

PRESENTATION DU PRODUIT ET CONTEXTE D'UTILISATION

Le **bloc de béton** est un élément de maçonnerie moulé communément appelé parpaing ou aggloméré (aggllo). De forme régulière, résistant, peu coûteux, le bloc de granulats courants à enduire est le principal composant des murs extérieurs des constructions conventionnelles. Les blocs sont empilés les uns sur les autres par rangs successifs jointés entre eux grâce à une fine épaisseur de mortier. Des systèmes récents de montage à joints minces permettent de rationaliser l'emploi du bloc béton, qui se présente alors sous forme rectifiée. Il existe plusieurs types de blocs : les blocs de béton courants creux, les blocs de béton pleins (utilisés essentiellement en infrastructure), les blocs de béton d'angle (pour chaînages verticaux) et les blocs de béton en "U" (pour chaînages horizontaux et pour linteaux). Le bloc béton dispose d'une bonne résistance mécanique, d'un assez bon affaiblissement acoustique, mais d'une conductivité thermique élevée avec une faible température de surface, d'une faible hygroscopicité associée à une capacité relativement faible d'absorption et de diffusion, ainsi que d'une durée de séchage très longue après la mise en œuvre.

Associé à un complexe d'isolation par l'intérieur, il constitue un système constructif pour la réalisation de murs porteurs et de cloisons pour des bâtiments résidentiels, industriels, commerciaux ou agricoles. Largement répandu en raison de son coût intéressant, les nouvelles réglementations thermiques tendent cependant à désavantager ce système en raison de ses comportements thermique et hygrothermique problématiques.

Les murs sont recouverts d'un **enduit de protection** sur leur face extérieure. Les exigences d'**étanchéité à l'air** ont fait apparaître sur le marché des membranes et enduits spécifiques appliqués sur leur face intérieure, afin de limiter les désordres dues à la convection.

L'**isolant** intérieur peut être d'origine minérale, végétale ou synthétique, revêtu ou non d'un pare-vapeur ou d'un frein-vapeur de préférence hygro-réglable. Généralement présentée sous forme de panneaux ou de rouleaux, l'isolation est soit collée sur le support, soit fixée sur une ossature en métal ou en bois ou bien glissée entre mur et contre-cloison.

Le **parement intérieur** est généralement constitué d'une plaque de carton-plâtre pour les complexes collés et d'une plaque de carton-plâtre ou d'un lambris pour les systèmes sur ossature. D'autres parements peuvent être mis en œuvre dans le cadre d'une étude particulière.

FABRICANTS ET TYPE

Bloc de béton : voir site Blocaliens <http://www.blocaliens.fr/>

Complexes de doublage intérieur :

ISOVER (Saint-Gobain) : Optima Murs,

PLACOPLATRE (Saint-Gobain) :

BPB PLACO : Placomur® Maison, DOUBLISSIMO®, PLACOTHERM®

KNAUF : Polyplac, XTherm ULTRA 32 , Knauf Thane Mur (panneaux de PSE ou PU revêtus de carton-plâtre)

SINIAT : (Lafarge) PREGY-métal, -max, -therm

Isolants

XELLA : Multipor (isolant minéral)

HOMATHERM : Flex CL (ouate de cellulose), Holzflex Protect (fibre de bois),

ISONAT : Isonat Flex (fibre de bois), Isonat végétal (fibre de chanvre et coton), Isonat plus 55 flex (fibre de bois et chanvre)

ROCKWOOL :

SNIC : Panneaux de liège expansé

ECO-LOGIS : Lin en panneaux semi-rigides

BATILUM : Batiplum Mur (plumes de canard)

NATURLAINE : Laine de mouton en panneaux semi-rigides

→ voir aussi [fiches matériaux concernées](#)

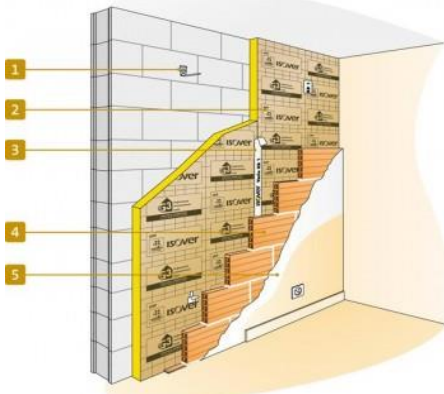
Etanchéité à l'air

ISOVER/SAINT-GOBAIN : membranes StopVap (pare-vapeur), Vario Duplex (frein-vapeur hygro-réglable), Opt'Air (membrane d'étanchéité à l'air), Aéroblue (enduit d'étanchéité à l'air)

WEBER.MURS : Int'Air (enduit d'étanchéité à l'air)

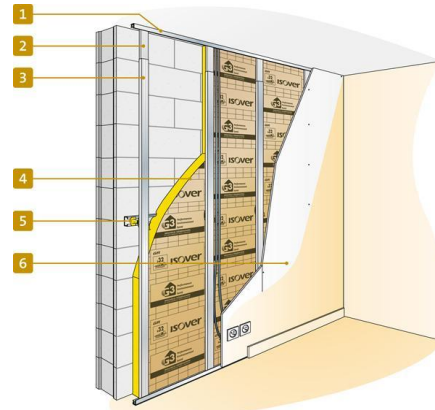
PAREXLANKO : Mono Air (enduit d'étanchéité à l'air)

Exemples de systèmes de doublage



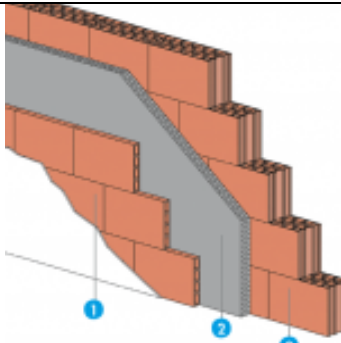
Système **ISOVER** (contre-cloison)

- 1 Maxi PB Fix
 - 2 GR 32 Revêtu Kraft (laine de verre avec pare-vapeur)
 - 3 Adhésif Vario KB1
 - 4 Brique plâtrière
 - 5 Enduit plâtre
- Etanchéité à l'air du mur par membranes Vario Duplex ou Stopvap



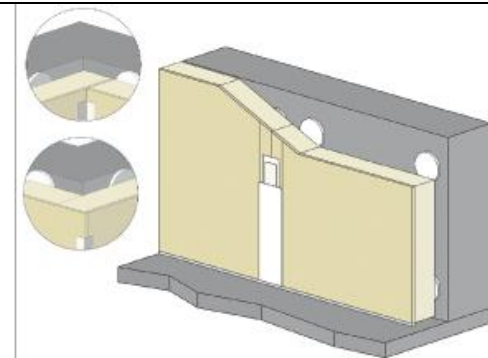
Système **ISOVER** Optima Murs (contre-cloison) A Tes 9/11-946

- 1 Lisse Clip'Optima
- 2 Eclisse Optima
- 3 Fournure Optima 240
- 4 GR 32 Roulé Revêtu Kraft (laine de verre avec pare-vapeur)
- 5 Appui Optima2
- 6 Plaque de plâtre



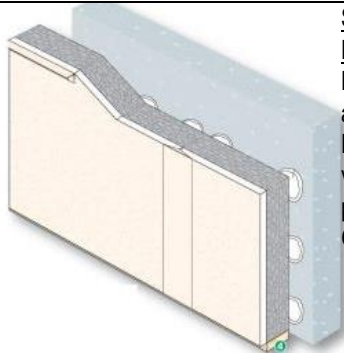
Système **KNAUF** (contre-cloison)

- 1 Contre-cloison maçonnée (brique plâtrière ou autre)
- 2 Knauf XTherm ULTRA 32 Mur (Polystyrène expansé EPS)
- 3 Mur support

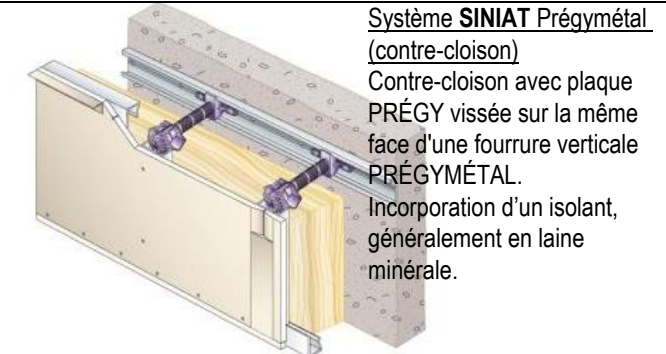


Système **KNAUF** (doublage collé)

- Ici : Polyplac XThane 22
- Isolants disponibles
EPS, PU avec parement plaque de plâtre



Système **SINIAT** Prégymax / Prégyltherm (doublage collé)
Doublage thermique et acoustique avec plaque de plâtre PRÉGY (avec ou sans pare-vapeur) sur panneau de polystyrène acoustique PSE-Graphite.



Système **SINIAT** Prégymétal (contre-cloison)
Contre-cloison avec plaque PRÉGY vissée sur la même face d'une fourrure verticale PRÉGYMÉTAL.
Incorporation d'un isolant, généralement en laine minérale.



Système **Placoplatre** Duo'Pass (doublage collé)
avec intégration du passage des gaines
panneau PSE graphité ondulé

Systèmes **Placoplatre** (doublage collé)
Placomur® Maison : placoplatre® et PSE DOUBLISSIMO® : PSE élastifié
PLACOTHERM® : mousse de polyuréthane sous forme de panneaux hauteur d'étage en version complexe ou sandwich Marine, Premium ou Phonique.

Systèmes **Placoplatre** (contre-cloison)
Doublage constitué d'une ossature F530 + cornières CR2 ou rails et montants Placostil sur laquelle sont vissées 1,2 ou 3 plaques standard ou spéciales.
Les panneaux de laine minérale sont mis en place dans le vide entre parements et murs extérieurs.

Source : documentation fabricants

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

RESSOURCE - PROCEDE DE PRODUCTION

Le bloc béton est composé d'agrégats de sable, de gravier, d'eau et de ciment (à base de calcaire et d'argile cuit et broyé). Seul le ciment nécessite une cuisson. Les usines de fabrication comportent une centrale à béton et des presses fixes, dont les vibrations importantes permettent de diminuer la quantité de ciment dans le béton tout en conservant les mêmes capacités. Après moulage à froid, les blocs sont placés en étuves pendant vingt-quatre à quarante-huit heures pour sécher. Ils sont alors prêts à être livrés sur les chantiers de construction voisins et ne nécessitent aucun emballage.

COMPOSITION (de l'extérieur vers l'intérieur)

Complexe ITI

1. Enduit extérieur

Afin de compenser l'hygroscopicité du béton, le mur doit être protégé par un enduit imperméabilisant contre la pluie battante. Il faudra veiller à choisir un enduit perspirant pour permettre l'assèchement du mur, qui peut être soumis à des remontées capillaires et une humidité diffusive. La composition des enduits n'est ici pas abordée plus en détail (voir sites des fabricants).

2. Bloc de béton

Le bloc béton est composé à 87% d'agrégats de sable et de gravier, à 6% d'eau et à 7% de ciment (à base de calcaire et d'argile cuit et broyé).

Le mortier de montage au ciment est constitué d'un volume de ciment pour 5 volumes de sable à maçonner (granulométrie >0.5mm), avec l'adjonction d'eau dans une proportion de 25l pour 50kg de ciment. Un mortier bâtard contient une certaine proportion de chaux, qui le rend plus maniable et plus adhérent.

Des adjuvants spécifiques permettent de modifier les caractéristiques mécaniques et le comportement hygroscopique des mortiers : colorants, antigels, résines d'accrochage, durcisseurs de surface, hydrofuges ou imperméabilisants, plastifiants ou retardateurs et accélérateurs de prise.

3. Etanchéité à l'air sur la face intérieure du mur béton

Fabricant	Nom de produit	Evaluation technique	Composition	Résistance à la diffusion de vapeur d'eau sd [m]
Isover/ Saint Gobain	Opt'Air	Cf. ATec Optima	Film polymère quadrillé transparent contrecollé sur un support non tissé de polypropylène	>0,1 perméable à la vapeur d'eau
ParexLanko	Mono'Air	Cf. ATec Optima	Enduit projeté 1 passe à base de chaux aérienne, ajout hydraulique, résine, charges naturelles	<0,07 perméable à la vapeur d'eau ($\mu < 13$)
Weber.mur/ Saint Gobain	Int'air	Pass'Innovation ATec en cours	Enduit projeté 1 passe à base de plâtre semi-hydraté, chaux aérienne, adjuvants spécifiques	0,03 perméable à la vapeur d'eau
Saint Gobain	Aéroblue	Pass'Innovation 2011-135	Enduit projeté 2 passes à base de plâtre	0,03 perméable à la vapeur d'eau

4. Isolants intérieurs

Pour de plus amples informations concernant les isolants, voir les fiches matériaux concernés :

<http://www.enviroboite.net/isolant-laine-de-verre>

<http://www.enviroboite.net/isolant-laine-de-roche>

<http://www.enviroboite.net/isolant-polyurethane>

<http://www.enviroboite.net/isolant-polystyrene-expande-pse>

<http://www.enviroboite.net/isolant-fibre-de-bois> (en accès réservé aux adhérents d'Envirobat BDM)

<http://www.enviroboite.net/isolant-ouate-de-cellulose> (en accès réservé aux adhérents d'Envirobat BDM)

<http://www.enviroboite.net/isolant-le-coton>

<http://www.enviroboite.net/isolant-laine-de-mouton>

<http://www.enviroboite.net/isolant-laine-de-chanvre> (en accès réservé aux adhérents d'Envirobat BDM)

<http://www.enviroboite.net/isolant-laine-de-lin>

<http://www.enviroboite.net/isolant-le-liege>

5. Frein-vapeur ou pare-vapeur

CLASSE	MATERIAU	REMARQUES
E1 $2 \text{ m} \leq \mu d < 5 \text{ m}$	- papier kraft revêtu d'une feuille d'aluminium - carton plâtre revêtu d'une feuille d'aluminium - papier bituminé	
E2 $5 \text{ m} \leq \mu d < 25 \text{ m}$	- feuilles de matière synthétique - (PE ou PVC d'ép. > 0,1 mm) - membranes bitumineuses avec joints fermés mécaniquement (chevauchement et agrafage, par ex.)	Les joints de recouvrement doivent toujours être collés ou soudés entre eux et aux autres éléments de construction.
E3 $25 \text{ m} \leq \mu d < 200 \text{ m}$	- bitumes armés avec voile de verre et joints collés ou soudés	idem
E4 $200 \text{ m} \leq \mu d$	- bitumes armés avec métal et joints collés ou soudés (ALU 3) - pare-vapeur multicouches en bitume polymère (d'ép. $\geq 8 \text{ mm}$)	idem La classe de pare-vapeur E4 nécessite une mise en œuvre sur un support continu. Les perforations ne sont pas admises.

Source : L'isolation thermique des façades verticales - Guide pratique pour les architectes

Isover/ Saint Gobain	Stopvap	Membrane à base de polypropylène	>18 pare-vapeur
Isover/ Saint Gobain	Vario Duplex	Membrane à base de polyamide contrecollé sur un voile non tissé	0,2 – 4,5 frein-vapeur hygro-variable

Exemples de membranes associées aux complexes de doublage. Voir aussi : « Les produits d'étanchéité de l'enveloppe » – VAD/ Enviroboîte

6. Parement intérieur

Le parement intérieur peut être réalisé de multiples façons. En règle générale, il s'agit d'une contre-cloison maçonnée en brique plâtrière ou d'un placage en panneau de carton-plâtre/ gypse-fibres (<http://www.enviroboite.net/revetement-plaque-de-platre>). Se référer aux sites des fabricants concernés.

7. Finition

Selon le support, une finition en enduit, en peinture ou en papier peint peut être envisagée. Se référer aux sites des fabricants.

CARACTERISTIQUES FONCTIONNELLES

AVIS SOLIDITE / STRUCTURE

Caractéristiques	Blocs pleins	Blocs perforés	Blocs creux
Epaisseur (cm)	20	20	20
Classe de résistance	B 80	B 80	B 40
Résistance (N/mm ²)	8	8	4
Charge maximale admissible (t/ml)	20	20	10
Hauteur limite du mur correspondant à un élancement	Nominal de 15	3m	3m
	Maximal de 20	4m	4m

Diffusion à la vapeur d'eau

Bloc de béton creux de 20cm

Sd = 2m*

Isolant

Laine de roche 20 kg/m ³ - 10 cm	Sd = 0,1 m
Fibre de bois / Laine de mouton - 10 cm	Sd = 0,1 m
Ouate de cellulose 50 kg/m ³ - 10 cm	Sd = 0,1 m
Liège 2 cm	Sd = 0,2 m
Polystyrène expansé 18 kg/m ³ - 10 cm	Sd = 6 m
Polyuréthane - 10 cm	Sd = 15 m
Verre cellulaire - 10 cm	Sd = 150 000 m

Pare-vapeur/ frein-vapeur

Papier Kraft 0,5 mm	Sd = 15 m
Asphalte, bitume	Sd = 50 000 m
Verre	Sd = 50 000 m
Aluminium	Sd = infini
Film	Cf. documentations

Parement intérieur

Peinture / vernis	Sd = 0,000003 m
BA 13	Sd = 0,013 m
BA Hydrofuge	Sd = 0,013 m
BA Ignifuge	Sd = 0,013 m
Plâtre gaché serré	Sd = 0,02 m
Fermacell 12,5 mm	Sd = 0,13 m
OSB 18 mm	Sd = 4,4 m

*Source : M. Falempin « Transferts d'humidité à travers les parois en rénovation », Vertuoze MAV Lille 2013

MISE EN ŒUVRE

Pose conformément au DTU suivant le système constructif :

- DTU 20.1 (NF P 10-202) Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - parois et murs
- DTU 21 (NF P 18-201) Exécution des ouvrages en béton
- DTU 25.31 (NF P 72-202) Exécution des cloisons en carreaux de plâtre
- DTU 25.41 (NF P 71-201) Ouvrages en plaques de plâtre
- DTU 25.42 (NF P 72-204) Ouvrages de doublage et habillage en complexes et sandwiches
- DTU 26.1 (NF P 15-201) Travaux d'enduits de mortiers
- DTU 42.1 (NF P 84-404) Réfection de façades en service par revêtements d'imperméabilité à base de polymères

Maçonnerie à joints épais : La mise en œuvre s'effectue par empilement en rangs successifs des blocs de béton sur un lit de mortier appliqué à la truelle.

Blocs rectifiés à joints minces : Le mortier de pose est remplacé par un mortier colle appliqué par un rouleau.

Le bloc de béton fait partie des blocs les plus lourds, se traduisant par une manipulation difficile, une fatigue rapide des ouvriers et donc une mise en œuvre plus longue : pour la mise en œuvre d'un mètre carré de mur, il faut prévoir 182 kg de blocs de béton et environ 50 kg de mortier de pose, poids allégé lors de l'emploi d'un mortier colle pour la pose à joints minces.

Lors de la mise en œuvre, le système constructif en blocs ne nécessite que peu de coupes du fait de l'existence de blocs accessoires. Lorsqu'elle est nécessaire, la coupe est généralement effectuée par casse et non par sciage, ce qui évite la formation des particules de faible dimension. Le ciment utilisé pour la constitution du mortier de montage est un produit irritant très alcalin, nécessitant le port de gants épais pour la mise en œuvre.

Un mur en blocs maçonnés n'est pas toujours exécuté sans failles et ne constitue pas toujours une paroi suffisamment étanche, même si l'enduit extérieur joue un rôle d'étanchéité à l'air. Il serait donc prudent d'envisager un système d'étanchéité à l'air complémentaire :

- un revêtement technique (enduit à la chaux ou à base de gypse) projeté directement sur la maçonnerie et apte à recevoir un doublage isolant collé ou
- une membrane type frein-vapeur, déroulée sur sa plus grande longueur pour limiter les raccordements. La mise en œuvre de l'étanchéité à l'air doit être réalisée avec le plus grand soin pour limiter le risque de mouvements d'air convectifs à l'intérieur de la paroi.

Doublage collé : Le complexe d'isolant est fixé par plots de colle forte sur le support mural.

Doublage sur ossature : L'isolant est maintenu par des pattes de fixation, éventuellement avec rupture de pont thermique. Un vide technique pour le passage des gaines peut être aménagé entre l'isolant (éventuellement muni d'un frein-/pare-vapeur) et le parement.

Frein-/pare-vapeur :

Les raccords entre lès du pare-vapeur doivent respecter un recouvrement minimum de 5 à 10cm et être jointoyés avec des bandes adhésives. Les liaisons avec les autres éléments de construction tels que dalle, plancher ou toiture sont à traiter avec un système primaire d'accroche (spray ou liquide) et bandes adhésives. Le pare-vapeur doit toujours être placé du côté chaud de l'enveloppe et systématiquement mis en œuvre contre la dernière couche d'isolant. Aucun matériau ne doit avoir un $S_d > 18$ m après le pare-vapeur (attention donc lors de la mise en place d'une étanchéité à l'air sur la face intérieure du mur).

AVIS REGLEMENTATION / SECURITE / INCENDIE / ERP

Type de blocs	Perforés	Creux
Epaisseur	20	20
Classe de résistance	B 80	B 40
Degré coupe-feu	3h	3h
Degré de stabilité au feu	6h	6h

Tenue au feu des isolants : se référer aux fiches matériaux

Les membranes de frein-vapeur/pare-vapeur ont généralement un faible classement au feu (E ou F).

Les parements intérieurs en plâtre ou gypse (plaques ou enduits), ainsi qu'en silicate de calcium, disposent d'un classement A1 ou A2 et protègent donc efficacement les complexes d'isolation en cas d'incendie.

Dans le cas d'un emploi en ERP, les isolants doivent respecter les règles de l'art édictées par les DTU et demandent de se reporter au « Guide d'Emploi des Isolants combustibles dans les ERP », annexé à l'arrêté du 6 octobre 2004.

CONFORT ET ENERGIE

THERMIQUE

Type de blocs Epaisseur		Pleins 20	Perforés 20	Creux 20
R du mur seul (m²K/W) ép. 20cm		0.11	0.15	0.22
Epaisseur d'isolant pour Niveau BBC-RT 2012	R = 3.5 à 5.5	17 à 27 cm	15 à 24 cm	14 à 22 cm
Epaisseur d'isolant pour Niveau bâtiment passif	R = 6 à 9	0.1 à 0.17	26 à 40cm	24 à 35 cm

Les performances étant différentes selon les produits et fabricants, l'épaisseur nécessaire pour atteindre une performance donnée pourra varier.

Conductivité thermique d'un bloc béton : $\lambda = 1,05 \text{ W/m.K}$

Le bloc en béton est un élément de structure qui n'a pas vocation à assurer seul l'isolation thermique de la façade. Son impact dans le calcul de la performance thermique du mur est négligeable, de sorte qu'il convient de se référer aux données des isolants pour effectuer un choix du complexe à mettre en œuvre.

→ Voir aussi <http://www.enviroboite.net/isolant-tableau-comparatif-des-isolants> (en accès réservé aux adhérents d'Envirobot BDM)

Fabricant	Système	Isolant	Matériau	Procédé	Conductivité thermique λ [W/m.K]	Epaisseur [mm] pour R isol $\geq 3,5$	Déphasage thermique [h] pour R=5m²K/W	Classement au feu
P.M. Mur 20cm bloc béton creux enduit						R ~0,2		
XELLA		Multipor	Béton cellulaire	doublage collé	0,045	≥ 160	8	A1
Isonat		Isonat Flex 40	Fibre de bois (WF)	contre-cloison	0,04	≥ 140	8	non classé
Homatherm		Holzflex	Fibre de bois (WF)	contre-cloison	0,038	≥ 140	8-10	E
Isonat		Isonat végétal	Fibre de chanvre et coton	contre-cloison	0,041	≥ 140	5,5	non classé
Isonat		Isonat plus 55 flex	Laine de bois et chanvre	contre-cloison	0,038	≥ 140	8	non classé
Isover		Florapan plus	Laine de chanvre	contre-cloison	0,041	≥ 140		F
Rockwool		Rockplus Kraft	Laine de roche (MW)	contre-cloison	0,033	≥ 120	6	non classé
Rockwool		Labelrock	Laine de roche (MW)	doublage collé	0,035	≥ 120	6	A2-s1,d0
Isover	Optima Murs	GR 32 roulé revêtu Kraft	Laine de verre (MW)	contre-cloison			6	F
Isover		Monospace 35	Laine de verre (MW)	contre-cloison	0,032	≥ 120	6	F
Siniat	Prégymétal	selon choix	Laine minérale (MW)	contre-cloison	selon choix	selon choix	6	selon choix
SNIC		Liège expansé pur	Liège expansé (ICB)	contre-cloison	0,04	≥ 140	9	E
Eco-Logis		Lin en panneaux semi-rigides	Lin	contre-cloison	0,038	≥ 140	6	E
Isonat		Isonat Celflex	Ouate de cellulose	contre-cloison	0,038	≥ 140	8	B s2 d0 à E
Homatherm		Flex CL	Ouate de cellulose	contre-cloison	0,039	≥ 140	8	E
Batiplum		Batiplum Mur	Plumes de canard	doublage collé	0,044	≥ 160		F
Knauf		Knauf XTherm ULTRA 32 Mur	Polystyrène expansé (PSE)	contre-cloison	0,032	≥ 120	6	B-s1,d0
Knauf		Knauf Thane Mur	Polyuréthane (PUR)	doublage collé		≥ 82	4	F
Knauf	Polyplac	Polyplac A,B,C,D,E,F,G	Polyuréthane (PUR)	doublage collé	selon le cas	≥ 80	4	B-s1,d0
Siniat	Prégytherm	Prégytherm R5,35	Polystyrène expansé (PSE) graphité	doublage collé	selon le cas	$\geq 100/120$	6	Bs1d0
Siniat	Prégymax	Prégystyrène Th, Prégymax 29,5	Polystyrène expansé (PSE) graphité	doublage collé	selon le cas	≥ 120	6	A2s1d0
Naturlaine		Panneaux semi-rigides	Laine de mouton	contre-cloison	0,035-0,042	≥ 140	4-5	F
BPB Placo	Placomur® Maison	Placomur® Maison	Polystyrène expansé (PSE)	doublage collé	0,03-0,032	≥ 120	6	B-s1, d0
BPB Placo	Doublissimo®	Doublissimo®	Polystyrène expansé (PSE)	doublage collé	0,032	≥ 120	6	B-s1, d0
BPB Placo	Placotherm®	Placotherm®	Polystyrène expansé (PSE)	doublage collé	0,032	≥ 120	6	B-s1, d0

Valeurs de déphasage thermique indicatives, variant selon les sources

Inertie thermique

La position intérieure de l'isolant prive l'espace intérieur de l'inertie du mur maçonné. Le transfert de température depuis l'extérieur est freiné par l'inertie du bloc béton, mais ce déphasage n'excède pas 5h environ (le plus faible des maçonneries porteuses). Le choix de l'isolant et du parement intérieur est donc crucial, notamment pour le confort d'été : les isolants minéraux et synthétiques offrent un faible déphasage (autour de 4 à 6h), générant rapidement des surchauffes.

L'inertie d'un local peut être améliorée en privilégiant des isolants et les finitions dont la diffusivité est basse et l'effusivité élevée (enduits à l'argile, à la chaux, mélange chaux-chanvre) et en apportant de l'inertie par les cloisons (béton, briques, terre crue).

Ponts thermiques

L'isolation par l'intérieur génère des points faibles de ponts thermiques aux liaisons toiture/murs, murs/dalle, fenêtres/murs et plancher intermédiaire/murs qui se traduisent par une perte d'environ 20% en résistance thermique. La mise en œuvre de retours d'isolant, ainsi que de rupteurs de pont thermique apportent une solution.

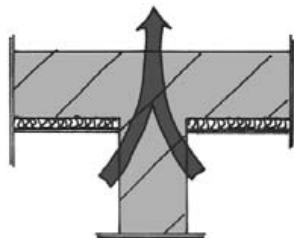
La résistance thermique de l'ensemble parpaing (20cm) + PSE (8cm) + plaque de plâtre (1cm), sans prendre en compte les déperditions dues aux ponts thermiques est : $R = 2,34\text{m}^2.\text{K/W}$: résultat assez faible pour un confort d'hiver faible.

Un déphasage d'environ 6h procure un confort d'été également insuffisant.

A cela s'ajoute la durée de vie du PSE relativement courte: le PSE se désagrège au fil du temps, libérant du i-pentane. Il est sensible aux rongeurs, dont les galeries entraînent une baisse considérable de la résistance thermique.

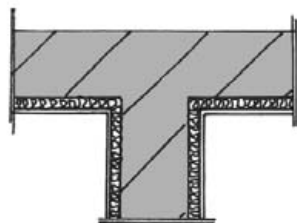
Intersection entre le mur extérieur et le mur de refend (vue en plan)

Extérieur



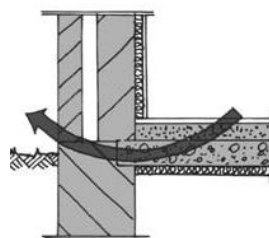
Intérieur

Extérieur

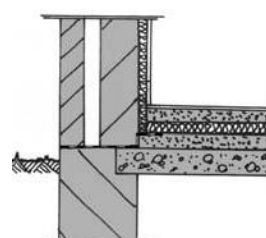


Solution éventuelle : retour d'isolant sur 50-60cm (à vérifier au cas par cas), idem sur les deux faces planche

Intersection entre le mur extérieur et la dalle de sol (vue en coupe)

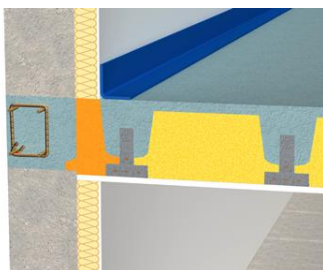


Intérieur
Solution imparfaite

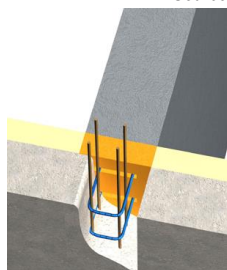


Solution complète

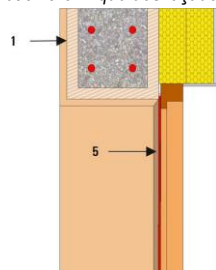
Source : L'isolation thermique des façades verticales - Guide pratique pour les architectes



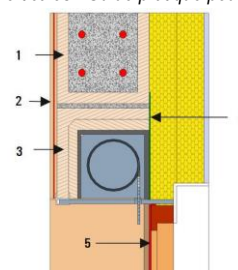
Emplacement rupteur de pont thermique avec bande d'étanchéité entre doublage et plancher



Rupteur de pont thermique jonction mur-façade



Pose des menuiseries



Source : Mise en œuvre des rupteurs de ponts thermiques sous avis techniques – Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012

→ Voir aussi <http://www.enviroboite.net/structure-rupteurs-de-ponts-thermiques> (en accès réservé aux adhérents d'Envirobot BDM)

COMPOTEMENT HYGROTHERMIQUE

Risque de condensations superficielles et risque de moisissure

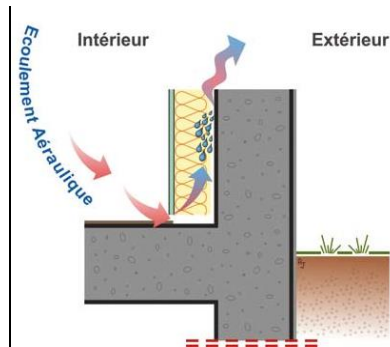
L'isolation se trouve sur la face intérieure du mur, qui reste ainsi froid en hiver et chaud en été. L'eau migre vers le côté froid (moindre pression) par diffusion (vapeur d'eau) ou capillarité (condensat, humidité du matériau). Le point de rosée se trouve à l'intérieur du mur pendant plusieurs mois de l'année.

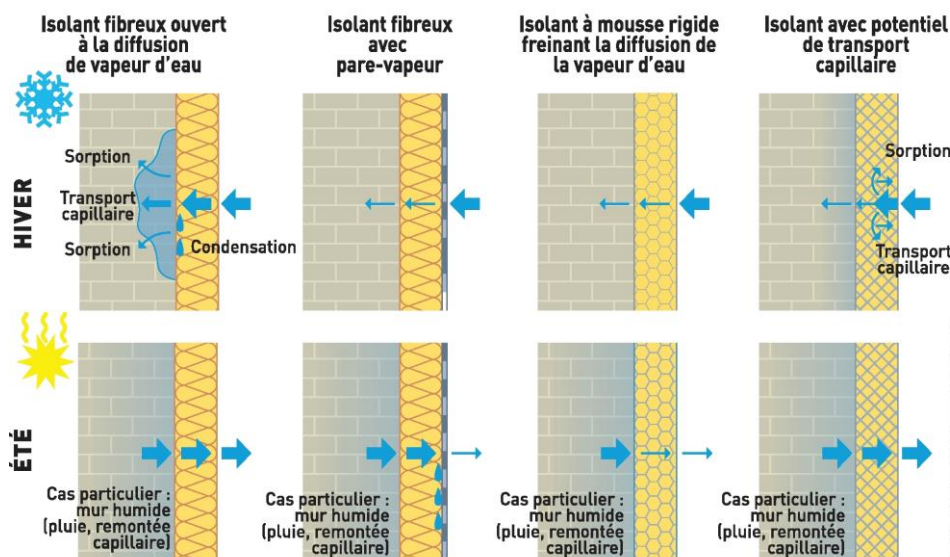
Flux au sein d'une paroi

- 1 Agression extérieure par les intempéries : dégradations dues au gel ou aux dilatations de maçonnerie
- 2 Remontées capillaires provenant du sol
- 3 Mouvements d'air aux points singuliers : condensations internes par convection (le long des poutres, boîtiers électriques, jonctions paroi horizontale/verticale...)
- 4 Eau contenue dans les matériaux
- 5 Mouvements de vapeur d'eau : risque de condensation par diffusion



Source : ADEME/ Région Rhône-Alpes





Hiver : L'air intérieur humide tend à migrer vers la face extérieure froide du mur. Le point de rosée se trouve entre le mur et l'isolant, ce qui peut engendrer la détérioration du mur, notamment des aciers.

Été : L'air chaud chargé d'humidité migre de l'extérieur du mur vers l'intérieur plus frais. En présence d'un pare-vapeur, la vapeur d'eau est bloquée et condense dans l'épaisseur de l'isolant, qui se gorge d'eau et perd ainsi une grande partie de sa capacité d'isolation, ou directement sur la face du pare-vapeur (développement de moisissures).

Source : AQC/Fraunhofer IBF

Illustration ABCTherm de l'Agence celle de Fraunhofer IBF

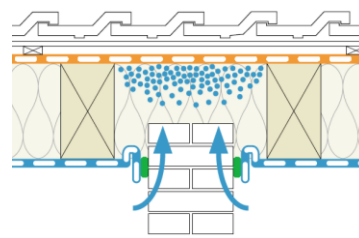
Un frein-vapeur hygro-réglable peut apporter une solution. Il est important de respecter la règle des 5/1, à savoir une diffusivité augmentant progressivement de l'intérieur vers l'extérieur (la couche extérieure étant 5 fois plus diffusive que celle à l'intérieur). En cas de condensation, il faudra pouvoir évacuer cette eau rapidement, afin de ne pas engendrer des dégâts durables. Une solution peut être la continuité capillaire des éléments constitutifs de la paroi, qui est le plus souvent atteinte par l'utilisation de matériaux capillaires collés ou comprimés.



Moisissures par condensation superficielle



Moisissures sur la face intérieure du pare-vapeur (condensation estivale)



Pare-Pluie $S_d=50\ 000$, Pare-Vapeur, $S_d = 18$
L'humidité reste bloquée à l'intérieur

Source : région Wallonie, Guide Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques pleines

Source : M. Falempin

En complément, une bonne ventilation est indispensable, afin d'évacuer rapidement l'humidité des pièces, d'autant plus quand le transfert d'humidité à l'intérieur du mur est compromis et aucun effet tampon ne permet de stocker temporairement l'humidité.

Une seconde possibilité est la mise en œuvre d'un enduit isolant et perspirant sur la face extérieure du mur, ce qui augmente la température du mur en hiver et l'abaisse en été. Le point de rosée se déplace vers l'extérieur.

- Isolants à bonne régulation hygrométrique (effet tampon) : fibre de bois, laine de chanvre, laine de lin, panneau de silicate de calcium
- Isolants nécessitant un frein-vapeur/pare-vapeur : laine de verre, laine de roche, ouate de cellulose, laine de mouton,...
- Isolants faiblement hygroscopiques : liège expansé, polystyrène, ...
- Parements intérieurs à bonne régulation hygrométrique : bois massif, panneaux en gypse cellulose, panneaux en terre/enduit terre, panneaux denses de fibres de bois (avec enduit perspirant), ...
- Finitions à bonne régulation hygrométrique : papier peint, papier grain, peinture à la chaux, tissus naturels, ...

Conception avec un isolant hygroscopique

- Ne jamais employer ces matériaux dans les locaux classés 4 ou 5 en production d'humidité (nécessite une analyse).
- Éviter ces matériaux sur des murs non ensoleillés, à la pluie (le mur ne pourra jamais se décharger).
- Mettre en place, sans défaut, un pare-vapeur $S_d > 18\text{ m}$ / un frein-vapeur hygrovariable, en cas dans le premier tiers de l'isolant.
- Les panneaux préfabriqués (ex : Doublissimo, panneaux sandwichs etc...) sont classés en trois catégories de résistance à la vapeur d'eau $P_3 > P_2 > P_1$: toujours choisir les panneaux P3, mais privilégier une solution de doublage sur ossature.
- Stocker horizontalement les complexes ou les plaques, à l'abri des intempéries, des chocs et salissures.
- Mise en œuvre de l'ITI après réalisation de l'enduit extérieur, des ouvrages adjacents comportant un enduit (cloison de distribution, plafond enduit au plâtre) et le passage des gaines.

(Source : M. Falempin)

- Pour les isolants fortement perméables à la vapeur et de faible densité, comme la cellulose ou la laine minérale, l'utilisation d'une membrane de régulation de la vapeur est vivement conseillée du côté intérieur, surtout pour un climat intérieur humide (les risques sont légèrement plus faibles pour un matériau isolant possédant un volant hygroscopique plus élevé comme la cellulose).
- Pour une perméabilité moyenne équivalente, il est préférable de choisir une membrane à perméabilité variable qui donne de meilleurs résultats.
- Plus l'isolant ou la membrane sont fermés à la vapeur, plus il est conseillé de protéger le mur des intempéries ;
- La pose d'un enduit étanché à l'extérieur entraîne des problèmes d'accumulation d'humidité dans le mur. Si cette couche étanche ne peut être évitée, il faut s'assurer de la pérennité de son pouvoir d'étanchéité à l'eau et envisager une couche (isolant ou membrane) très peu perméable à la vapeur du côté intérieur.

Source : « Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques pleines », Région Wallonne

Durée de séchage

Le mur en blocs de béton est mis en œuvre avec un mortier de ciment, dont la charge en eau peut cependant être réduite jusqu'à 90% avec des blocs à joints minces. Dans le procédé habituel des joints épais, la teneur en eau occasionne une durée de séchage de plusieurs mois. Les délais de chantier ne laissent généralement pas le temps nécessaire pour un assèchement suffisant des murs. Les délais de séchage augmentent par ailleurs avec le carré de l'épaisseur du matériau, ce qui renforce d'autant l'impact des épaisseurs plus importantes des isolants épais mis en œuvre pour satisfaire aux exigences de la RT 2012.

Étanchéité à l'air

La mise sur le marché de dispositifs d'étanchéité à l'air sous forme de membrane ou d'enduit destiné à la face intérieure de la maçonnerie a été l'occasion de tester en 2012 les performances d'étanchéité à l'air des maçonneries dans le cadre du Programme de Recherche Développement Métier. L'ensemble des résultats obtenus montre qu'une paroi maçonnée enduite à l'extérieur peut être considérée comme étanche à l'air et que cette performance est indépendante de la nature du matériau de maçonnerie testé, du type de montage (joints minces ou épais) et du remplissage ou non-remplissage des joints verticaux. Il paraît superflu de prévoir des dispositifs supplémentaires d'étanchéité à l'air (deuxième enduit intérieur, films plastiques...) pour l'atteinte de l'objectif réglementaire. Cependant, une mise en œuvre peu soignée peut invalider ce constat, raison pour laquelle certains fabricants ont mis au point des procédés pour améliorer l'étanchéité à l'air des parois extérieures.

ACOUSTIQUE

Type de blocs Épaisseur	Creux 20
Rw (C;Ctr) bloc seul	54 (-3 ; -5) dB
Rw (C;Ctr) bloc avec enduit ciment 15mm	55 (-1; -4) dB
Rw (C;Ctr) bloc avec enduit ciment 15mm et isolation PSE Th38 collé	58 (-3; -8) dB

Efficacité aux bruits aériens d'un complexe PSE Th 38 seul : $\Delta R_w + C = + 1$ dB
 $\Delta R_w + C = - 1$ dB

Mur parpaings creux 200 mm enduit et isolé avec LABELROCK bidensité 10 + 80 mm
66 (-4 ; -11) dB

L'affaiblissement acoustique est considérablement amélioré par le complexe d'isolant intérieur (masse-ressort-masse), de sorte que des valeurs d'affaiblissement acoustique supérieures à 65dB sont courantes, notamment avec des isolants fibreux à pores ouverts.

VISUEL

L'apparence est déterminée par les matériaux employés et la finition choisie.

OLFACTIF

Bloc de béton : Le bloc de béton seul ne dégage pas de COV. Son odeur "froide" est caractérisée par celle du ciment.
Isolants : Parmi les isolants, la laine de mouton peut présenter temporairement une odeur caractéristique, mais qui s'estompe vite. Les isolants végétaux peuvent présenter une faible odeur rappelant la résine ou l'herbe séchée. Comme les isolants sont recouverts d'un parement, l'impact n'est pas notable. Certains isolants synthétiques peuvent dégager des COV (voir fiches ressources).

APPROCHE FINANCIERE

INVESTISSEMENT A TITRE INDICATIF (12/2014)

Bloc béton (20x20x50cm) environ 12 €/m ² (6.50€ bloc seul)	PSE+plaque de plâtre	20€/m ²
Complexe de doublage d'isolation thermique, prix moyen	Liège expansé	50€/m ²
Laine de verre	PU +plaque de plâtre	35€/m ²
Laine de roche	Laine de mouton	35€/m ²
Fibre de bois		

Bloc béton : Les qualités d'un matériau minéral sont nombreuses et pratiques en termes d'entretien : le bloc béton s'avère ininflammable et incombustible (A1). Il est également inaltérable et ingélique, et demeure le seul matériau maçonné sans enduit à être autorisé en soubassements. Enfin, imputrescible et inoxydable, il ne demande aucun entretien. De plus, il est insensible à la vermine, contrairement aux matériaux de construction d'origine organique.

PRESENTATION GRAPHIQUE



Doublage collé en PSE graphité
Source : BPB Placo



Enduit projeté d'étanchéité à l'air
weber.mur int'air Source : Saint-Gobain



Isolation en plumes de canard



Membrane Opt'Air Source : Isover



Fixation à rupture thermique

CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES

ORIGINE DES PRODUITS (NATURELLE, SYNTHETIQUE, RECYCLAGE)

Le bloc béton est constitué de 94 % de granulats et ciment et de 6 % d'eau. Les sables et graviers sont extraits de rivières et carrières et constituent la matière première la plus consommée en France.

Pour sa fabrication, le ciment nécessite beaucoup d'énergie grise. Parmi les postes les plus significatifs du point de vue de la consommation d'énergie pour 1m³ de béton, le ciment consomme à lui seul 1.58GJ, quand le sable et les granulats n'en consomment que 0.27. A cela s'ajoutent les impacts des cimenteries, des gravières et carrières de sable sur les paysages.

→ pour les isolants, voir aussi <http://www.enviroboite.net/isolation-generalites-problematiques-innovation>

CARACTERISTIQUES SANITAIRES ET SANTE (MICRO-ORGANISME, EMISSION COV, RADIOACTIVITE, FIBRES...)

Le béton présente une forte capacité d'absorption et de désorption d'eau pour des humidités relatives comprises entre 20 % et 80 %, ce qui entraîne une diminution de son pouvoir isolant. Cette humidité n'est pas à l'origine de développement de moisissures, en raison des propriétés hautement alcalines du béton.

La mise en œuvre du bloc de béton ne génère pas d'exposition aux COV, mais à la « galle du ciment » à l'origine de dermatose et d'asthme du à la présence de chrome VI (cancérogène) dans le ciment des mortiers. Composé exclusivement de ressources minérales, le bloc béton n'émet pas de COV ou substances toxiques dans l'atmosphère.

La teneur en radioéléments est variable en fonction des granulats employés (plus importante avec granit et pierre ponce).

Le bloc béton ne dégage pas de fibres, mais des poussières de silice lors de sa mise en œuvre. Celles-ci peuvent générer la silicose.

La présence de ciment peut présenter un risque de dermatite lors de la pose. Lors de celle-ci, la sciure des blocs peut également être dangereuse suite à l'émission de poussières fines (<5µm) pouvant pénétrer dans les alvéoles pulmonaires.

Au niveau des isolants, le PSE présente une inertie chimique et bactériologique pour les occupants, par contre sa fabrication dégage du pentane et lors de sa mise en œuvre du styrène (gaz neurotoxique), Il est facilement dégradé par les rongeurs. En cas d'incendie, le polystyrène libère du dioxyde et du monoxyde de carbone (gaz mortel).

Le polystyrène expansé Ultra Th de couleur argent est additionné de nanoparticules argentées introduites dans la matrice polymère afin de l'opacifier et améliorer la performance thermique de l'isolant par réflexion. Ces nanoparticules sont susceptibles de pénétrer dans les organes internes.

Pour de plus amples informations concernant l'impact sanitaire des isolants, se référer aux fiches matériaux citées plus haut.

ELEMENTS D'ACV (CONTEXTE LOCAL, RECYCLAGE)

La production des blocs de béton consiste à faire durcir les agrégats avec l'eau et le ciment dans une presse. Composé de matière minérale, les déchets du bloc en usine sont immédiatement réutilisés pour être moulés à nouveau. Il n'y a donc en phase de fabrication aucune perte. Tout est réutilisé en interne. Il existe en France plus de 400 sites de production de ces blocs, permettant une bonne distribution locale. Seul un cerclage assure une sécurité optimale de la palette qui n'a nul besoin d'emballage complémentaire. Les palettes de conditionnement sont également récupérées afin d'être réintroduites dans le cycle de distribution des produits.

L'industrie des cimenteries est très polluante : énergie grise importante pour faire chauffer l'argile et le calcaire à 1450 °C et ajouts d'additifs à base de chrome VI (cancérogène).

Recyclage

L'élimination des blocs de béton seuls (sans isolant) est possible en centre de stockage de classe 3 pour déchets inertes, Cette élimination pose cependant problème lorsque l'isolant ne peut être décollé du bloc de béton. Les blocs béton sont recyclables en gravats ou en éléments de base pour la préfabrication de blocs béton. Les gravats de chantier de déconstruction constitués de blocs béton sont actuellement réutilisés en remblais autoroutiers, un secteur en plein essor.

Le CERIB (Centre d'études et de recherche de l'industrie du béton) a fait réaliser une fiche de caractéristiques environnementales et sanitaires du mur en maçonnerie de blocs en béton selon la norme XP P 01-010 d'octobre 2003 : (valeurs établies pour 1 m² de mur pendant toute la durée de vie)

Consommation de ressources énergétiques	164 MJ
Consommation d'eau	80 l
Consommation de ressources non énergétiques :	255 kg
Production de déchets inertes	232 kg
Pollution de l'air	1 370 m ³
Pollution de l'eau	19 m ³
Changement climatiques	18 kg équivalent CO ²

Le bloc béton est composé de matières non renouvelables mais disponibles en très grandes quantités et à peu près partout. De plus, il n'est pas très énergivore lors de son cycle de vie car il est formé par compression électrique (environ 250 kWh/m³) cf. FDES.

NUISANCES (EMBALLAGE, DECONSTRUCTION, DECHETS, TYPES DE DECHETS)

Les blocs de béton sont conditionnés sur des palettes en bois recyclables. Les déchets de mise en œuvre et de déconstruction, s'ils ne sont pas associés à d'autres matériaux, peuvent être éliminés en centre de stockage de classe 3 pour déchets inertes.

Un calepinage permet de réduire les déchets de construction du complexe isolant PSE / plaque plâtre.

Pour les déchets de démolition ou de déconstruction, il n'existe pas de solution économiquement viable pour recycler les complexes d'isolation plâtre /PSE. Ils peuvent être éliminés en centre de stockage de classe 2.

Les contre-cloisons sont constituées d'éléments séparés et ainsi plus facilement séparables. Les isolants végétaux peuvent aisément être recyclés.

FILIERE LOCALE

Les granulats (gravier et sables) et le ciment sont des matières premières largement disponibles sur le territoire et souvent issues de carrières limitrophes. La masse du produit et son faible coût imposent un transport minimal : les carrières sont en moyenne situées à 50 km des usines, et les sites de production se trouvent généralement à moins de 50 km des chantiers avec un maillage homogène et complet du territoire. Ainsi, on peut trouver près de 400 sites industriels fabricant des blocs sur la globalité des départements français. Pour plusieurs sites, le transport fluvial est utilisé. C'est le cas sur la région lyonnaise (Saône) et à Paris (Seine). D'autres usines ont encore choisi la voie ferrée (Nord Pas de Calais).

ENTRETIEN MAINTENANCE

En condition normale d'utilisation, le mur en maçonnerie de blocs en béton ne nécessite aucun entretien. Le coût de maintenance est extrêmement faible et se limite à l'entretien des traitements de surface (enduits, peintures).

CONCLUSION

Le procédé constructif en blocs de béton est encore largement répandu, mais paraît désormais plus adapté à la rénovation énergétique qu'à la construction neuve : le positionnement de l'isolation côté intérieur empêche un apport d'inertie pour la régulation de la température intérieure. Un mauvais comportement hygrothermique génère un climat intérieur peu confortable, nécessitant en complément une ventilation performante. Les épaisseurs importantes d'isolant retardent l'assèchement de la paroi. Le risque de formation de moisissures est très présent en raison du risque de condensation dû à la position intérieure de l'isolant, et de nombreuses pathologies ont pu être observées lors de la mise en œuvre des complexes répondant aux exigences de la RT 2012. Une étude approfondie de chaque cas particulier est fortement recommandée, notamment concernant le choix d'un éventuel frein-vapeur.

Selon le choix du doublage, le bilan environnemental peut s'avérer très défavorable. Avec les nouvelles exigences des réglementations thermiques et la mise en œuvre de rupteurs de pont thermique onéreux, le coût de revient d'une paroi isolée par l'intérieur se rapproche sensiblement d'autres solutions thermiquement plus performantes et plus simples à mettre en œuvre, tout en nécessitant l'exécution d'une multitude de tâches à effectuer avec grand soin. L'intérêt économique de ce système tend donc également à se relativiser.

BIBLIOGRAPHIE

- « **Le guide de l'habitat sain** », Drs Suzanne et Pierre DEOUX, Medieco Editions
- « **La conception bioclimatique** », JP OLIVA ; Samuel COURGEY, Ed. Terre vivante
- « **Construire sain** », Guide à l'usage des maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre pour la construction et la rénovation, République Française
- « **Guide des matériaux isolants** », Région Lorraine/ADEME
- « **Guide des matériaux isolants pour une isolation efficace et durable** », Région Alsace/ADEME
- « **Les condensations dans les logements après isolation** », Fiche pathologie n°94, AQC Agence Qualité Construction
- « **Perméance des façades à la vapeur d'eau** », AQC Agence Qualité Construction
- « **Bâtiments performants - Quatre années de retours d'expérience de l'AQC** » Revue Qualité Construction Spécial Bâtimat 2013
- « **Maçonneries isolantes avec isolation thermique par l'intérieur ou répartie** », Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012
- « **Mise en œuvre des rupteurs de ponts thermiques sous avis techniques** », Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012
- « **REX-Retours d'expériences - Bâtiments performants et risques** », Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012, rapport oct 2014
- « **Migration de vapeur d'eau et risque de condensation dans les parois** », Dossier technique VAD
- « **Maîtrise des transferts d'humidité dans les parois** », ADEME/ Région Rhône-Alpes
- « **Transferts d'humidité à travers les parois** », Guide CSTB
- « **L'isolation thermique des façades verticales - Guide pratique pour les architectes** », Région Wallonne
- « **Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques pleines** », Région Wallonne
- « **Les parois respirantes** », La Vieille Montagne

Documentations et sites fabricants

