de construction | p. 7 |
| 1-4] Domaines d'emploi : constructions neuves | p. 8 |
| 1-5] Domaines d'emploi : réhabilitation thermique et requalification | p. 9 |
| 1-6] Domaines d'emploi : parois coupe-feu | p. 10 |

2] Matériau - Performances des systèmes

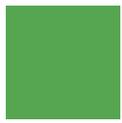
| | |
|---|-------|
| 2-1] Résistance mécanique | p. 12 |
| 2-2] Performances thermiques (RT2012) | p. 13 |
| 2-2-1] BBio | p. 13 |
| 2-2-2] Consommation maximale Cep | p. 16 |
| 2-2-3] Traitement des ponts thermiques | p. 18 |
| 2-2-4] Confort d'été | p. 19 |
| 2-2-5] Etanchéité à l'air de l'enveloppe | p. 20 |
| 2-3] Performances acoustiques | p. 21 |
| 2-3-1] Indices d'affaiblissement acoustique de parois en béton cellulaire | p. 22 |
| 2-3-2] Isolement au bruit route | p. 23 |
| 2-3-3] Isolement acoustique des opérations réalisées en Thermopierre | p. 24 |
| 2-4] Comportement et résistance au feu | p. 26 |
| 2-4-1] comportement au feu | p. 26 |
| 2-4-2] La résistance au feu des parois en béton cellulaire | p. 26 |
| 2-4-3] Ouvrages coupe-feu en béton cellulaire | p. 27 |
| 2-5] Sismique | p. 28 |
| 2-6] Comportement en milieu humide | p. 30 |
| 2-6-1] Diffusion de la vapeur (régulation hygrothermique) | p. 30 |
| 2-6-2] Résistance mécanique en milieu humide | p. 30 |
| 2-6-3] Séchage et variations dimensionnelles en fonction de l'hygrométrie | p. 30 |
| 2-6-4] Cloisons en milieu humide | p. 30 |
| 2-7] Impact environnemental du béton cellulaire | p. 31 |
| 2-7-1] Le béton cellulaire et la démarche HQE® | p. 31 |
| 2-7-2] Tableau récapitulatif des 14 cibles | p. 31 |

3] Données techniques et économiques

| | |
|---|-------|
| 3-1] Normes, DTU, avis techniques et principaux documents | p. 36 |
| 3-2] Données économiques | |
| 3-2-1] Blocs standards, blocs de chaînage et linteaux | p. 37 |
| 3-2-2] Panneau isolant minéral rigide | p. 38 |
| 3-2-3] Carreaux | p. 40 |
| 3-2-4] Dalles de plancher et de toiture | p. 41 |

Adresses utiles

| | |
|-----------------|-------|
| Adresses utiles | p. 42 |
|-----------------|-------|



Préface du Mémento

CONVENTION DE PARTENARIAT UNTEC - Syndicat National des Fabricants de béton cellulaire

La réglementation thermique 2012, porteuse d'une très grande exigence pour la performance énergétique des bâtiments, se met en place progressivement entre octobre 2011 et janvier 2013. Avec l'obligation d'une consommation maximale en énergie primaire et l'introduction du BBio pour caractériser l'enveloppe, les méthodes de conception évoluent, obligeant les professionnels à coordonner leurs approches plus à l'amont des études. Dans ce contexte, le béton cellulaire continue à apporter une bonne réponse, technique et économique, à l'optimisation des projets. L'actualisation du mémento qui lui est consacré, à l'intention des économistes de l'UNTEC, devenait particulièrement opportune. C'est l'objet de cette version 2012.

Sa mise à jour a été validée par un groupe de travail associant des représentants de l'UNTEC et du SFBC. La coopération entre ces deux organisations est ancienne puisque la première convention de partenariat UNTEC-SFBC a été signée le 24 mai 2002. Depuis cette date la coopération fructueuse entre les économistes et les fabricants de béton cellulaire ne s'est pas démentie.

Cette nouvelle version du mémento s'attache particulièrement à décrire les différents paramètres de la RT 2012 et à illustrer leur application sur deux types de bâtiments en béton cellulaire (collectif d'habitation et maison individuelle) et sous les différentes zones climatiques.

L'autre grand sujet d'actualité concerne la requalification énergétique des bâtiments anciens. Des développements plus importants que par le passé lui sont consacrés.

Par ailleurs sont couverts les différents autres volets relatifs à l'utilisation du béton cellulaire : acoustique, sécurité incendie, comportement à l'humidité, performances environnementales et sanitaires.

Ces différentes données sont organisées selon deux ensembles d'informations.

Un premier ensemble, à caractère technique, concerne le matériau et le système de construction, les domaines d'emploi et les performances obtenues.

Ces informations sont présentées selon les principaux systèmes selon lesquels le béton cellulaire porteur est utilisé : blocs seuls (ITR), blocs avec isolation intérieure (ITR + ITI) et blocs avec isolation extérieure (ITR + ITE). D'autres utilisations que les blocs porteurs sont également évoquées : murs rideaux et murs de remplissage.

Un deuxième ensemble d'informations concerne les coûts et la mise en oeuvre.

Il s'agit en particulier de l'organisation du chantier, des temps de pose, des matériels nécessaires, des prix unitaires, etc., afin que l'économiste puisse en dégager des données économiques fiables.

Grâce à ce mémento, l'économiste pourra mieux appréhender un projet utilisant du béton cellulaire. Il pourra ainsi facilement retrouver les informations indispensables à son chiffrage.

Il faut aussi rappeler que les économistes trouveront à tout instant, auprès des professionnels fabricants du béton cellulaire, les conseils, l'information et l'appui nécessaires pour faciliter la prise en mains de tels projets.

Pour le SFBC
Le Président
C. GUÉGAN

Pour l'UNTEC
Le Président
P. MIT

MATÉRIAU

SYSTÈME DE CONSTRUCTION

Domaines
d'emploi

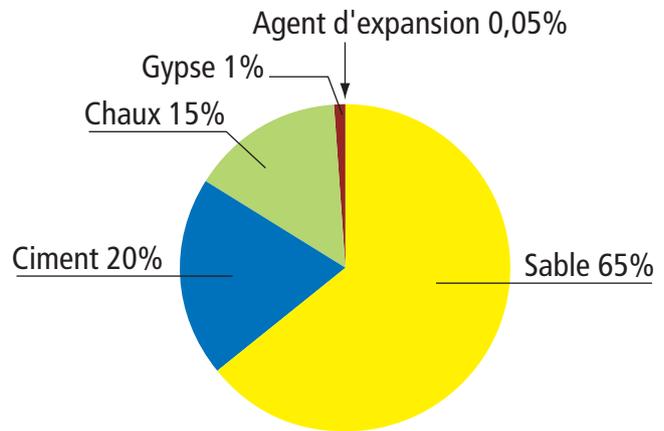


1 Matériau et système de construction

1-1] Composition

Le béton cellulaire est un produit silico-calcaire autoclavé, constitué uniquement de matériaux minéraux :

| | |
|-------------------|----------|
| Sable | ≈ 65 % |
| Ciment | ≈ 20 % |
| Chaux | ≈ 15 % |
| Gypse | ≈ 1 % |
| Agent d'expansion | ≈ 0,05 % |



Ces pourcentages moyens sont exprimés en masse. Ils peuvent varier en fonction de la masse volumique recherchée.

1-2] Fabrication

Les produits en béton cellulaire sont exclusivement fabriqués en usine. Les unités de production sont automatisées. Tout est contrôlé en permanence, depuis l'entrée des matières premières jusqu'à la

sortie des éléments sur des palettes prêtes à être expédiées. Ce procédé garantit une haute qualité et une constance du produit.



Matériau et système de construction

1-3] Le système de construction



Le Hameau d'Anjou (St Barthélémy d'Anjou)
Maisons BBC en bande - Maître d'ouvrage : BATINANTES
Architecte : J.F. THELLIER / THELLIER ARCHITECTURE

Le Plus : Une performance thermique et mécanique durable

Présent sur les marchés français et européen depuis des décennies, le béton cellulaire est produit et commercialisé sous forme d'un système complet destiné au gros œuvre de tout type de constructions,

en neuf ou en rénovation. Ce système s'est enrichi d'un nouveau produit : un panneau isolant minéral rigide, le MULTIPOR, commercialisé par Xella.

3 éléments de base pour le gros-œuvre
 A - le bloc
 B - le bloc d'angle
 C - le bloc de chaînage horizontal

1-4] Domaines d'emploi : constructions neuves

Outre ses qualités mécaniques de matériau porteur, le béton cellulaire présente d'excellentes performances thermiques par sa faible conductivité thermique et par une correction efficace des ponts thermiques. Parallèlement, par sa nature isotrope et sa pose à joints minces, il permet une très bonne maîtrise de l'étanchéité à l'air. L'industriel XELLA a valorisé cet atout en faisant agréer son référentiel qualité par la DHUP* pour l'application de la RT 2012. Le recours à cette démarche par le maître d'ouvrage permet d'appliquer au projet, sans vérification systématique par des mesures, les valeurs "garde fou" de 0,6 (logements collectifs) et 1 m³/h.m² (maisons individuelles). Cette démarche est décrite au paragraphe 2-2-5 du présent guide.



Bureaux à Pringy (74) - ADELA Architecte (74)
Maître d'ouvrage : Entreprise POISSON (74)



Logements à Scionzier (74)
Jean-Marc TERRIER Architecte DPLG - ARCHE 5 (74)
Maître d'ouvrage : SEMCODA (01)

Dans le contexte du Grenelle de l'environnement, le béton cellulaire a une part de marché croissante dans le résidentiel : maisons individuelles, isolées ou groupées et bâtiments collectifs.

Grâce à ses performances physiques et économiques et à son excellent comportement au feu (classement A1), le système béton cellulaire apporte aussi des solutions économiques particulièrement efficaces et de très nombreuses possibilités architecturales dans le domaine des constructions non résidentielles : hôtels, bureaux, maisons de retraite, bâtiments commerciaux et industriels et de stockage.

Dans ces différents cas, pour répondre aux exigences croissantes en matière énergétique (RT 2012), dans les meilleures conditions de prix et de facilité de mise en œuvre, l'offre du béton cellulaire se présente selon 3 systèmes :

- Mur à isolation répartie – parois en blocs de béton cellulaire seuls (mur porteur jusqu'à R+5 et mur de remplissage sans limitation de hauteur)
- Mur à isolation répartie et isolant intérieur rapporté (mur porteur, mur de remplissage, mur rideau autoporteur)
- Mur à isolation répartie et isolation complémentaire par l'extérieur (mur porteur et mur de remplissage).

Par ailleurs, le mur rideau à isolation répartie avec isolant intérieur thermo-acoustique, combiné avec des séparatifs à ossature double (SAD), permet de créer des plateaux « redestinables », dont la flexibilité est très appréciée par les constructeurs de bureaux et par certains organismes HLM.

*Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages

Le Plus :

Un seul matériau, qui répond aux différentes exigences réglementaires: mécanique, thermique, acoustique, sécurité incendie

Le matériau, système de construction

1-5] Domaines d'emploi : réhabilitation thermique et requalification

A partir de l'inventaire chronologique des typologies de bâtiments collectifs, a été définie l'offre de

systèmes en béton cellulaire qui répond aux enjeux des réhabilitations et requalifications énergétiques.

Offre de solutions en béton cellulaire pour la réhabilitation thermique

| Typologie de réhabilitation | Système en béton cellulaire | Faisabilité en site occupé |
|--------------------------------------|---|----------------------------|
| Conservation des façades | Isolation thermique par l'intérieur (ITI) type Multipor* | NON |
| | Isolation thermique par l'extérieur (ITE) type Multipor* | OUI |
| Remplacement des façades | Bloc de béton cellulaire d'épaisseur 25 à 36,5 cm associé si nécessaire à : ITI ITE | OUI |
| | | OUI OUI |
| Isolation sous dalle de plancher bas | Plaque d'isolant minéral type Multipor* | OUI |
| Extensions verticales et latérales | Bloc de béton cellulaire d'épaisseur 25 à 36,5 cm associé si nécessaire à : ITI ITE | OUI |

*Solution proposée par l'industriel Xella Thermopierre : voir page 38

Selon la typologie du bâtiment, les blocs de béton cellulaire peuvent être mis en œuvre selon différents systèmes :

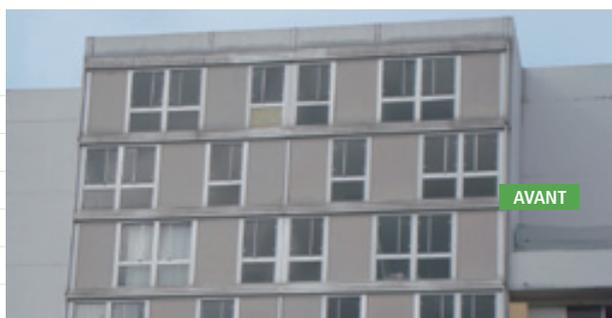
- Murs porteurs
- Murs de remplissage
- Murs rideaux.

Les systèmes d'isolation thermique par l'intérieur ou par l'extérieur sont décrits en pages 38 et 39.

Dans les différents cas, le système de construction

béton cellulaire apporte une grande souplesse, grâce à 3 caractéristiques particulièrement bien adaptées aux contraintes de la rénovation :

- la légèreté
- la facilité d'accès aux chantiers en hauteur
- la simplicité de mise en œuvre et la facilité d'ajustage des éléments. Le montage du mur ne nécessite ni agrégats ni bétonnière (sauf pour les chaînages). Il garantit un chantier à faibles nuisances.



AVANT



APRÈS

Réhabilitation résidence à Pierrefitte
Maître d'ouvrage : OSICA
Architecte : Pierre DOUAIRE

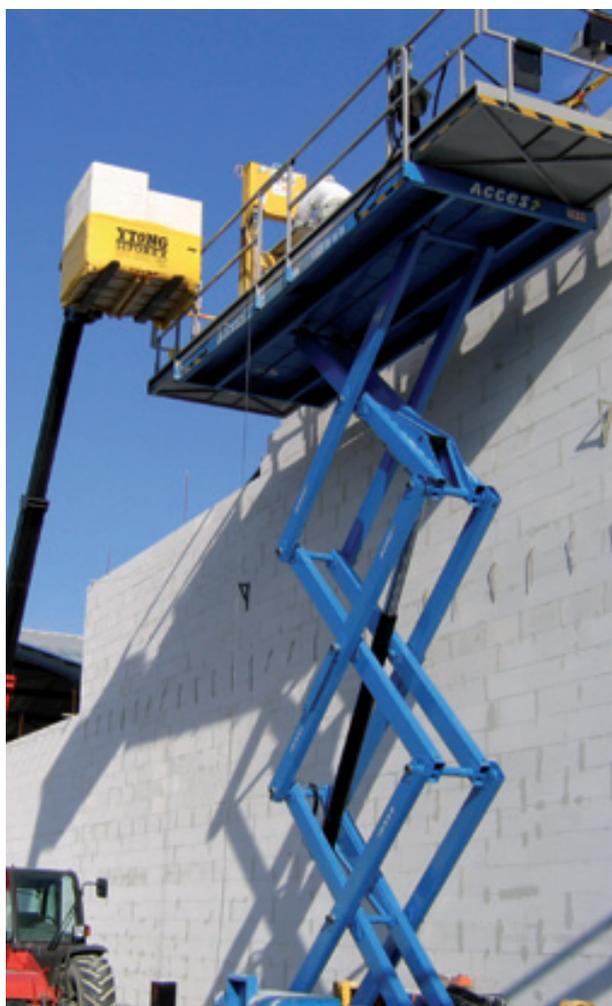
Matériau et système de construction

1-6] Domaines d'emploi : parois coupe-feu

Le béton cellulaire, matériau 100% minéral, est ininflammable et incombustible (classement A1). De ce fait, les systèmes de béton cellulaire sont particulièrement recherchés pour la réalisation de murs coupe-feu, autant en mur extérieur qu'en mur séparatif, et pour la création de compartimentages

(centres commerciaux, entrepôts), conformes aux règles APSAD.

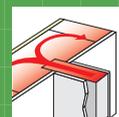
Les dalles de plancher et de toiture avec leurs PV coupe-feu, répondent elles-aussi aux exigences sécuritaires et assurent en complément une fonction d'isolation thermique.



Le plus pour le collectif : La résistance au feu d'un mur en béton cellulaire d'épaisseur 25 cm soumis à une charge de 20 tonnes (100% de la charge nominale) dépasse 3 heures (essai réalisé par le CSTB sur des produits de l'industriel Xella Thermopierre).

MATÉRIAU

PERFORMANCES DES SYSTEMES



2

Performances des systèmes

2-1] Résistance mécanique

Le béton cellulaire est un matériau de construction dont les propriétés mécaniques répondent au besoin de l'habitat individuel comme de l'habitat collectif.

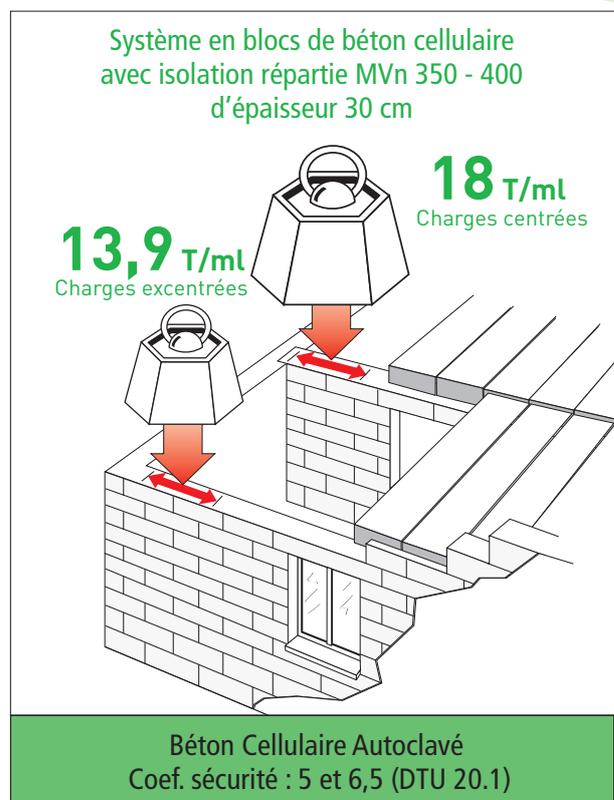
Mur porteur

Descente de charges en partie courante

| | 450 kg/m ³ | 350 kg/m ³ | |
|------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| Épaisseur façade | 25 cm | 30 cm | 36,5 cm |
| Rdc à R+2 | | | |
| R+3 | | | |
| R+4 | | | |
| R+5 | | | |
| R+... | | | |

- plancher BA de 20 cm d'épaisseur
- portée de plancher reprise : 3,5 ml
- charges d'exploitation 150 kg/m² (habitation)
- charge de la façade 500 kg/ml de mur

à étudier en fonction de la répartition des charges (sens de portée des planchers etc)



Le béton cellulaire peut être utilisé en mur porteur jusqu'à R+5 dans les conditions du tableau ci-dessus. Pour des hauteurs supérieures une étude particulière est nécessaire.

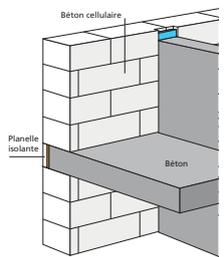
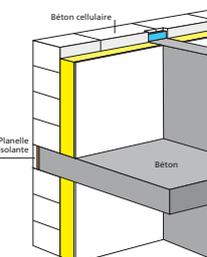
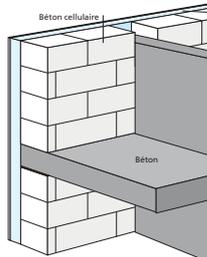


Performances des systèmes

2-2] Performances thermiques (RT 2012)

Le béton cellulaire est utilisé selon différents modes constructifs (mur porteur, mur rideau, mur de remplissage) et différents systèmes : blocs seuls, blocs avec isolation thermique par l'intérieur, blocs avec isolation thermique par l'extérieur. Il apporte une solution au traitement des ponts thermiques, y compris dans le cas d'une isolation par l'intérieur (planchers bas et planchers hauts).

Des valeurs simples des performances thermiques sont rappelées ci-dessous pour quelques systèmes. Les performances qui ont fait apprécier le béton cellulaire pour la RT 2005 et le label BBC Effinergie, en font aussi un matériau parfaitement adapté à la RT 2012 et au label Effinergie+.

| | | |
|--|---|---|
|  <p>ITR (isolation thermique répartie)</p> |  <p>ITR + ITI (ITI : isolation thermique par l'intérieur)</p> |  <p>ITR + ITE (ITE : isolation thermique par l'extérieur)</p> |
| <p>Avec bloc Thermopierre de 36,5 cm $\lambda = 0,09$, U mur fini = 0,24 W/m².K</p> | <p>Avec bloc Thermopierre de 25 cm et 12 cm d'isolant $\lambda = 0,03$ U mur fini = 0,16 W/m².K</p> | <p>Avec bloc Thermopierre de 25 cm et 14 cm de Multipor $\lambda = 0,043$ U mur fini = 0,18 W/m².K</p> |

Calendrier d'application de la RT 2012

(arrêté du 26/10/2010) :

- 28 octobre 2011 : bâtiments tertiaires de bureaux et d'enseignement et bâtiments à usage d'habitation situés en zone ANRU.
- 1er janvier 2013 : tous les bâtiments à usage d'habitation.

2-2-1] $B_{bio} \leq B_{bio,max}$

Le B_{bio} remplace le $U_{bât}$ et caractérise la conception du bâti, l'architecture (ouvertures) et l'orientation. Il doit être inférieur à la valeur maximale réglementaire $B_{bio,max}$.

$$B_{bio,max} = B_{bio,max,moyen} \times (M_{bgéo} + M_{balt} + M_{bsurf})$$

Le $B_{bio,max,moyen}$ est égal à 60 (ou 80 pour les bâtiments avec système de refroidissement autorisé), modulé selon la zone géographique H

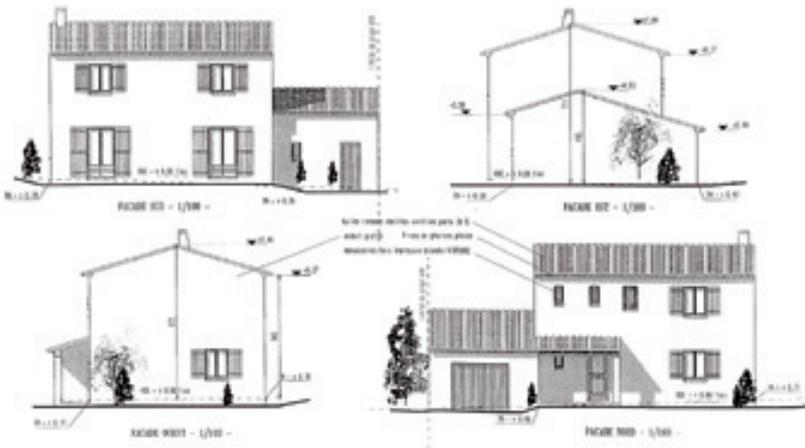
et selon l'altitude, ainsi que selon la surface (pour tenir compte du fait que les petits bâtiments ont proportionnellement une plus grande déperdition). Une valeur plus faible du $B_{bio,max}$ (-20%) a été fixée pour le label Effinergie+ :

Label Effinergie+ :

$$B_{bio,max} = 0,80 \times B_{bio,max,moyen} \times (M_{bgéo} + M_{balt} + M_{bsurf})$$

Performances des systèmes

Maison R+1



- Toitures : comble perdu isolé par 30 cm de laine de verre ($\lambda = 0,032 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- Plancher bas : vide sanitaire avec plancher duo (hourdis + chape isolante; $U_p = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Baies vitrées performantes PVC double vitrage argon, $U_w = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Porte d'entrée : huisserie bois ou métal, $U_d = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Ventilation : Hygro B
- Etanchéité à l'air : Réglementaire, $0,6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$

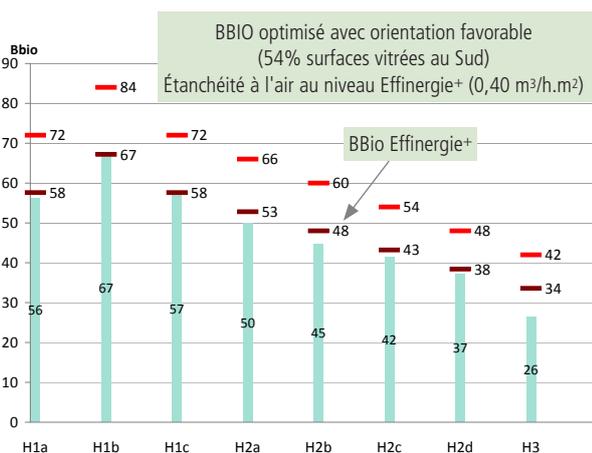
SHAB : 116 m^2 ; SHON : 127 m^2 ; SHON RT : 139 m^2

Compte tenu de cette SHON RT comprise entre 120 et 140 m^2 , le coefficient de correction surfacique M_{bsurf} est égal à 0.

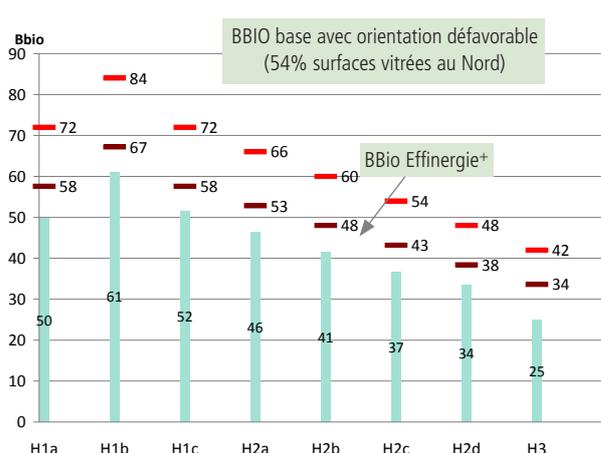
Surface vitrée : 24 m^2 ; Taux de baies : 17% ($\text{m}^2 \text{ Baies}/\text{m}^2 \text{ Shab}$)

Valeurs du BBIO en fonction de la zone climatique

Mur en béton cellulaire de 36,5 cm



Mur en béton cellulaire de 25 cm avec ITI 12 cm

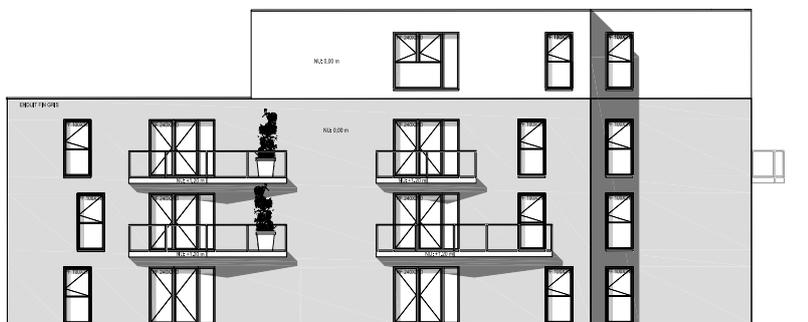


Pour une maison individuelle courante, les murs en béton cellulaire d'épaisseur 36,5 cm (isolation thermique répartie), avec une conception légèrement optimisée, permettent d'obtenir le Bbio RT 2012 et le Bbio Effinergie+.

Les murs en béton cellulaire de 25 cm avec isolation intérieure de 12 cm, $\lambda = 0,030$, permettent d'obtenir le Bbio RT 2012 et le Bbio Effinergie+, quelle que soit l'orientation.

Performances des systèmes

Collectif de 20 logements

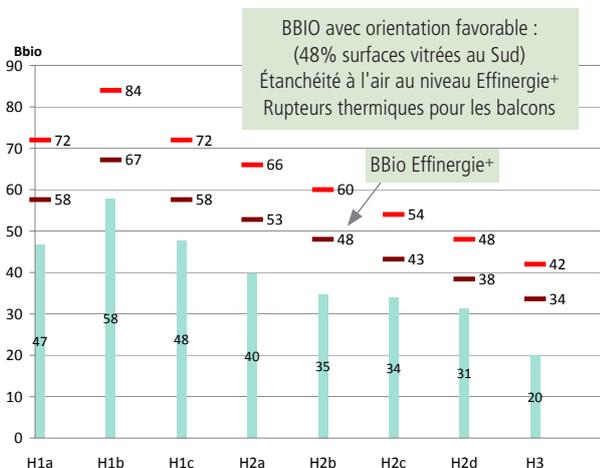


Valeurs moyennes SHAB : 60 m²; SHON : 72 m²; SHON RT : 72 m²
 Compte tenu de cette SHON RT comprise entre 40 et 80 m², le coefficient de correction surfacique Mbsurf est égal à 4,8%.
 Surface vitrée: 20 m²; Taux de baies: 17% (m² Baies/m² SHAB)

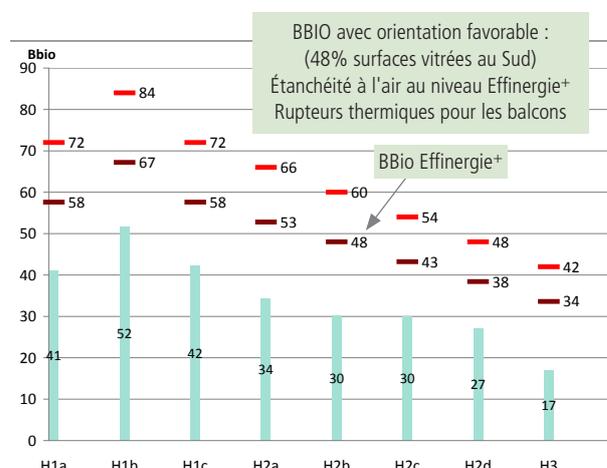
- Toitures : toiture terrasse isolée par 16 cm de polyuréthane ($\lambda = 0,024 \text{ W/m.K}$)
- Plancher bas : parking isolé en sous face de dalle (flocage) + chape isolante en laine de roche ($U_p = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Baies vitrées performantes PVC double vitrage argon, $U_w = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$
- La surface vitrée est de 17% afin de respecter l'exigence réglementaire, sans masque solaire.
- Ventilation : Hygro B
- Etanchéité à l'air : Réglementaire, 1,0 m³/h.m²

Valeurs du BBIO en fonction de la zone climatique

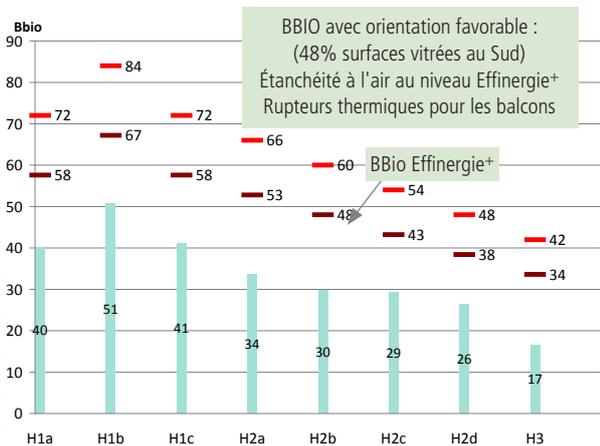
Mur en béton cellulaire de 36,5 cm



Mur en béton cellulaire de 25 cm avec ITI 12 cm



Mur en béton cellulaire de 25 cm avec ITE 14 cm Multipor



Dans les 3 exemples, on constate que l'exigence BBio_{max} est satisfaite. Les valeurs obtenues sont également éligibles au label Effinergie+.



Performances des systèmes

2-2-2] $Cep \leq Cep_{max}$

Rappel réglementaire

Le Cep traduit la consommation d'un bâtiment sur 5 postes : chauffage, refroidissement, éclairage, auxiliaires de circulation et auxiliaires de ventilation. Il est exprimé en kWh d'énergie primaire par m² de SHON RT et par an. Il ne doit pas excéder la valeur maximale réglementaire Cep_{max} .

$$Cep_{max} = Cep_{max \text{ moyen}} \times M_{\text{type}} \times (M_{\text{cgéo}} + M_{\text{calt}} + M_{\text{c surf}} + M_{\text{c ges}})$$

Les 2 premiers coefficients M correspondent à la modulation géographique et d'altitude, le 3ème à la correction surfacique (cf BBio) et le 4ème à une correction de gaz à effet de serre liée à l'énergie utilisée. Les valeurs maximales autorisées avant modulation sont les suivantes :

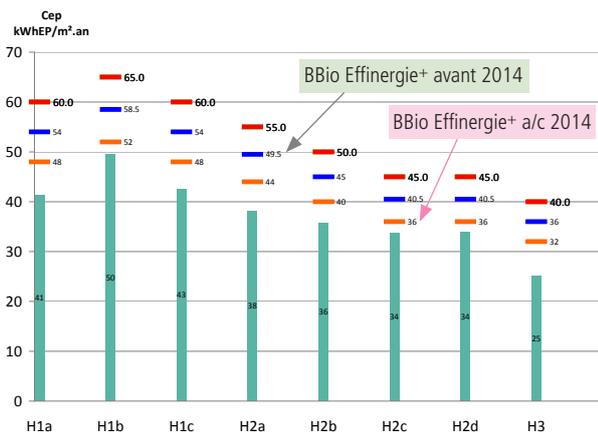
| $Cep_{max \text{ moyen}}$ | RT avant 2015 | RT dès 2015 | Label Effinergie+ avant 2014 | Label Effinergie+ dès 2014 |
|---------------------------|---------------|-------------|------------------------------|----------------------------|
| Maison | 50 | 50 | 45 | 40 |
| Logement | 57,5 | 50 | 45 | 40 |

Calcul du Cep en fonction de la zone climatique

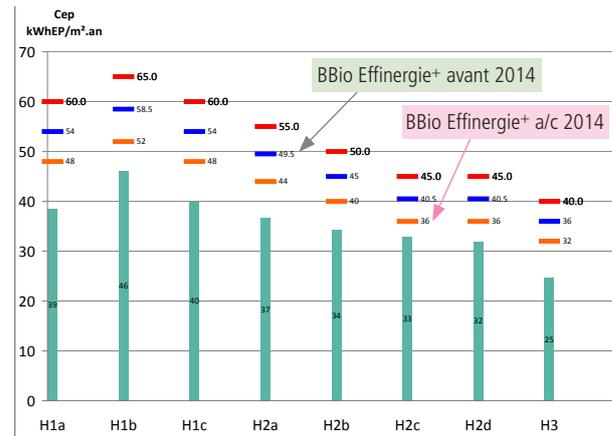
Cas de la maison R+1

Système : PAC Air extérieur / Eau : double usage de type BBC,
 7/35°C : COP = 4,86 Pnom = 5,1 kW,
 7/45°C : COP = 3,55 Pnom = 4,9 kW.

Mur en béton cellulaire de 36,5 cm



Mur en béton cellulaire de 25 cm avec ITI 12 cm



Les solutions de murs béton cellulaire (36,5 cm ou 25 cm + ITI) avec la PAC air-eau satisfont la RT 2012. Elles sont également éligibles au label Effinergie+ pour 2012-2013 (ainsi que pour ce label à compter de 2014). Dans le cas du béton cellulaire de 36,5 cm,

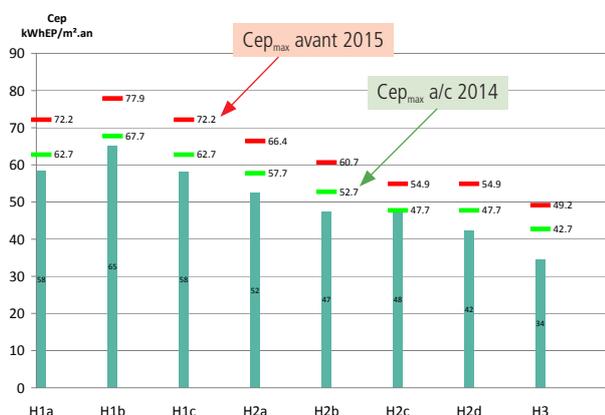
une optimisation de l'orientation est nécessaire pour atteindre les 2 niveaux Effinergie+. Les mêmes conclusions sont valables avec un système Gaz + ECS Solaire (Chauffage par chaudière gaz à condensation 12 kW. ECS solaire par 4 m² de capteurs de rendement 80%).



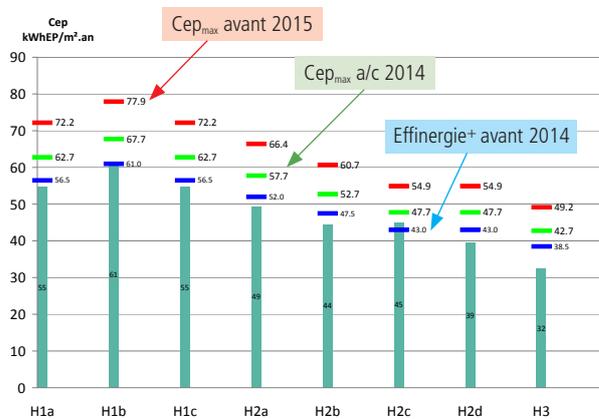
Cas du collectif de 20 logements

Système : Chauffage par chaudière gaz à condensation 12 kW, ECS solaire par 4 m² de capteurs de rendement 80%

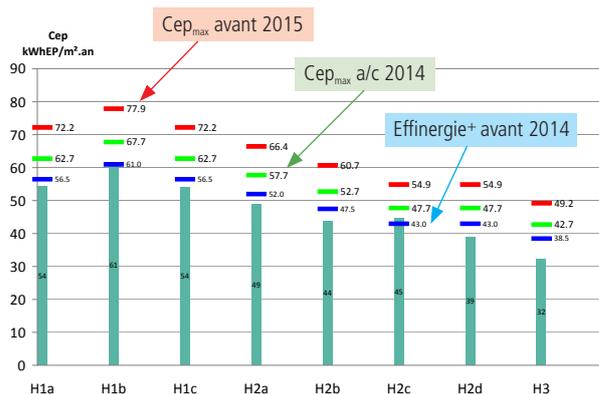
Mur en béton cellulaire de 36,5 cm



Mur en béton cellulaire de 25 cm avec ITI 12 cm



Mur en béton cellulaire de 25 cm avec ITE 14 cm Multipor



Les solutions de murs béton cellulaire (36,5 cm, 25 cm + ITI et 25 cm + ITE) avec chaudière Gaz condensation et ECS Solaire, satisfont la RT 2012 dans ses versions avant et après 2015.

Les solutions 25 + ITI et 25 + ITE sont de surcroît éligibles au label Effinergie+ avant 2014.

2-2-3] Traitement des ponts thermiques (RT 2012)

La RT 2012 s'appuie sur 2 exigences :

- Exigence sur le ratio de transmission thermique linéique moyen global :

$$\Psi \text{ moyen} \leq 0,28 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

- Exigence sur le coefficient de transmission thermique linéique moyen des liaisons entre planchers intermédiaires et les murs donnant sur l'extérieur ou un local non chauffé :

$$\Psi \text{ L9} \leq 0,6 \text{ W/(ml.K)}$$

Valeurs calculées pour les exemples de maisons individuelles et de logements collectifs

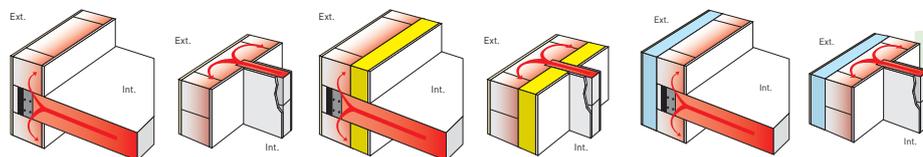
(calculs réalisés par Pouget Consultants)

| | Système ITR | Système ITR + ITI | Système ITR + ITE |
|---------------------------|--|---|---|
| | Avec bloc Thermopierre de 36,5 cm $\lambda = 0,09$ | Avec bloc Thermopierre de 25 cm et 12 cm isolant $\lambda = 0,03$ | Avec bloc Thermopierre de 25 cm et 14 cm Multipor $\lambda = 0,043$ |
| MI R+1 Ψ moyen | 0,13 | 0,11 | - |
| Ψ L9 | 0,17 | 0,23 | - |
| Collectif Ψ moyen | 0,18 | 0,16 | 0,14 |
| Ψ L9 | 0,14 | 0,17 | 0,13 |

Les solutions de murs en béton cellulaire (36,5 cm ou 25 cm + ITI ou 25 cm + ITE) satisfont largement

les exigences de la RT 2012 relatives aux ponts thermiques.

Valeurs des principaux ponts thermiques utilisés pour les calculs



| | ITR | ITR + ITI | ITR + ITE |
|--|------|--|--|
| | 36,5 | 25 | 25 |
| | | 100 + 10 (plaque de plâtre) $\lambda = 0,032$ | 100 + 10 (plaque de plâtre) $\lambda = 0,032$ |
| Pont thermique Psi : Ψ (W/m.K) | | | |
| | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| | 0,15 | 0,21 | 0,07 |
| | 0,18 | 0,23 | 0,07 |
| | 0,07 | 0,06 | 0,22 |
| | 0,07 | 0,06 | 0,22 |
| | 0,08 | 0,08 | 0,03 |

Plancher haut 1 :
plafond léger (plâtre + isol R = 5)
Plancher haut 2 :
plancher BA terrasse + isolation R = 4
Plancher intermédiaire 1 :
poutrelle hourdis béton 16 + 4
Plancher intermédiaire 2 :
dalle béton armée de 20 cm
Plancher bas 1 : plancher béton armé ou poutrelle hourdis en VS avec chape sur isolant R = 2
Plancher bas 2 :
plancher BA en radier avec chape sur isolant R = 2
Refend béton

Le Plus :

- Les valeurs de Ψ moyen de 0,28 et de Ψ L9 de 0,60 de la RT 2012 sont largement respectées avec la solution béton cellulaire
- L'utilisation d'un planelle en béton cellulaire à l'extrémité du plancher évite l'utilisation de rupteurs de ponts thermiques.

Performances des systèmes

2-2-4] Confort d'été

A l'heure actuelle (2012), l'exigence sur le confort d'été dans le cadre de la RT 2012 est la même que pour la RT 2005. La Tic (Température intérieure conventionnelle) ne doit pas dépasser une valeur de référence :

$$T_{ic} \leq T_{ic_{ref}}$$

L'évolution de cette règle est à l'étude et se ferait en prenant en compte à la fois la durée de dépassement d'un seuil de confort (fixé à 28°C) mais aussi la notion d'inconfort ressenti, défini dans la norme EN ISO 7730, ainsi éventuellement que

d'autres critères. L'industriel XELLA Thermopierre a conduit des simulations avec l'Université de la Rochelle, avec le logiciel TRNSYS, au pas de temps de 15'. Ces simulations confirment des conclusions généralement admises :

- l'effet bénéfique de l'inertie dans la très grande majorité des cas
- l'importance des occultations pendant la journée
- l'intérêt d'une surventilation nocturne.

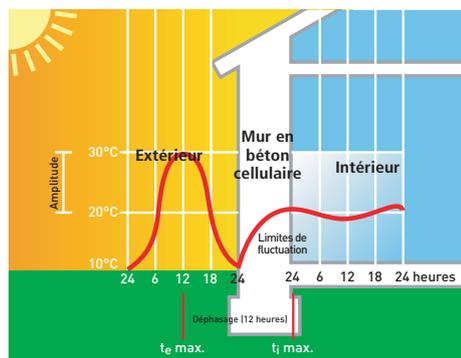
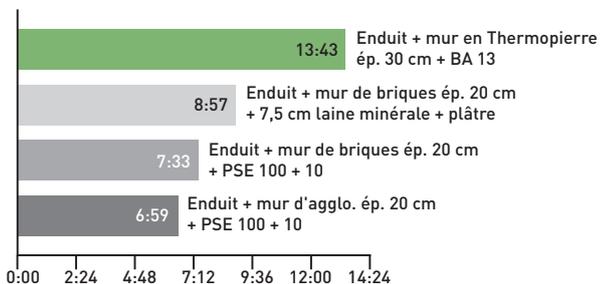
Elles confirment également le bon comportement du béton cellulaire, selon des principes développés ci-après.

Confort intérieur

Construire avec le système béton cellulaire, c'est réaliser un bâti qui, grâce à l'isolation répartie et

l'inertie thermique, possède un confort thermique été comme hiver.

Retard en heure des principaux systèmes de murs des maisons individuelles



Amortissement de chaleur d'une paroi

Inertie, déphasage et amortissement

- L'inertie d'un matériau caractérise sa capacité à stocker de la chaleur. Le béton est un produit lourd présentant une forte inertie. Le Béton Cellulaire Autoclavé est classé à inertie moyenne. En 30 cm d'épaisseur = 3 points.
- Le déphasage et l'amortissement de l'onde de chaleur sont 2 caractéristiques essentielles du béton cellulaire. Avec une paroi en 30 cm, 3% seulement de l'onde de chaleur traverse la paroi. Le décalage dans le temps est de 13 heures environ. Cette légère

élévation de la température se produit donc pendant la nuit, lorsque la température extérieure plus basse, permet de rafraîchir le logement.

- L'amortissement qui détermine la quantité de chaleur qui traverse la paroi.

Confort d'hiver et d'été

Hiver et été, le béton cellulaire fonctionne comme un «climatiseur naturel». En toute saison, il régule les variations de températures intérieures entre le jour et la nuit.

Le Plus : Associer une paroi extérieure en béton cellulaire avec un plancher béton constitue une combinaison parfaitement adaptée pour le confort d'été. Privilégier une surventilation nocturne permettra également d'évacuer les calories stockées dans le plancher au cours de la journée.

2-2-5] Étanchéité à l'air de l'enveloppe

Les enjeux

Maîtriser la perméabilité à l'air permet de supprimer les entrées d'air parasites qui ont des effets sur :

- la facture énergétique car les besoins supplémentaires de chauffage résultant de ces flux d'air peuvent représenter 5 à 10 kWh/m².an
- l'hygiène et la santé, car l'air qui transite dans les parois peut se charger de polluants
- le confort thermique et acoustique des occupants car les infiltrations d'air parasites peuvent créer des courants d'air froid et transmettre les bruits extérieurs
- la conservation du bâti en raison des risques de condensation dans les parois.

Le référentiel qualité de XELLA, agréé par la DHUP pour la RT 2012.

L'industriel Xella Thermopierre a mis au point un référentiel qualité pour la maîtrise de l'étanchéité à l'air des bâtiments collectifs et maisons individuelles réalisés avec des blocs Thermopierre de 20 à 50 cm d'épaisseur enduits sur les 2 faces ou isolés par l'extérieur.



| Par rapport à la RT 2005 en vigueur, un nouveau pas est franchi avec la RT 2012 | | | |
|---|---------|---------|-------------------------|
| | RT 2005 | RT 2012 | Effinergie ⁺ |
| Maison individuelle | 1,30* | 0,60** | 0,40** |
| Bâtiment collectif | 1,70* | 1,00** | 0,80** |

Valeur de perméabilité à l'air de l'enveloppe m³/h.m² sous une pression de 4 Pa.
 * valeur par défaut, non soumise à vérification, utilisée pour les calculs thermiques
 ** valeur maximale à justifier avant livraison par mesure ou mise en œuvre d'une démarche qualité volontaire

Le référentiel pour la RT 2005 avait obtenu l'agrément de la DHUP sous la référence :

RT2005-A7-008 (décision du 09/12/2009).

Un nouveau référentiel spécifique à la RT 2012 a également obtenu l'agrément de la DHUP sous la référence: RT2012-A7-001.

L'application de ce référentiel permet aux opérations concernées de bénéficier des valeurs réglementaires de 0,6 et 1,0 m³/h.m² (respectivement pour maison individuelle et collectif) sans recours aux essais systématiques.

Contractualisation avec le maître d'ouvrage

Pour bénéficier de ces valeurs, le maître d'ouvrage contracte un accord avec XELLA Thermopierre sur le respect du référentiel Qualité perméabilité à l'air. Cet engagement s'étend à l'ensemble des prestataires du maître d'ouvrage (maîtrise d'oeuvre, entreprises et sous-traitants), qui seront tenus d'appliquer les dispositions du référentiel qui les concernent.

De son côté, l'industriel XELLA Thermopierre prend un certain nombre d'engagements en matière d'information et de formation des professionnels intervenant sur le projet, de participation aux réunions de chantier et d'assistance technique, ainsi que de réalisation de mesures de la perméabilité à l'air, avant la vérification finale qui incombe au maître d'ouvrage.

Le Plus : L'optimisation de l'étanchéité à l'air (niveau Effinergie⁺) permet de diminuer le BBio de 5% en moyenne et de réduire le Cep d'environ 2%.

Performances des systèmes

2-3] Performances acoustiques

Des performances conformes à la réglementation

Le béton cellulaire est aujourd'hui caractérisé sur le plan acoustique grâce à un grand nombre d'essais réalisés en laboratoire (affaiblissement acoustiques des parois en béton cellulaire avec et sans doublage) et de mesures réalisées in situ, principalement dans le cadre de label QUALITEL pour des opérations de logements collectifs.

Affaiblissement acoustique des parois en béton cellulaire.

L'ensemble des essais réalisés par l'industriel Xella Thermopierre sont présentés dans le tableau de la page suivante. Ces essais permettent de situer la performance des parois en béton cellulaire vis-à-vis de l'isolement acoustique au bruit extérieur, d'une part, et au bruit intérieur d'autre part.

Point important : Les essais acoustiques sont la propriété de l'industriel qui les réalise et concernent un système constructif (béton cellulaire avec et sans isolant) parfaitement identifié. Ces essais ne peuvent être extrapolés à d'autres produits dont les performances peuvent paraître équivalentes.

En acoustique architecturale, on distingue différents types de bruits :

- 1 - Les bruits aériens extérieurs au bâtiment.
- 2 - Les bruits aériens intérieurs provenant de la vie et de l'activité dans les différents locaux du bâtiment.
- 3 - Les bruits d'équipement générés par les installations et les appareils propres au bâtiment.
- 4 - Les bruits d'impact, de choc, de chute ou de déplacement des personnes dans le bâtiment.
- 5 - Les phénomènes de résonance.



2-3-1] Indices d'affaiblissement acoustique de parois en béton cellulaire

Essais réalisés jusqu'au 6/08/2008 sur Thermopierre de 30 et 36,5 cm d'épaisseur

| Type d'essai | Éléments testés | Configuration | Résultats |
|---------------------------------|---|--|---------------------|
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 300 mm enduit | Enduit extérieur 17 mm | $R_w = 48 (-1;-3)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 300 mm enduit avec doublage | Enduit extérieur 17 mm et contre-cloison (BA13 + laine de verre 45 mm) | $R_w = 66 (-2;-9)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 365 mm enduit | Enduit extérieur 17 mm | $R_w = 49 (-1;-3)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 365 mm enduit avec doublage | Enduit extérieur 17 mm et contre-cloison (BA13 + laine de verre 45 mm) | $R_w = 69 (-3;-10)$ |

Essais réalisés jusqu'au 2/09/2009 sur Thermopierre de 20 cm d'épaisseur

| Type d'essai | Éléments testés | Configuration | Résultats |
|---------------------------------|---|---|---------------------|
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 200 mm non enduit | | $R_w = 44 (-1;-4)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 200 mm avec enduit | Enduit extérieur 15 mm | $R_w = 45 (0;-3)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 200 mm non enduit avec doublage | Doublage PREGIMAX (BA13 + PSEE 80 mm) | $R_w = 55 (-3;-10)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 200 mm non enduit avec doublage | Doublage DOUBLISSIMO (BA13 + PSEE 100 mm) | $R_w = 56 (-3;-10)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 200 mm enduit avec doublage | Enduit extérieur 15 mm et doublage DOUBLISSIMO (BA13 + PSEE 100 mm) | $R_w = 56 (-3;-9)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 200 mm enduit avec doublage | Enduit extérieur 15 mm et système OPTIMA (MONOSPACE 35 100 mm + BA13) | $R_w = 69 (-3;-9)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 200 mm enduit avec doublage | Enduit extérieur 15 mm et DOUBLAGE CALIBEL (BA13 + laine minérale 100 mm) | $R_w = 61 (-1;-6)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Deux murs d'épaisseur 200 mm non enduits | Espacés de 30 mm | $R_w = 58 (-1;-5)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Deux murs d'épaisseur 200 mm non enduits | Espacés de 30 mm et avec âme en laine de verre d'épaisseur 45 mm compressée à 30 mm | $R_w = 61 (-3;-8)$ |

Essais réalisés jusqu'au 3/09/2010 sur Thermopierre de 25 cm d'épaisseur

| Type d'essai | Éléments testés | Configuration | Résultats |
|---------------------------------|---|---|---------------------|
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 250 mm non enduit | | $R_w = 45 (-1;-4)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 250 mm avec enduit | Enduit extérieur 20 mm | $R_w = 46 (-1;-4)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 250 mm non enduit avec doublage | Doublage CALIBEL (BA13 + laine de verre 45 mm) | $R_w = 56 (-3;-10)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 250 mm non enduit avec doublage | Doublage PREGYMAX (BA13 hydrofuge + PSEE 80 mm) | $R_w = 53 (-2;-9)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 250 mm non enduit avec doublage | Doublage générique (BA10 + PSEE 100 mm) | $R_w = 56 (-2;-8)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 250 mm non enduit avec contre-cloison | Contre-cloison sur ossature (BA13 + laine de verre 45 mm) | $R_w = 63 (-2;-9)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Mur d'épaisseur 250 mm avec enduit et contre-cloison | Enduit extérieur 20 mm et contre-cloison sur ossature (BA13 + laine de verre 45 mm) | $R_w = 64 (-4;-11)$ |
| Affaiblissement au bruit aérien | Deux murs d'épaisseur 250 mm non enduits | Espacés de 30 mm et avec âme en laine de verre d'épaisseur 45 mm compressée à 30 mm | $R_w = 65 (-3;-9)$ |

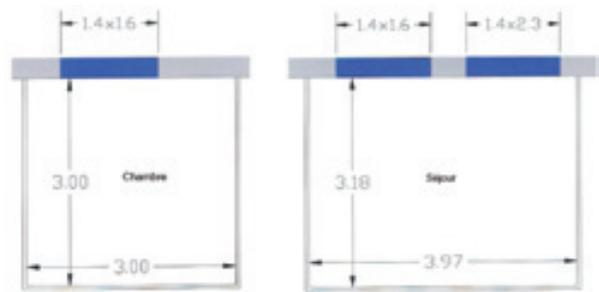


2-3-2] Isolement au bruit route

Les objectifs d'isolement de façade sont régis par l'arrêté du 30 mai 1996 relatif à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit.

Les performances atteintes ont été déterminées pour 2 pièces types (voir ci-contre).

Les exigences concernant les menuiseries, les entrées d'air et les coffres de volets roulants sont indiquées dans les tableaux ci-après.



Objectifs ≥ 30 dB et ≥ 35 dB ; Faux plafond : 1 plaque BA13 suspendue + 240 mm laine minérale

| Objectif $D_{nT,A, tr}$ | | ≥ 30 dB | | | ≥ 35 dB | | |
|-------------------------|---------|--|------------------------------------|---|--|------------------------------------|---|
| Mur de façade | Pièce | Menuiserie $R_{A, tr} = R_W + C_{tr}$ | Entrée d'air $D_{neW} + C_{tr}$ | Coffre de volet roulant $D_{neW} + C_{tr}$ | Menuiserie $R_{A, tr} = R_W + C_{tr}$ | Entrée d'air $D_{neW} + C_{tr}$ | Coffre de volet roulant $D_{neW} + C_{tr}$ |
| BCA 300 mm | Chambre | 28 | 38 | 38 | 34 | 44 | 44 |
| | Séjour | 30 | 39 | 40 | 34 | 48 | 48 |
| BCA 365 mm | Chambre | 28 | 38 | 38 | 34 | 44 | 44 |
| | Séjour | 30 | 39 | 40 | 35 | 48 | 48 |
| BCA 200 mm + doublage | Chambre | 28 | 38 | 38 | 33 | 44 | 44 |
| | Séjour | 30 | 39 | 40 | 34 | 48 | 48 |

Objectifs ≥ 38 dB et ≥ 42 dB ; Faux plafond : 2 plaques BA13 suspendues + 240 mm laine minérale

| Objectif $D_{nT,A, tr}$ | | ≥ 38 dB | | | ≥ 42 dB | | |
|-------------------------|---------|--|------------------------------------|---|--|------------------------------------|---|
| Mur de façade | Pièce | Menuiserie $R_{A, tr} = R_W + C_{tr}$ | Entrée d'air $D_{neW} + C_{tr}$ | Coffre de volet roulant $D_{neW} + C_{tr}$ | Menuiserie $R_{A, tr} = R_W + C_{tr}$ | Entrée d'air $D_{neW} + C_{tr}$ | Coffre de volet roulant $D_{neW} + C_{tr}$ |
| BCA 300 mm | Chambre | 37 | 48 | 48 | 44 | 53 | 54 |
| | Séjour | 38 | 50 | 50 | 45 | 53 | 54 |
| BCA 365 mm | Chambre | 37 | 48 | 48 | 42 | 53 | 54 |
| | Séjour | 38 | 48 | 50 | 44 | 53 | 54 |
| BCA 200 mm + doublage | Chambre | 36 | 46 | 48 | 42 | 48 | 54 |
| | Séjour | 38 | 48 | 50 | 43 | 53 | 54 |

Objectif ≥ 45 dB Plancher haut : une dalle en béton, béton cellulaire ou bien hourdis + isolant

| Objectif $D_{nT,A, tr}$ | | ≥ 45 dB | | |
|-------------------------|---------|--|---|--|
| Mur de façade | Pièce | Menuiserie $R_{A, tr} = R_W + C_{tr}$ | Entrée d'air $D_{neW} + C_{tr}$ | Coffre de volet roulant $D_{neW} + C_{tr}$ |
| BCA 300 mm | Chambre | 53 | Il n'est pas prévu d'entrées d'air, le renouvellement de l'air se fera par un système de ventilation double-flux. | L'occultation des menuiseries ne devra pas détériorer la performance de la façade (coffre de volet roulant derrière une double menuiserie ou autres systèmes d'occultation). |
| | Séjour | 46 | | |
| BCA 365 mm | Chambre | 48 | | |
| | Séjour | 45 | | |
| BCA 200 mm + doublage | Chambre | 42 | | |
| | Séjour | 43 | | |

2-3-3] Isolement acoustique des opérations réalisées en Thermopierre

Aujourd'hui, les performances du béton cellulaire utilisé en mur extérieur avec ou sans doublage intérieur ou extérieur, sont précisées dans le nouveau référentiel QUALITEL H&E.

Des extraits du référentiel correspondant à différentes situations pratiques rencontrées en logement sont regroupées dans les pages qui suivent.

Cas de l'isolement entre logements

(murs extérieurs en béton cellulaire sans doublage ou avec doublage extérieur).

AI 1.3.7 Façades en blocs de béton cellulaire

AI 1.3.7.1 Dispositions de base

Il y a lieu dans un premier temps de vérifier que la masse volumique des blocs de béton cellulaire, définie par la norme NF EN 771-4/CN, soit au minimum :

- de 350 kg/m³ pour les blocs de béton de 30 et 36,5 cm ;
- de 450 kg/m³ pour les blocs de béton de 20 et 25 cm.

AI 1.3.7.2 Façades à isolation thermique répartie (ITR) ou isolation thermique extérieure (ITE) en blocs de béton cellulaire

| Solutions techniques descriptives pour $D_{nT,A} \leq 53$ dB avec façade à ITR ou ITE (sans doublage thermique intérieur) en blocs de béton cellulaire (BCA) | | |
|--|--|---|
| Façade | BCA d'épaisseur 30 cm | BCA d'épaisseur 36,5 cm |
| Enduit intérieur | Enduit plâtre (ou pelliculaire) avec primaire spécifique pour BCA (les plaques de plâtre collées par plots ne sont pas acceptées) | Enduit plâtre (ou pelliculaire) avec primaire spécifique pour BCA (les plaques de plâtre collées par plots ne sont pas acceptées) |
| Planchers séparatifs | Béton de 22 cm minimum R1 | Béton de 20 cm minimum R1 |
| Longueur d'encastrement des planchers séparatifs dans la façade | 20 cm + mise en oeuvre d'un résilient en laine minérale de 2 cm en about de plancher | 24,5 cm + mise en oeuvre d'un résilient en laine minérale de 2 cm en about de plancher |
| Murs séparatifs | Béton de 20 cm minimum | |
| Longueur d'encastrement des murs séparatifs dans la façade | Soit 5 cm minimum + mise en oeuvre d'un résilient en laine minérale de 2 cm en about de mur Soit 20 cm en l'absence de laine minérale | |
| Cloisons de distribution | De type alvéolaire ou plaques de plâtre sur ossature métallique | |
| Essais acoustiques en fin de chantier | Système sous observation soumis à des mesures acoustiques réalisées par CERQUAL lors des contrôles de conformités effectués en fin de chantier | |
| R1 | En présence d'un procédé de sol flottant ou collé (parquet ou stratifié flottants, procédé d'isolation phonique collé ou flottant pour carrelage, chape flottante) avec un $[Rw + C] < 0$ mis en oeuvre sur le plancher béton, il y a lieu de majorer l'épaisseur du plancher afin de compenser proportionnellement le $([Rw + C] - Tc)$ induit par le procédé d'isolation phonique. | |

Cas de l'isolement entre parking et logements

(murs extérieurs en béton cellulaire sans doublage ou avec doublage extérieur).

| Solutions techniques descriptives pour $D_{nT,A}$ VERTICAL ≤ 55 dB avec façade à ITR ou ITE (sans doublage thermique intérieur) en blocs de béton cellulaire (BCA) | |
|---|--|
| Façade logement | BCA de 30 cm minimum + enduit une face côté intérieur (les plaques de plâtre collées par plots ne sont pas acceptées) |
| Façade garage | Béton de 20 cm minimum |
| Plancher séparatif | Béton de 23 cm minimum |
| Chape flottante obligatoire (valeurs de $\Delta R_w + C$ mesurées avec une chape de 60 mm sur une dalle de 200 mm ou une chape de 40 mm sur une dalle de 140 mm) | présentant un $\Delta R_w + C \geq 4$ dB |
| Si doublage en sous-face du plancher (valeur de $\Delta R_w + C$ mesurée sur une dalle de 160 mm) | Complexe de doublage présentant $\Delta[Rw + C] \geq 2$ dB |
| Longueur d'encastrement des planchers | Jusqu'au nu extérieur de façade |
| Murs séparatifs | Béton de 20 cm minimum |
| Cloisons de distribution | De type alvéolaire ou plaques de plâtre sur ossature métallique |
| Essais acoustiques en fin de chantier | Système sous observation soumis à des mesures acoustiques réalisées par CERQUAL lors des contrôles de conformités effectués en fin de chantier |

Exigence $D_{nT,A} = 58$ dB : en présence de façade en BCA avec ITR ou ITE, on retient directement le niveau 1 pour cette sous-rubrique.

Cas de l'isolement entre logements (murs extérieurs en béton cellulaire avec doublage intérieur)

| Solutions techniques descriptives pour $DnT,A \leq 53$ dB avec façade à ITI en blocs de béton cellulaire (BCA) | |
|--|---|
| Façade | BCA de 20 cm minimum + enduit une face extérieure + doublage thermique intérieur PSE Th-A 80+13 ou LM 80+10 ou LM 75 mm R1+ 1 BA 13 sur ossature |
| Plancher séparatif | Béton de 20 cm minimum |
| Longueur d'encastrement des planchers | Selon minimum DTU (2/3 de l'épaisseur du mur de façade) |
| Murs séparatifs | Voile béton plein de 20 cm minimum ou blocs de béton perforés enduits une face de 20 cm minimum avec doublage thermique et acoustique 40+10 minimum Si profondeur du local > 2,70 m, possibilité d'un voile béton de 18 cm |
| Longueur d'encastrement des séparatifs | 3 cm minimum + mise en oeuvre d'un résilient en laine minérale de 2 cm en about de mur |
| Cloisons de distribution | De type alvéolaire ou plaques de plâtre sur ossature métallique |
| R1 | La laine minérale du doublage peut être réduite à 45 mm lorsqu'elle est associée à des blocs de béton cellulaire de 25 cm minimum enduits une face extérieure |

Cas de l'isolement entre parking et logements (murs extérieurs en béton cellulaire avec doublage intérieur)

| Solutions techniques descriptives pour DnT,A VERTICAL ≤ 55 dB avec façade à ITI en blocs de béton cellulaire (BCA) | |
|---|---|
| Façade logement | BCA de 25 cm minimum + enduit une face extérieure + doublage thermique intérieur PSE Th-A 80+13 ou LM 80+10 ou LM 45 mm + 1BA 13 sur ossature OU BCA de 20 cm minimum + enduit une face extérieure + doublage thermique intérieur PSE Th-A 80+13 ou LM 80+10 ou LM 75 mm + 1 BA 13 sur ossature |
| Façade garage | Béton de 20 cm minimum |
| Plancher séparatif | Béton de 23 cm minimum |
| Chape flottante, obligatoire | Complexe de doublage présentant un $\Delta R_w + C_+ \geq 4$ dB (valeur mesurée sur une dalle de 20 cm minimum) |
| Si isolant en sous-face du plancher | Complexe de doublage présentant $\Delta R_w + C \geq 2$ dB (valeur mesurée sur une dalle de 16 cm minimum) |
| Longueur d'encastrement des planchers | Jusqu'au nu extérieur de façade |
| Murs séparatifs | Béton de 20 cm minimum |
| Cloisons de distribution | De type alvéolaire ou plaques de plâtre sur ossature métallique |
| Essais acoustiques en fin de chantier | Système sous observation soumis à des mesures acoustiques réalisées par CERQUAL lors des contrôles de conformité effectués en fin de chantier |

Exigence $DnT,A = 58$ dB : pour un DnT,A de 58 dB recherché, en présence de façade en BCA avec ITI, on retient directement le niveau 1 pour cette sous-rubrique.

Cas d'une paroi séparative constituée d'un double mur en béton cellulaire

AI 1.3.4 Paroi séparative verticale en blocs de béton cellulaire

Dans le cas de maisons individuelle accolées (aucune superposition de logements), pour un isolement horizontal DnT,A de 53 dB recherché en présence d'un séparatif vertical constitué d'un double mur en blocs de béton cellulaire, on se reporte à la méthode d'évaluation par les tableaux de résultats forfaitisés (§ AI 1.1), ou à la méthode par le calcul (§ AI 1.2). Il y a lieu également de vérifier que la dalle basse du rez-de-chaussée est interrompue au droit du mur séparatif.

Dans les autres cas, on se reporte à des résultats d'essais acoustiques dont les conditions expérimentales sont utilisables pour le cas étudié afin d'attribuer un niveau d'évaluation à la transmission étudiée.



2-4] Comportement et résistance au feu

2-4-1] Comportement au feu

Ces réglementations font la distinction entre deux notions de comportement vis-à-vis du feu :

- **La réaction au feu** : elle permet de juger la participation du matériau au développement et à la propagation du feu.

Les essais de réaction au feu conduisent à une classification allant de A1 (incombustible) à A5 (inflammable). Cette nouvelle classification remplace l'ancienne M0 - M4.

Le béton cellulaire est classé A1 sans essai.

- **La résistance au feu** : elle permet de mesurer l'aptitude que possède un ouvrage (mur, cloison, plancher...) à assurer sa fonction portante et à s'opposer à la transmission du feu (gaz auto-inflammatoires, élévation de température).

2-4-2] La résistance au feu des parois en béton cellulaire

Tous les ouvrages en béton cellulaire, porteurs ou non, en blocs ou éléments armés, ont subi des tests de résistance au feu par les laboratoires du CSTB ou d'autres organismes agréés (EFFECTIS, CERIB).

Ces tests ont donné lieu à des résultats publiés sous forme de procès verbaux. Les références de ces PV ainsi que les éléments auxquels ils se rapportent sont regroupés dans le tableau ci-dessous (données de l'industriel Xella Thermopierre).

| Désignation | Épaisseur | N° procès-verbal | Classement* |
|----------------------|-----------|-----------------------------|-------------|
| Cloisons en carreaux | 7 | RS 06-026 Reconduction 11/1 | EI 90 |
| Cloisons en carreaux | 10 | RS 06-027 Reconduction 11/1 | EI 180 |
| Murs en blocs** | 15 | RS 08-089 | EI 240 |
| Murs en blocs** | 25 | RS 10-108 | REI 180*** |

* R : résistance mécanique ou stabilité

E : étanchéité aux gaz et flammes

I : isolation thermique (forcément utilisé en complément d'une classification R ou E)

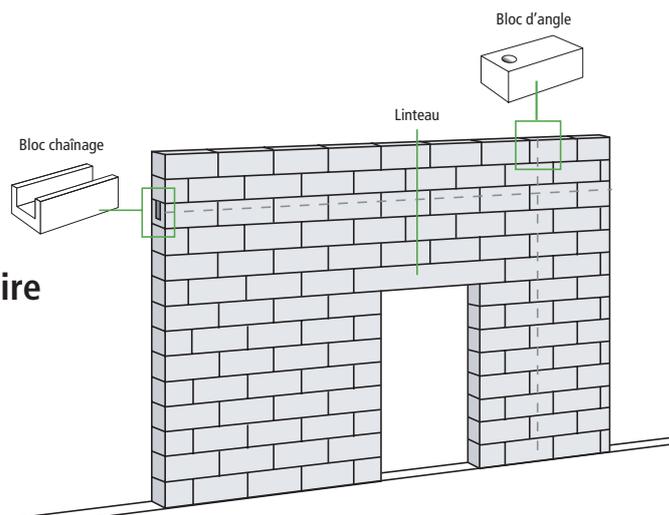
Les résultats des essais sont également applicables à des blocs d'épaisseur supérieure.

** Essais réalisés sur des blocs à emboîtement par rainures et languettes (joint vertical sec).

*** Essais réalisés sur mur chargé à 20 tonnes.

Le Plus : Le béton cellulaire est classé A1 incombustible. Il en est de même pour l'isolant minéral MULTIPOR. Le béton cellulaire de 25 cm respecte les exigences de stabilité au feu du titre II article 5 de l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation.

Performances des systèmes



2-4-3] Ouvrages coupe-feu en béton cellulaire

Remarque : les informations communiquées dans les tableaux ci-dessous sont données à titre indicatif, elles ne se substituent pas aux vérifications et contrôles réglementaires. La performance du mur dépend entre autre :

- de la performance au feu de l'ossature,
- des matériaux utilisés (ils doivent faire l'objet de PV d'essai au feu),

- de la mise en œuvre,
- de la pression du vent.

Murs séparatif EI 120 en maçonnerie de blocs de 20 cm d'épaisseur de béton cellulaire

| Typologie | Type de montage | Distance entre poteaux / Hauteur maçonnerie | Chaînages Horiz. Nbre / position | Chaînages Vert. Nbre / position par rapport au 1 ^{er} poteau |
|-------------------------------|------------------------------------|---|--------------------------------------|---|
| Bat. Fermé, vent zones 1 et 2 | Entre ossature béton ou acier (*) | Dist. : 5-6 m Haut. : 11 m | Nbre : 3 Hauteur 3 m , 6 m, 9 m | Néant |
| | | 6m < Dist. < 10 m Haut. : 5,5 m | Nbre : 2 Hauteur 3,25 et 5,50 m | Nbre : 2 Dist. : 3 m et 6 m |
| | Devant ossature béton ou acier (*) | Dist. 5-6 m Haut. 11 m | Nbre : 3 Hauteur 3 m , 6 m, 9 m | Nbre : 2 - En face de chaque poteau |
| | | 6 m < Dist. < 10 m Haut. 5,5 m | Nbre : 2 Hauteur 3,25 et 5,50 m | Nbre : 4 Dist. : 3 m, 6 m face à chaque poteau |
| | Sans ossature primaire (**) | Dist. : 6 m Haut. 10 m | Nbre : 4 hauteur 3, 6, 9 et 10 m | Nbre : 2 A chaque extrémité |
| | | Dist. : 8 m Haut. 8 m | Nbre : 2 hauteur 3 m , 6 m et 8 m | Nbre : 2 A chaque extrémité |
| | Sans ossature primaire (***) | Dist. : 7 m Haut. 10 m | Nbre : 4 hauteur 3, 6, 9 et 10 m | Nbre : 2 A chaque extrémité |
| | | Dist. : 12 m Haut. 8 m | Nbre : 2 hauteur 3 m , 6 m et 8 m | Nbre : 2 A chaque extrémité |

(*) Chaînages horizontaux et verticaux coulés respectivement dans des blocs U et de blocs percés en béton cellulaire. (**) Chaînages horizontaux coulés dans des blocs U et poteaux en béton armé de 20x20 coffrés et coulés sur place sur 2 appuis. (***) Chaînages horizontaux et poteaux en béton armé de 20x20 coffrés et coulés sur place sur 2 appuis

Murs séparatifs EI 120 en maçonnerie de blocs de 15 cm d'épaisseur de béton cellulaire

| Typologie | Type de montage | Distance entre poteaux / Hauteur maçonnerie | Chaînages horizontaux Nombre / position | Chaînages verticaux Nombre / position par rapport au 1 ^{er} poteau |
|------------------------------|-----------------------------------|---|---|---|
| Bat. Fermé, vent zone 1 et 2 | Entre ossature béton ou acier (*) | Dist. : 5 m Haut. : 5,5 m | Nbre : 2 Hauteur 3 m , 5,5 m | Nbre : 1 Dist. : 3 m |

(*) Chaînages horizontaux et verticaux coulés respectivement dans des blocs U et des blocs poteaux en béton cellulaire

Les Plus : légèreté (80 kg au m² en 20 cm), pas de reprise de dallage, compartimentage de bâtiments existants.



2-5] Sismique

L'amélioration des connaissances sismologiques et l'europanisation des méthodes de calcul de conception des ouvrages ont permis un nouveau zonage de la France et des nouvelles règles qui prennent mieux en compte la problématique et l'importance du sismique.

Le zonage se fait désormais à l'échelle communale et non plus cantonale. 60% des communes se trouvent en zone sismique règlementée (zones de risque 2 à 5.) Le zonage réglementaire est défini par le Plan de Prévention du Risque (PPR) sismique, prescrit par le Préfet.

Les méthodes de calcul relèvent désormais de l'Eurocode 8 (NF EN 1998-1) et de son annexe nationale (NF EN 1998-1 AN). Une période de recouvrement avec les anciennes règles (règles PS 92) est en cours jusqu'au 31 octobre 2012. Au 1er novembre 2012, seuls les Eurocodes seront en vigueur avec toutefois le maintien des méthodes forfaitaires PSMI 92, applicables aux maisons individuelles en zones de risques 3 et 4, moyennant le respect de certains critères géométriques.

Parallèlement, l'industriel XELLA Thermopierre a obtenu pour les murs réalisés avec ses produits, un DTA (document technique d'application), délivré par

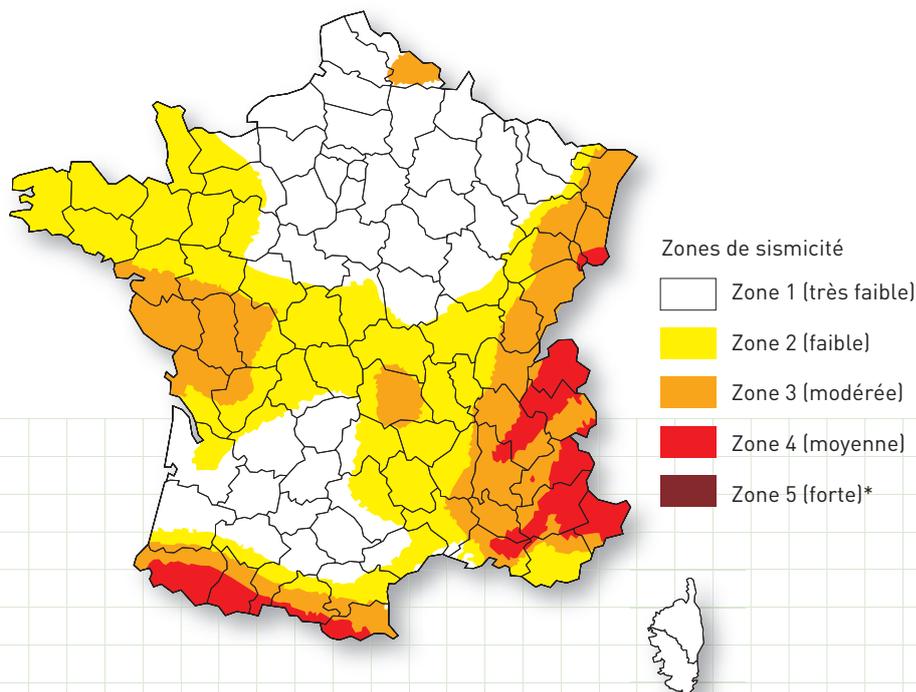
le CSTB (DTA 16/11-626 du 24 novembre 2011).

La méthode simplifiée décrite dans ce DTA est basée sur les Eurocodes (6 et 8). Elle s'applique aux petits bâtiments d'habitation (jusqu'à R+2) en zones de risque 3 et 4 ainsi qu'aux groupes scolaires en zone 2.

Dans le cas des bâtiments d'habitation de 4 niveaux ou plus, d'une part, et dans le cas de maisons individuelles sortant des critères géométriques du DTA, d'autre part, la règle générale de calcul de l'Eurocode 8 s'applique.

Dans le cadre de l'évolution signalée, des garde-fous sur les éléments de maçonnerie destinés au contreventement de l'ouvrage, ont été fixés. Les principaux sont :

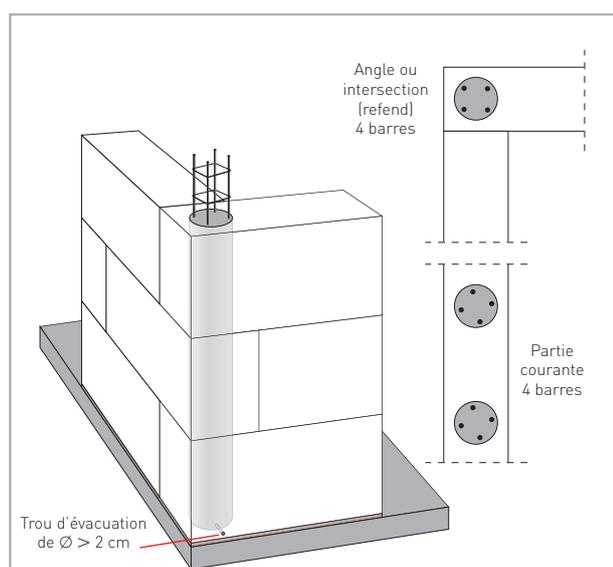
- la section transversale minimale de 15 cm du béton des raidisseurs
- la résistance à la compression (R_{cn}) du béton cellulaire d'au moins 4,5 MPa, certifiée NF (ou équivalent), pour tous les ouvrages et ce quelle que soit leur hauteur
- la R_{cn} du béton cellulaire d'au moins 3 MPa certifiée NF (ou équivalent) avec une épaisseur d'au moins 25 cm, pour les ouvrages jusqu'à R+2.



Performances des systèmes

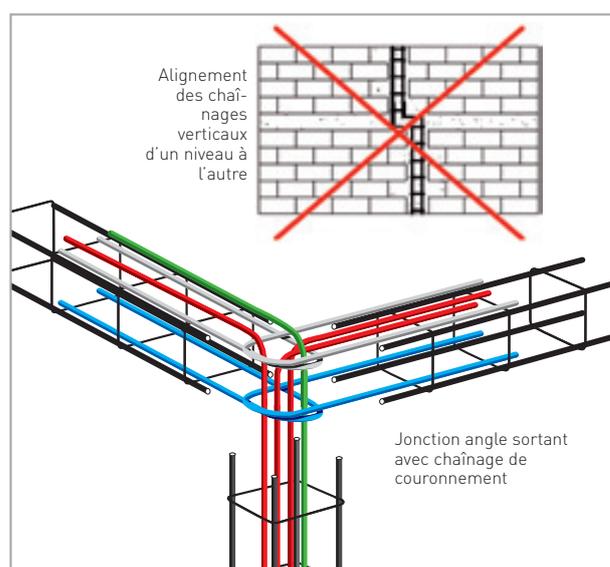
Cette évolution sera définitivement prise en compte au 1er novembre 2012. En attendant, le SFBC encourage les professionnels à les intégrer dès à présent dans la prescription du béton cellulaire, et ce dans un souci de qualité et de sécurité.

L'application de ces méthodes ne dispense pas d'un soin particulier lors de l'exécution des travaux et ce notamment au niveau des chaînages et des encadrements.

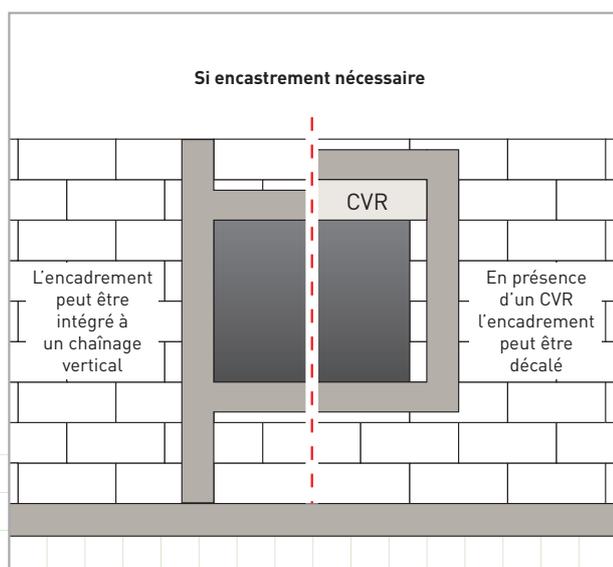


1 - Chaînages verticaux

Diamètre de la cavité pour les aciers : 15 cm



2 - Continuité des chaînages



3 - Encadrement des ouvertures

Les atouts du béton cellulaire pour la construction parasismique

- Matériau léger, il diminue l'effort sismique sur le bâtiment.
- Ses éléments de maçonnerie pleins donnent aux murs la même résistance à la compression, dans le sens vertical et dans le sens horizontal.

2-6] Comportement en milieu humide

2-6-1] Diffusion de la vapeur (régulation hygrothermique)

La diffusion de vapeur au travers d'une paroi est provoquée par la différence de pression de vapeur entre les 2 côtés de cette paroi.

Tout matériau de construction oppose une certaine résistance à cette diffusion dénommée "coefficient de résistance à la diffusion de vapeur" de valeur μ . La valeur μ de l'air est de 1.

Celle d'un matériau indique combien de fois la résistance à la diffusion de vapeur de ce matériau est supérieure à celle d'une couche d'air de la même épaisseur.

Pour le béton cellulaire, la valeur varie entre 5 et 7 en fonction de sa masse volumique. Celle d'un matériau étanche est infinie (∞).

Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau

| Matériau | sec | humide |
|---------------------|-----|--------|
| Béton Cellulaire | 10 | 6 |
| Terre cuite | 16 | 10 |
| Bois non résineux | 200 | 50 |
| Béton plein armé | 130 | 80 |
| Béton plein | 120 | 70 |
| Polystyrène expansé | 60 | 60 |

Plus petite est la valeur μ , meilleure est la diffusion de vapeur, qui s'évacue alors plus rapidement. Le béton cellulaire étant un matériau à valeur très basse, on dit de lui qu'il "respire".

2-6-2] Résistance mécanique en milieu humide

En janvier 1994, un programme à long terme a été démarré en Allemagne pour mesurer la résistance en compression des cubes de béton de cellulaire stockés dans des conditions d'humidité diverses pour une durée de 5 ans, et ce afin d'observer les effets de la durée sur la résistance en compression.

Les échantillons ont été stockés à la température ambiante (20 à 25°C) dans les conditions suivantes :

- Dans une atmosphère sèche (laboratoire à 40 - 50% d'humidité relative),

- Dans une atmosphère très humide (100% d'humidité relative),
- Sous l'eau.

Après séchage des échantillons, les valeurs de résistance dans les trois conditions de stockage sont restées constantes, autrement dit, les résistances enregistrées en début d'essai sont voisines de celles enregistrées au bout de 5 ans de stockage.

Le béton cellulaire n'est donc pas affecté par un stockage prolongé sous l'eau.

2-6-3] Séchage et variations dimensionnelles en fonction de l'hygrométrie

Comme beaucoup de matériaux de construction, le béton cellulaire présente un retrait dû au séchage. Dans son cas, il ne dépasse pas 0,2 mm/m.

2-6-4] Cloisons en milieu humide

Sous carrelage, utilisation de SPEC en local EB+ et EC (Procédé CEGECOL - WEDY - SIKA - WEBER).

Performances des systèmes

2-7] Impact environnemental du béton cellulaire

L'industriel Xella Thermopierre a fait reconnaître les qualités environnementales de ses produits Thermopierre et Multipor grâce à l'obtention du label européen "natureplus".



Par ailleurs, depuis 2003, l'industriel Xella Thermopierre a mis à disposition sur la base de données INIES, des FDES collectives établies par le CSTB.

Le passage du statut de norme expérimentale à norme homologuée NF P 01-010, d'une part, et l'évolution des procédés industriels, d'autre part, ont conduit le syndicat à réaliser de nouvelles FDES.

Le présent document constitue une synthèse des caractéristiques environnementales et sanitaires actualisées ainsi qu'une indication de la contribution du béton cellulaire sur les cibles du référentiel HQE®. Tous les éléments présentés ci-après sont extraits des FDES les plus récentes du béton cellulaire. Ces FDES ont fait l'objet d'une revue critique.

2-7-1] Le béton cellulaire et la démarche HQE®

La Haute Qualité Environnementale : HQE® est une démarche volontaire pour maîtriser les impacts sur l'environnement générés par un bâtiment tout en assurant à ses occupants des conditions de vie saines et confortables tout au long de la vie de l'ouvrage. La démarche de Haute Qualité Environnementale vise à concilier la protection de l'environnement, la qualité de la construction et l'amélioration de la qualité d'usage.

Cette démarche volontaire a été formalisée par l'association HQE autour de 14 cibles permettant d'atteindre 2 grands objectifs :

- Maîtriser les impacts sur l'environnement extérieur : cibles eco-construction et eco-gestion
- Créer un environnement intérieur sain et confortable : cibles de confort et de santé.

Le maître d'ouvrage peut inscrire ces cibles dans son programme et les hiérarchiser en fonction du terrain et de l'usage de l'ouvrage.

2-7-2] Tableau récapitulatif des 14 cibles

| Eco-construction | Eco-gestion | Confort | Santé |
|---|---|--------------------------|--------------------------------------|
| 1-Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat | 4-Gestion de l'énergie | 8-Confort hygrothermique | 12-Conditions sanitaires des espaces |
| 2-Choix intégré des procédés et produits de construction | 5-Gestion de l'eau | 9-Confort acoustique | 13-Qualité de l'air |
| 3-Chantiers à faibles nuisances | 6-Gestion des déchets d'activités | 10-Confort visuel | 14-Qualité de l'eau |
| | 7-Gestion de l'entretien et de la maintenance | 11-Confort olfactif | |

L'utilisation du béton cellulaire dans le bâti permet d'apporter une réponse environnementale sur un certain nombre de cibles identifiées en vert dans le tableau ci-dessus.



Certaines cibles concernent des caractéristiques matériau et systèmes qui ont été développées dans les pages précédentes. Lorsque le cas se présente, un renvoi à la page correspondante est indiqué dans le texte.

Cible 2) Le choix intégré des produits, systèmes et procédés de construction

La norme française NF P 01-010 qui a servi de référence à l'analyse de cycle de vie vise à favoriser ce choix. L'unité fonctionnelle sur laquelle a été réalisée l'analyse de cycle de vie est constituée de :

1 m² de mur assurant la fonction de mur isolant et porteur. La durée de vie typique est de 100 ans. Les résultats sont exprimés par année (annuité).

Parmi les caractéristiques techniques complémentaires de l'unité fonctionnelles il est à noter sa capacité à assurer une résistance au feu supérieure aux exigences réglementaires courantes : résistance au feu de 6h à partir de 15 cm d'épaisseur (PV CSTB RS 01-104).

Pour couvrir le marché du mur béton cellulaire, l'analyse a été réalisée sur 3 épaisseurs : 25, 30 et 36,5 cm.

Synthèse des caractéristiques environnementales et sanitaires des blocs concernés :

| Impact environnemental | Unité | Bloc de 25 cm valeur par annuité | Bloc de 30 cm valeur par annuité | Bloc de 36,5 cm valeur par annuité |
|---|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Consommation de ressources | | | | |
| Énergie primaire totale | MJ/UF | 4.85 | 5.85 | 7.10 |
| Énergie renouvelable | MJ/UF | 0.29 | 0.35 | 0.43 |
| Énergie non renouvelable | MJ/UF | | 5.50 | 6.67 |
| Épuisement des ressources | kg éq. antimoine/UF | 0.00157 | 0.00190 | 0.00231 |
| Consommation d'eau | litre/UF | 2.67 | 3.21 | 3.89 |
| Déchets solides | | | | |
| Déchets valorisés (total) | kg/UF | 0.09 | 0.11 | 0.13 |
| Déchets dangereux éliminés | kg/UF | 0.0004 | 0.0005 | 0.0006 |
| Déchets non dangereux éliminés | kg/UF | 0.003 | 0.04 | 0.05 |
| Déchets inertes éliminés | kg/UF | 0.91 | 1.10 | 1.34 |
| Déchets radioactifs éliminés* | kg/UF | 0.0000107 | 0.0000128 | 0.0000154 |
| Changements climatiques | g éq. CO ₂ /UF | 0.40 | 0.487 | 0.59 |
| Acidification atmosphérique | g éq. SO ₂ /UF | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| Pollution de l'air | m ³ /UF | 22.34 | 27.17 | 33.05 |
| Pollution de l'eau | m ³ /UF | 0.56 | 0.68 | 0.83 |
| Destruction de la couche d'ozone | kg CFC éq. R11/UF | 2.74x10 ⁻¹⁰ | 3.30x10 ⁻¹⁰ | 4.01x10 ⁻¹⁰ |
| Formation d'ozone photochimique | g éq. éthylène/UF | 0.0000267 | 0.0000321 | 0.0000391 |

*dus majoritairement à la production d'électricité en France.

Cible 4) Gestion de l'Energie et cible 8) Confort Hygrothermique :
se reporter au chapitre 2 performances thermiques



Cible 12) Conditions sanitaires des espaces et cible 13) Qualité de l'air

Contribution du produit à la maîtrise des risques sanitaires relatifs à la qualité de l'air lors de la mise en œuvre

Par sa facilité de découpe, d'une part, et la possibilité de réutiliser les chutes de coupe au cours du montage de la maçonnerie, d'autre part, le béton cellulaire permet de réduire sensiblement la quantité de déchets produits sur chantier.

La coupe par sciage à sec du béton cellulaire (et non par fraisage) au moyen d'une scie à ruban ou d'une scie thermique génère une faible quantité de poussières

et des granulats dont la taille et la composition ne présentent pas de risque pour les opérateurs. Lors de la mise en œuvre, ces poussières peuvent être récupérées et mélangées à la colle pour moitié afin de constituer un mortier sec permettant un rebouchage aisé des saignées.

Les fiches de données sécurité du béton cellulaire et du PREOCOL sont disponibles sur le site internet du fabricant Xella.

Radioactivité

Des mesures ont été effectuées en 2002 par l'Institut des Sciences Nucléaires de Grenoble. Ces mesures concernent 2 échantillons de blocs de béton cellulaire,

représentatifs des productions françaises. Les valeurs d'activité massique obtenues sont les suivantes :

| Echantillon | Radium (226Ra) | Thorium (232Th) | Potassium (40K) | Indice spécifique d'activité I |
|----------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| Bloc béton cellulaire 1(*) | 9,4 ± 1 | 7,5 ± 0,6 | 33 ± 5 | 0,08 |
| Bloc béton cellulaire 2(*) | 12,5 ± 1 | 13,7 ± 0,6 | 218 ± 16 | 0,18 |

(*) Les blocs proviennent de 2 unités de production différentes

Ces valeurs sont nettement inférieures aux moyennes européennes citées plus haut.

Quand aux valeurs d'indice d'activité I des blocs en béton cellulaire, elles sont nettement inférieures au seuil européen de 0,5 (correspondant à une dose gamma reçue inférieure à 0,3 mSv/an). Les blocs

peuvent donc être classés, selon la recommandation du rapport 112 de la Commission Européenne, dans la catégorie des produits exemptés de toute restriction d'utilisation qui pourrait résulter d'une éventuelle radioactivité.



Performances des systèmes

MATÉRIAU
LES PERFORMANCES

Radon

Concernant l'émission de radon par les matériaux de construction, la Commission Européenne (Rapport 112 de la CE «Radiological Protection Principles concerning the Natural Radioactivity of Building Materials» 1999) estime que les matériaux dont l'activité massique en 226Ra est inférieure à 100 Bq/kg ont une contribution limitée (ne dépassant pas 10 à 20 Bq/m³) à l'activité volumique dans l'air intérieur d'un bâtiment. La contribution des blocs en béton cellulaire aux concentrations de radon dans les bâtiments est donc négligeable compte tenu des valeurs obtenues entre 10 et 13 Bq/kg) en 226Ra.

Les seuils recommandés par la CE pour l'activité volumique dans l'air intérieur des bâtiments (directive 90/143 Euratom) et repris dans la circulaire française du 27 janvier 1999 sont de 200 Bq/m³ comme valeur limite d'activité pour les bâtiments neufs et de 400 Bq/m³ comme seuil d'intervention pour des bâtiments existants.

Émissions de Composés Organiques Volatils (COV) et de formaldéhyde

Cet essai a été réalisé par le CSTB (rapport d'essai ES 532-03-001 6) conformément à la norme NF ISO 16000-3 de 2011

Les résultats mettent en évidence une très faible quantité de composés organiques volatiles et de formaldéhyde :

TVOC : < 5 µg/m³ à 28 jours
Formaldéhyde : < 1,6 µg/m³ à 28 jours

De ce fait, les émissions de COV et de formaldéhyde dans l'air intérieur du béton cellulaire produit par l'industriel XELLA Thermopierre, permettent de classer ces produits dans la catégorie A+ de l'arrêté ministériel du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits en contact avec l'air intérieur.

Le Plus : Au contact de l'air intérieur (béton cellulaire enduit), il respecte les exigences les plus sévères en termes d'émission de formaldéhyde et de COV totaux.

Comportement face à la croissance fongique et bactérienne

Des essais ont été réalisés par le CSTB (rapport d'essai DDD/SB-2003-037), d'une part, et par le Fraunhofer Institut Bauphysik (rapport d'essai BBH-09/2004), d'autre part. Le béton cellulaire est considéré comme peu vulnérable à la croissance fongique.

Emission de Fibres et particules

Par leur nature non fibreuse, les blocs de béton cellulaire ne sont pas à l'origine d'émissions de fibres ou de particules susceptibles de contaminer l'air intérieur des bâtiments.

Cible 9) Confort Acoustique :

se reporter au chapitre 2-3 performances acoustiques

DONNÉES

TECHNIQUES ET ÉCONOMIQUES



3-1] Normes, DTU, Avis Techniques et principaux documents à rappeler dans les descriptifs

Normes produits

NF EN 771-4 :

Spécifications pour éléments de maçonnerie
– Partie 4 éléments en béton cellulaire autoclavés

NF EN 771-4/CN :

Complément national à la norme NF EN 771-4

DTU

DTU 20.1 : Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs

DTU 26.1 : Travaux d'enduits de mortiers

PS-MI 89 révisées 92 : Règles de construction parasismique - Construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés

EUROCODES

Eurocode 6 (NF EN 1996-1-1) et son annexe nationale : calcul des ouvrages en maçonnerie partie 1-1 : règles générales pour ouvrages en maçonnerie armée et non armée.

Eurocode 6 (NF EN 1996-1-2) et son annexe nationale : Calcul des ouvrages en maçonnerie : Partie 1-2 : Règles générales — Calcul du comportement au feu

Certification NF et certificats CSTBat :

Les certifications NF et CSTBat fixent pour les produits des exigences supérieures à celle des normes européennes.

Par exemple, pour le béton cellulaire, la résistance mécanique minimale prévue dans la norme NF EN 771-4/CN est de 3,0 MPa, alors que la norme EN 771-4 prévoit 1,5 MPa soit la moitié !

Les tolérances dimensionnelles et de masse volumique sont également moins contraignantes dans la norme européenne.

C'est la raison pour laquelle le DTU 20.1 couvrant la mise en œuvre de produits traditionnels met l'accent sur les marques de qualité qui garantissent à l'utilisateur des caractéristiques certifiées par des organismes indépendants.

Avis techniques en cours de validité

Bardages YTONG 1/05-814 CHE YTONG 9/04-788 + ETA-03/0007 (*)

Procédé de maisons en dalles armées YTONG SIPOREX 3/08-553

Plancher YTONG 3/05-451

Toiture YTONG 5+3/02-1659

Mortier colle PREOCOL: Document Technique d'Application (DTA) : 16/11-625

(*) Agrément technique Européen

Eurocode 8 — Calcul des structures pour leur résistance aux séismes — Partie 1 et son annexe nationale: Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments.

De même en matière thermique, si les produits ne sont pas certifiés (ou si l'industriel n'est pas en mesure d'apporter la preuve d'une équivalence), la prise en compte d'une valeur majorée de la conductivité thermique doit être appliquée par le concepteur.

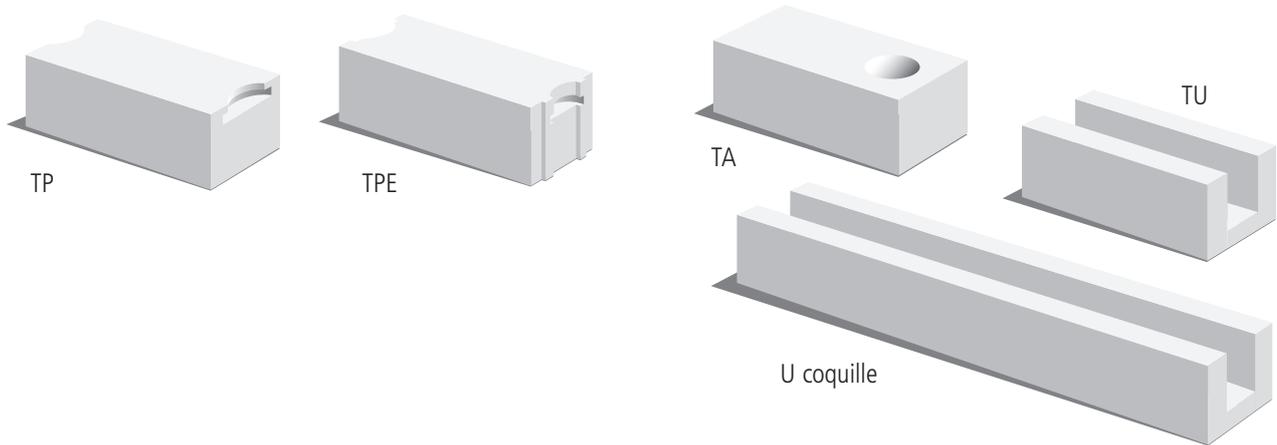




Données techniques et économiques

3-2] Données économiques

3-2-1] Blocs standard, blocs chaînages et linteaux



Mur extérieur isolant et porteur, sans doublage, réduisant les ponts thermiques.

Cibles en neuf :

- N°1 Maison en bande / N°2 Collectif /
- N°3 Bureaux / N°4 Hôtelier / N°5 Hospitalier /
- N°6 MADAP / N°7 Enseignement /
- N°8 Résidences / N°9 murs coupe-feu.

Mur léger et isolant coupe-feu permettant un gain de place.

Cibles en rénovations lourdes :

murs de remplissage dans ossature béton ou en surélévation.



Résidence Borderouge (31) - Architecte : Les Ateliers J.F. Martinie - Maître d'ouvrage: La Cité Jardins (31)

| Caractéristiques | Ép. 25 cm | Ép. 30 cm | Ép. 36,5 cm |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|
| Longueur x hauteur (cm) | 62,5 x 25 | 62,5 x 25 | 62,5 x 25 |
| Densité (kg/m ³) | 350 à 500 | 350 | 350 |
| Résistance thermique (m ² K/W) | 2,11 à 2,89 | 3,43 | 4,12 |
| Affaiblissement acoustique | R _W = 47 dB | R _W = 48 dB | R _W = 49 dB |
| Classement au feu | CF 6 h / REI 180 | CF 6 h / REI 180 | CF 6 h / REI 180 |
| Prix indicatifs* (petits projets) | 78 à 82 € | 88 à 92 € | 104 à 106 € |
| Prix indicatifs* (gros projets) | 74 à 78 € | 84 à 88 € | 100 à 104 € |

*Ces prix indicatifs sont des prix fournis posés moyen au m² HT de façade courante, non compris : chaînages, linteaux.

Le Plus : Traitement efficace des ponts thermiques permettant l'économie des rupteurs.

Données techniques et économiques

DONNÉES

3-2-2] Panneau isolant minéral rigide pour le neuf et la réhabilitation thermique

Caractéristiques du produit :

Multipor, produit par Xella, est un panneau isolant 100% minéral et sans fibres, doté d'une performance thermique $\lambda = 0,043$. Constitué de matières premières naturelles (sable, chaux, eau et ciment), il est perméable à la vapeur d'eau, indéformable, résistant à la compression et incombustible (classe A1).

Les dimensions optimisées du Multipor (60x39 cm et épaisseurs de 8 à 24 cm par pas de 2 cm), et sa légèreté (115 kg/m³) rendent sa manipulation aisée.

Performances thermiques

| Épaisseur Multipor en mm | Résistance thermique en m ² K/W |
|--------------------------|--|
| 80 | 1,86 |
| 100 | 2,33 |
| 120 | 2,79 |
| 140 | 3,26 |
| 16 | 3,72 |
| 180 | 4,19 |
| 200 | 4,65 |
| 220* | 5,12 |
| 240* | 5,58 |

*Multipor posé en 2 couches croisées

Système d'isolation par l'intérieur

Les panneaux isolants Multipor conviennent pour la réhabilitation thermique des immeubles d'habitation et des bureaux. Ils sont parfaitement adaptés aux rénovations de façades classées (monuments historiques en particulier) où l'isolation par l'intérieur est souvent la seule possibilité.

Par son caractère minéral, le Multipor conserve alors la respiration des murs (perméabilité à la vapeur d'eau) et améliore le niveau de sécurité incendie.

Fourchette de prix fourni posé : Système complet avec enduit tramé et finition par peinture garnissante lisse : 50 à 60 €/m² pour une épaisseur de 12 cm.

Caractéristiques physiques des panneaux

| | |
|--|---------------------------------|
| Tolérances dimensionnelles (mm) | ± 1 panneau/côté |
| Densité (kg/m ³) | ≤ 115 |
| Conductivité thermique (W/m.K) | λ 0,043 |
| Indice de résistance à la diffusion de la vapeur | $\mu = 3$ ouvert à la diffusion |
| Réaction au feu | A1 = incombustible |
| Résistance à la compression (N/mm ²) | en moyenne > 0,35 |
| Résistance à la traction (N/mm ²) | ≥ 0,08 |

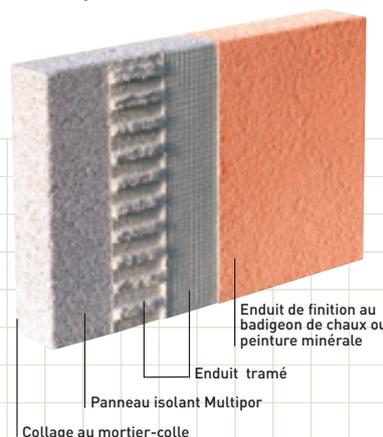
Cibles neuf et rénovation: N°1 Maison en bande / N°2 Collectif / N°3 Bureaux / N°4 Hôtelier / N°5 Hospitalier / N°6 MAPAD / N°7 Enseignement / N°8 Résidences.



Système d'isolation par l'extérieur

Les panneaux Multipor peuvent être collés sur tous supports maçonnés ou en béton armé, neuf ou existant, selon 2 procédés :

- système ETICS : enduit de chaux naturelle tramé sur isolant. Finition badigeon de chaux ou peinture minérale, 110 à 120 €/m² pour une épaisseur de 14 cm en partie courante (Compter 15% en plus pour le traitement des points singuliers).



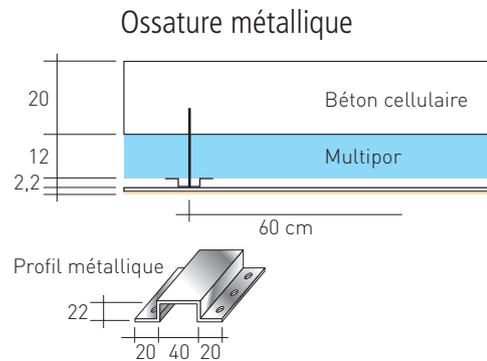
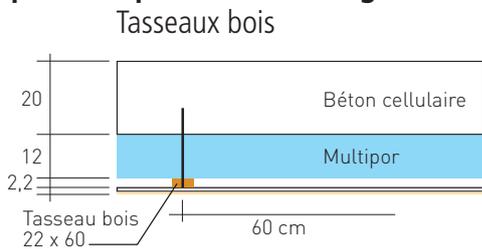
Données techniques et économiques

Système d'isolation par l'extérieur

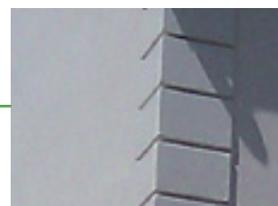
• système de vêtage ThermoChoc : traitement au choc des façades exposées (10J). Panneaux Multipor associés à la plaque Fermacell Powerpanel H₂O 140

à 160 €/m² pour une épaisseur de 14 cm en partie courante (Compter 15% en plus pour le traitement des points singuliers).

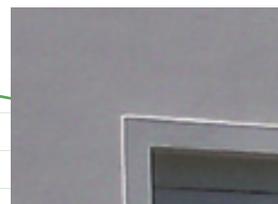
Multipor avec panneau de vêtage sur ossatures



Le Plus : Selon l'arrêté du 24 mai 2010 sur la sécurité incendie des façades avec systèmes d'isolation par l'extérieur : « Les systèmes sur isolant classé au moins A2-s3 do (cas du MULTIPOR), ne nécessitent pas, sous l'angle de la sécurité contre l'incendie, de disposition constructive particulière. » (Valable pour les systèmes sans lame d'air. S'il y a lame d'air, celle-ci doit être recoupée tous les 2 niveaux).



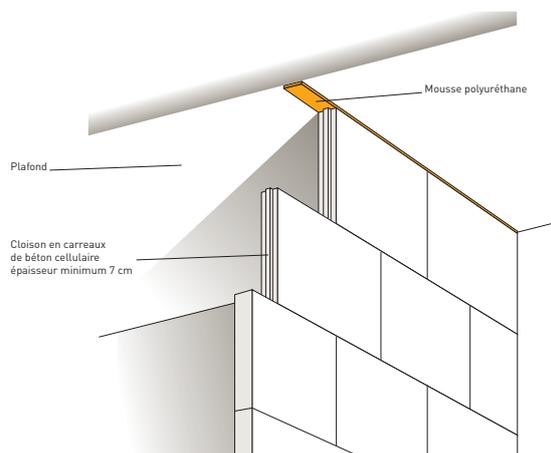
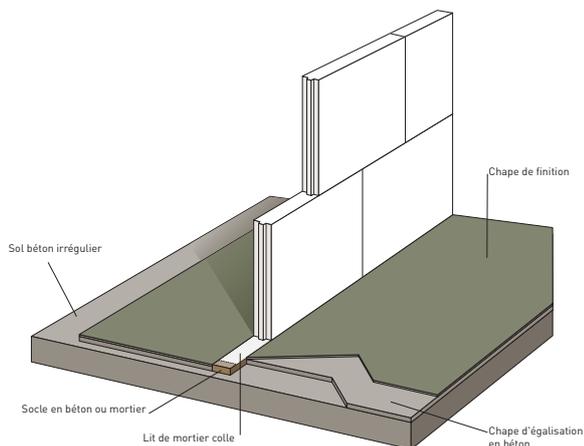
Habillage d'angles



Modénature

Le Plus : Matériau rigide permettant l'ornementation des façades (corniches, moulures, etc.)

3-2-3] Carreaux



Les avantages du carreau béton cellulaire

- Solide (essai de la "Belle-mère")
- Isolant thermique
- Rapidité de pose
- Plus léger (idéal pour la réhabilitation, évite les surcharges importantes), notamment en rénovation dans les vieux immeubles : approvisionnement dans les étages plus facile
- Façonnage aisé (adaptation dimensionnelle)
- Utilisable dans les locaux sensibles (incombustible)
- Produit parfaitement adapté aux milieux humides (ajout pour les locaux classés EB+ collectif et EC d'un système de protection à l'eau sous carrelage)
- Pose de faïence directe sur le béton cellulaire
- Finitions multiples.

Coupe-feu, légèreté, rapidité de mise en œuvre, adapté aux milieux humides.

Cibles neuf et rénovation : N°8 Résidence.



**COUPE FEU :
EI 180
en 10 cm**

| Caractéristiques | Ép. 7 cm | Ép. 10 cm | Ép. 15 cm |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|
| Longueur x hauteur (cm) | 62,5 x 25 ou 50 | 62,5 x 25 ou 50 | 62,5 x 25 ou 50 |
| Densité (kg/m ³) | 550 | 550 | 500 |
| Résistance thermique (m ² K/W) | 0,50 | 0,72 | 1,21 |
| Affaiblissement acoustique | R _W = 36 dB | R _W = 39 dB | R _W = 42 dB |
| Classement au feu | EI 1 h 30 | EI 3 h | EI 6 h |
| Prix indicatifs | 30 à 35 € | 38 à 43 € | 52 à 57 € |

Ces prix indicatifs sont des prix fournis posés moyen au m² HT de cloison, comprenant colle, y compris tous accessoires. Non compris : échafaudages, traitements et finitions des parois et frais de chantiers. Valeur des prix juillet 2007 sur la France entière.

Le Plus : Rapidité de mise en œuvre, légèreté, découpe aisée, ne craint pas le stockage aux intempéries.

Données techniques et économiques

3-2-4] Dalles de plancher et de toiture



- Les dalles de plancher et de toiture sont des éléments armés porteurs et isolants. Elles sont adaptées à un emploi sur vide sanitaire, plancher intermédiaire et toitures terrasses.
- Elles rendent inutiles les coffrages, étaielements, dalle de compression.

Elles sont fabriquées sur mesure.

- Les dalles de plancher et de toiture sont classées coupe-feu jusqu'à 2 heures. Classement du matériaux «Euroclasses» A1 incombustible
- Longueur maxi entre appui : 585 cm, épaisseur suivant surcharge.

Cible : neuf - N°8 Résidence.

| Caractéristiques | Ép. 20 cm | Ép. 25 cm | Ép. 30 cm |
|---|---------------|---------------|---------------|
| Largeur (cm) | 60 | 60 | 60 |
| Densité (kg/m ³) | 600 | 600 | 600 |
| Résistance thermique (m ² K/W) | 1,21 | 1,52 | 1,82 |
| Classement au feu (plancher seul) | CF de 1 à 2 h | CF de 1 à 2 h | CF de 1 à 2 h |
| Prix indicatifs | 130 à 150 € | 150 à 170 € | 170 à 200 € |

Ces prix indicatifs sont des prix fournis posés moyen au m² HT de plancher, comprenant dalles de plancher, planelles, chaînage et son béton, clavetage entre dalles, y compris tous accessoires. Non compris : échafaudage, chevêtre, chape, traitements et finitions des sous-faces, matériels de levage et frais de chantiers. Valeur des prix juillet 2007 sur la France entière.

Le Plus : Suppression des ponts thermiques, rapidité de mise en œuvre, coupe-feu.



Adresses utiles

- **AFNOR - Association française de normalisation**

11 avenue Francis de Préssensé
93571 SAINT-DENIS LA PLAINE CEDEX

Tél. 01 41 62 80 00

Fax 01 49 17 90 00

Web www.afnor.fr

- **CERIB - Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton**

1 rue des longs réages
BP 30059
28230 ÉPERNON CEDEX

Tél. 02 37 18 48 00

Fax 02 37 83 67 39

Web www.cerib.fr

- **CSTB - Centre scientifique et technique du bâtiment**

84 avenue Jean Jaurès
Champs sur Marne - BP 02
77447 MARNE LA VALLÉE CEDEX 2

Tél. 01 64 68 82 82

Fax 01 60 05 70 37

Web www.cstb.fr

- **Qualitel**

136 boulevard St Germain
75006 PARIS

Tél. 01 42 34 53 29

Fax 01 43 25 53 26

Web www.qualitel.org

- **SFBC - Syndicat national des fabricants de béton cellulaire**

23 rue de la Vanne
92126 MONTRouGE CEDEX

Tél. 01 49 65 09 09

Fax 01 49 65 08 61

- **UNTEC - Union nationale des économistes de la construction**

8 avenue Percier
75008 PARIS

Tél. 01 45 63 30 41

Fax 01 42 56 14 52

Web www.untec.com

- **Xella Thermopierre**

Le Pré Chatelain
Saint-Savin
38307 BOURGOIN-JALLIEU CEDEX

Tél. 04 74 28 90 15

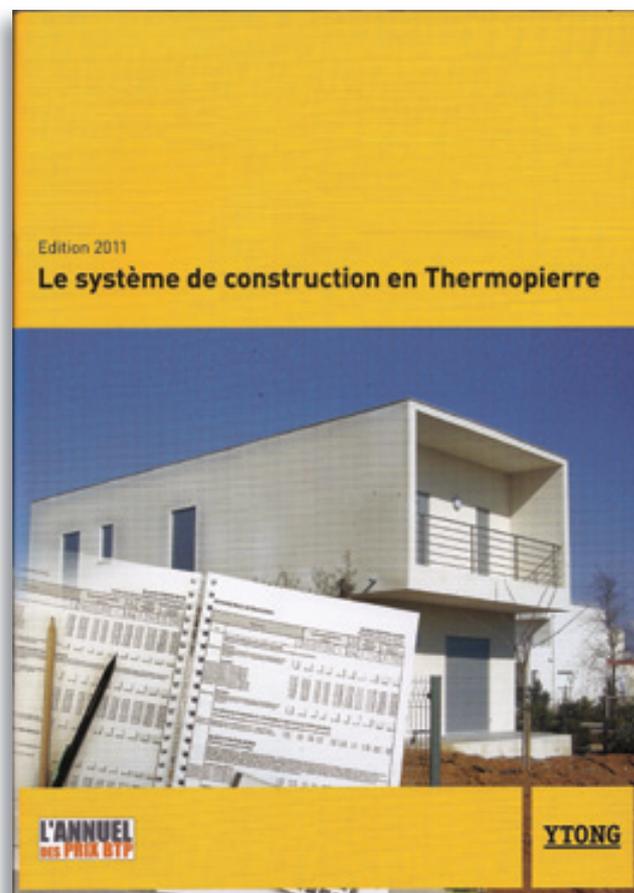
Fax 04 74 28 89 20

Web www.ytong.fr



En complément de cet ouvrage

Voir le document Xella des prix moyens de fourniture et pose
"L'annuel des prix"





8 avenue Percier
75008 PARIS
Tél. 01 45 63 30 41
Fax 01 42 56 14 52
Web www.untec.com

23 rue de la Vanne
92126 MONTROUGE CEDEX
Tél. 01 49 65 09 09
Fax 01 49 65 08 61

