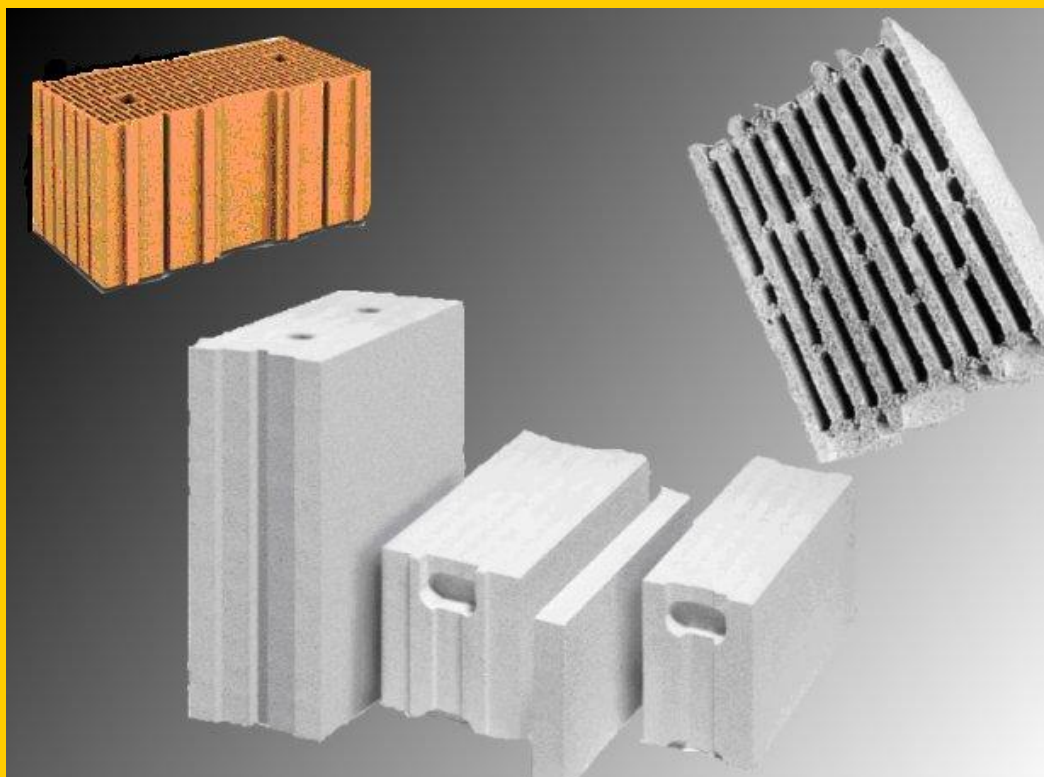




Guide de choix des éco-matériaux "Le gros-oeuvre"














Sommaire

WSOMMAIRE	1
SOMMAIRE	2
GRILLE DE LECTURE	3
INTRODUCTION	3
CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX	5
LES MATERIAUX DITS « TRADITIONNELS » A UTILISATION COURANTE ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
BLOC BETON CONVENTIONNEL (PARPAING)	6
LA BRIQUE DE TERRE CUITE	8
LES BLOCS A ISOLATION REPARTIE DITS « MONOMURS »ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
MONOMURS TERRE CUITE	10
MONOMURS BETON CELLULAIRE	12
<i>Bloc chanvre/chaux</i>	14
MONOMURS EN BETON LEGER (PIERRE PONCE)	16
BRIQUES ET BLOCS DIVERSERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
PARPAINGS EN BOIS MASSIF	17
BRIQUES DE TERRE CRUE COMPACTEE	19
ANNEXES	21
PLUS DE PRECISIONS AU SUJET DES BLOCS A ISOLATION REPARTIE (MONOMURS)	22
<i>A. Les monomurs de terre cuite</i>	22
<i>B. Le béton cellulaire</i>	24
<i>C. Les blocs de béton léger</i>	25
SOURCES	27

Grille de lecture

Dans ce guide de choix, les matériaux analysés seront caractérisés selon plusieurs critères représentés par les symboles ci-dessous :

Symbole	Signification
	Brève présentation du produit
	Destination/utilisation
	Recyclage
	Avantage du produit
	Inconvénient du produit
€	Coût
	Impacts sanitaires
	Durabilité
	Performances techniques
	Comportement à l'eau
	Comportement au feu
	Normes DTU
Marques commerciales	Marques vendant ce type de matériau

Introduction

Les matériaux utilisés pour le gros-œuvre ont pour but premier la fonction porteuse ; c'est-à-dire de supporter le bâtiment et en assurer la durabilité grâce notamment à leurs performances techniques (résistance à la compression, au fléchissement, à la traction....)

Le gros-œuvre comporte des filières différentes : la filière sèche (ossature bois ou métallique) et la filière humide (blocs maçonnés, béton, ciment...). Avant la première guerre mondiale, les artisans français étaient largement orientés filière sèche (50.000 charpentiers avant 1914) ; au lendemain du conflit et après de lourdes pertes de main d'œuvre dans le domaine du bâtiment, l'appel est alors fait aux maçons italiens et portugais qui maîtrisent la filière humide. Après la seconde guerre mondiale, dans le cadre du plan Marshall, les Etats-Unis importent en France la solution miracle (à l'époque) : le bloc béton ou plus communément appelé « parpaing », matériau cumulant une pose rapide et un faible coût.

Depuis les années 70 et surtout après le premier choc pétrolier (augmentation du prix de l'énergie), le parpaing se voit associé à une couche d'isolant rapportée dans une problématique d'économie d'énergie non renouvelable.















Au fur et à mesure, naissent de nouvelles idées permettant d'accroître les économies d'énergie : l'idée d'associer en un bloc la structure porteuse et l'isolation ; ce fut la naissance des monomurs à isolation répartie. Dans le même temps, les pays nordiques favorisent l'isolation médiane et extérieure (principe du mur manteau) limitant les phénomènes de ponts thermiques et favorisant l'inertie intérieure.

Des améliorations sont continuellement apportées par rapport à la composition du matériau, à la façon de le mettre en œuvre, à sa structure etc. On assiste également à un retour aux techniques ancestrales comme la construction terre/paille ou en terre crue.

Toutes ces nouvelles ou anciennes techniques revisitées permettent à la structure porteuse de l'habitation de jouer un rôle technique « mécanique » mais également de régulation thermique (confort d'été/confort d'hiver) et hygrométrique, en réalisant au final de gros progrès en termes d'économie d'énergie, de confort et de moindre impact sur l'environnement.

Caractéristiques des matériaux

Pour évaluer leur efficacité en termes de confort d'hiver ou d'été, les matériaux d'isolation présentent plusieurs caractéristiques techniques en fonction de leur performance. Le tableau suivant présente un bref descriptif de chacune des caractéristiques essentielles.

Confort	Symbole	Nom	Définition
	λ (W/m.K)	Conductivité thermique	Capacité à conduire la chaleur (moins λ est élevé, plus le matériau est isolant)
	R (K/W)	Résistance thermique	En fonction de l'épaisseur, R détermine le pouvoir isolant du matériau (plus R est élevé plus le matériau est isolant)
	U (W/m ² .K)	Coefficient de déperdition surfacique	Pouvoir isolant d'une paroi composée de plusieurs matériaux (plus U est faible, plus la paroi est isolante).
 	b (Wh ^{0,5} /m ² .K)	Effusivité thermique	Vitesse de réchauffement d'un matériau. Plus b est élevé, plus le matériau peut stocker de chaleur sans se réchauffer.
 	pC (Wh/m ³ .K)	Capacité thermique	La capacité d'un matériau à stocker la chaleur (plus Pc est élevé, plus le matériau peut stocker de calories avant que sa température ne s'élève).
	a (m ² /h)	Diffusivité thermique	La vitesse de déplacement des calories dans les matériaux. Le déphasage augmente quand « a » devient plus faible.
 	I (Wh/m ² .K)	Inertie thermique du matériau	Capacité du matériau à stocker les calories. Plus I est élevé, plus le matériau peut stocker de chaleur. Pour calculer l'inertie d'une paroi, il suffit d'additionner l'inertie apportée par chaque matériau.
 	D (heures)	Déphasage thermique	Temps nécessaire pour que les calories arrivées d'un côté de la paroi (par rayonnement solaire par exemple) traversent cette paroi (flux de chaleur).
 	P (kg/m ³)	Densité ou masse volumique	Plus la densité est élevée, plus il y a de matières isolantes au m ³ de produit, moins il y a d'air, moins le matériau est isolant l'hiver (confort thermique d'hiver) mais plus il protège contre la surchauffe d'été. A l'inverse, plus la densité est faible, moins il y a de matière, plus il y a d'air, plus le matériau est isolant l'hiver (confort thermique d'hiver) mais moins il protège de la surchauffe d'été.
	μ (coefficient « mu »)	Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau	Il indique le facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau, soit la capacité de « respiration » de l'isolant. Plus μ est élevé, plus le matériau freine la diffusion de vapeur d'eau, plus il est « étanche ».














Confort d'été














Confort d'hiver






Bloc béton conventionnel (parpaing)

	Le bloc béton, parpaing ou moellon arrivé tout droit des Etats-Unis après la 2 ^{nde} guerre mondiale, pour une reconstruction rapide et économique, il est composé de granulats à 87%, de ciment à 7% et de 6% d'eau, le mélange est moulé. Actuellement, il existe environ 350 fabricants de parpaing en France.
	Le parpaing sert à la construction de murs porteurs et de cloisons.
	Recyclable en gravats ou éléments de base pour la refabrication de blocs béton.
	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/m ³). cf : FDES
	Coût faible (cf : €)
	La pose du bloc béton s'effectue conformément aux DTU n°20.1.
	Le béton n'isole que très peu des bruits environnants. Il peut même produire une acoustique réverbérante.
	Le bloc béton se maçonne traditionnellement avec un mortier également à base de ciment. Ce dernier empêche néanmoins le mur de « perspirer » et rend le mur imperméable. De plus, l'hygroscopicité du bloc béton impose la pose d'un enduit hydrofuge mais limite la migration de la vapeur d'eau. De ce fait, l'usage d'une VMC est obligatoire afin d'éviter tout développement bactérien ou fongique et /ou dégradation technique de l'enveloppe. (cf : )
	Performances thermiques moyennes : du fait de sa structure peu poreuse, le bloc béton n'isole que très peu thermiquement. Il présente également une inertie moyenne. La pose de blocs en béton ne suffit donc pas dans la constitution d'une paroi isolée (performances thermiques répondant aux normes de la réglementation thermique) et nécessitera donc la pose d'une isolation apportée.
	Sur une base des prix 2008, pour 1m ² de mur en parpaing, il faut compter : 22€ de blocs (2,20€/bloc avec 10 blocs au m ² , 6,30€ de mortier et 38€ de main d'œuvre. Coût total fourni/posé : 66€/m² HT hors isolant.
	- 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.

+	<p>- Composé exclusivement de ressources minérales, le bloc béton n'émet pas de COV ou substances toxiques dans l'atmosphère.</p> <p>- La présence de ciment dans les blocs et le mortier et la pose d'un enduit hydrofuge limitent la perspiration des murs : sans ventilation efficace, des moisissures ou autres organismes nocifs pour l'être humain peuvent se développer. Il faut savoir que près de 80% des maisons neuves individuelles sont fabriquées à partir de blocs béton et une maison sur trois en France n'est pas ventilée...</p>
⌚	<p>Le bloc béton possède une Durée de Vie Typique (DVT) estimée à 100 ans – Résistant à 20 tonnes par mètre linéaire</p>
—	<p>$\Lambda = 0,9$ pour une densité de 850 kg/m^3 D : 4,6h pour une épaisseur de 20 cm (4,35 cm/h)-U= 4,80</p>
💧	<p>Le bloc de béton est hygroscopique car ses agglomérats ne sont pas jointifs partout. La pose d'un enduit est donc nécessaire pour hydrofuger le bloc. Attention au choix de l'enduit qui pourra par la même occasion réduire la perméance du mur. Coefficient « mu » d'hygroscopicité = 5 à 10 (bloc seul).</p>
🔥	<p>Le bloc béton est classé M0 au comportement au feu (incombustible).</p>
⚖️	
<p>Marques commerciales</p>	<p>BlocAlians Site Blocalians</p>

La brique de terre cuite

	<p>Historiquement, la brique de terre cuite est un matériau des terres du Nord, argileuses. Le mélange est ensuite humidifié, extrudé et coupé pour obtenir le format de la brique. Le bloc est séché et cuit à 900°C pendant une dizaine d'heure.</p>
	<p>La brique de terre cuite peut être utilisée pour la réalisation de la structure porteuse mais aussi pour la construction des cloisons intérieures et murs accumulateurs de chaleur.</p>
	<p>La brique de terre cuite est recyclable à 100% (gravats, terre battue, remblais...)</p>
	<p>La matière première entrant dans la composition des briques de terre cuite est non renouvelable mais naturelle et disponible en très grande quantité (argile).</p>
	<p>Coût modéré (cf : €)</p>
	<p>La brique est un matériau commun et considéré comme traditionnel, mais doit être posée par une main d'œuvre qualifiée.</p>
	<p>Du fait, de sa densité la brique de terre cuite est intéressante pour son inertie thermique (confort d'été)</p>
	<p>Le procédé de fabrication est très consommateur en énergie : 696 kWh/m³, du fait de la cuisson au gaz naturel et la fabrication de la céramique).</p>
	<p>La brique de terre cuite si elle est très résistante naturellement ne suffit pas dans la constitution d'une paroi à assurer l'isolation thermique de l'habitat. Il est indispensable de poser une isolation rapportée.</p>
	<p>Pour une paroi de 10,5 cm d'épaisseur sur 1m² : 47€ de brique (en comptant 0,65 € par brique), 4,50 € de mortier et 67 € de main d'œuvre.</p>
	<p>100% minérale, la brique de terre cuite ne présente pas de risques d'émissions de COV Du fait de sa propriété de bon régulateur hygrométrique, la brique de terre crue contribue à conserver une atmosphère saine au sein de l'habitation</p>











	Très bonne résistance dans le temps, résistance à la compression 5 à 8 mPa
	$\lambda=0,5$ à $0,96$ pour une densité de 1200 à 2000 kg/m^3 $pC=500$. Déphasage d'accumulation/ restitution de $4,06\text{h}$ pour une paroi de 11 cm soit une vitesse de propagation de $2,71 \text{ cm/h}$.
	Bon régulateur hygrométrique Coefficient « mu » d'hygroscopicité = 8 à 13
	Classé M0 (incombustible), en cas d'incendie la brique de terre cuite n'émet pas de gaz toxique
	
Marques commerciales	Briqueteries du nord Site SA Briqueteries du nord Briqueteries LAMOUR Site briqueterie LAMOUR Briqueterie d'Alonne Briqueterie Bar & Frères









Parmi les trois types d'isolation possibles (par l'intérieur, par l'extérieur et répartie), l'isolation répartie consiste à combiner la totalité des besoins en isolation au gros œuvre et éviter la nécessité de pose d'un isolant rapporté.

Les matériaux utilisés pour construire et isoler sont donc des matériaux à la fois résistants à la compression (qui permettent notamment la construction sur un ou plusieurs étages, mais également isolants thermiquement via l'air qu'ils emprisonnent. Les blocs dits « monomurs » sont intéressants au niveau thermique non seulement de par leur structure mais aussi de par leur système de pose (différent de celui utilisé pour les murs parpaings traditionnels).













Il existe trois types principaux de blocs monomurs utilisés pour l'isolation d'un habitat : les briques de terre cuite alvéolaires, le béton cellulaire et les blocs de béton léger.






Monomurs terre cuite

?	La brique de terre cuite alvéolée est constituée par un mélange de terre et d'argile. Des adjuvants (billes de polystyrène recyclé ou des sciures de bois) sont souvent utilisés et ajoutés au mélange afin d'ajouter une porosité supplémentaire à la structure en terre cuite (ces éléments sont sublimés lors de la cuisson ce qui contribue à l'obtention d'un nombre plus important de pores remplies d'air.) Ce monomur contient au moins 19 rangées d'alvéoles en quinconce afin de rallonger le parcours du flux de chaleur. Il se maçonne en joint mince avec un ciment colle étalé au rouleau applicateur.
	Utilisation en gros œuvre (nouveau chantier, extension ou surélévation) et en cloisons intérieures (murs de réfid avec des blocs de moindre largeur).
	100% recyclable (terre battue, gravats...)
	Système de pose (joint mince) économique et à moindre impact environnemental car il permet l'utilisation de moins de mortier et limite l'existence de ponts thermiques
	Bon compromis isolation (confort d'hiver) /inertie (confort d'été).
	Bon régulateur hygrométrique (La terre cuite est connue pour ses propriétés d'absorption) mais des remontées capillaires sont possibles sans barrière de rupture en sous-bassement et/ou par l'apport en eau de pluie extérieure. (cf : ).
	Produit en amélioration constante : augmentation du nombre d'alvéoles, nouvelle composition de la pâte, blocs super isolants de 50 cm d'épaisseur disponibles...).
	Utilisation de matières premières non renouvelables mais disponibles en très grande quantité (argile). Cf : OCDE, définition des matières premières renouvelables.
	Matériau porteur et isolant en même temps, son utilisation évite donc l'achat et la mise en œuvre d'une isolation rapportée. A partir épaisseur de 35 cm, les performances thermiques du monomur sont conformes à la RT2005. De plus, il possède des propriétés d'isolation phonique intéressantes : indice d'affaiblissement aux bruits aériens : 41 dB(A).
	La pose nécessite une main d'œuvre qualifiée et aguerrie (planéité, réglage de la 1 ^{ère} rangée, joints minces roulés, calepinage etc...) ce qui entraîne très souvent des









	désordres liés à la mauvaise mise en œuvre (espacements entre blocs, utilisation de d'un mortier ciment non isolant...).
	Gros consommateur d'énergie lors de la production (chauffage à 1000°C pendant 8h)→750 kWh/m³. Son utilisation en maison basse énergie majeure l'énergie grise due à sa fabrication.
	Utilisation de billes de polystyrène recyclé (3‰) pour améliorer la porosité de la structure (émission des composés toxiques lors de la cuisson).
€	En 30 cm : 54€ de matériaux (10 blocs à 5,4€ la brique) et 18€ de main d'œuvre soit 72,30€ HT/m² fourni posé. En 37,5 cm : 70€ de matériaux (16 blocs/m²) et 21€ de main d'œuvre soit 91€/m².(Base des prix 2007).
	Avec ses qualités de régulateur hygrométrique, le monomur en terre cuite contribue à l'obtention d'une atmosphère saine. Le monomur n'émet pas de substances toxiques lors de son utilisation (matières minérales) ; en effet, tous les composants utilisés pour améliorer la porosité de la terre cuite ont été sublimés lors de la cuisson.
	Résistance à la compression : 8MPa. DVT=100 ans
	$\lambda = 0,140$ pour une densité de 1000kg/m³, $P_c : 360$ U pour une épaisseur de 30 cm = 0,46 ;U pour une épaisseur de 37,5cm = 0,37 ce qui est conforme à la RT2005.
	Bon régulateur hygrométrique : peut accumuler le surplus d'humidité et le restituer quand l'atmosphère s'assèche [Contribue à conserver une atmosphère saine]. $\mu = 8$ à 13
	Classé M0 (incombustible). En cas d'incendie, il n'émet pas de fumées toxiques.
	
Marques commerciales	Wienerberger cd2E Wienerberger Site Wienerberger Bouyer-Leroux (Bio'bric) Site Bouyer-LEroux CD2E Bouyer-LEroux Iméry structure site Iméry-structure CD2E Bellenberg








Monomurs Béton cellulaire

	Le béton cellulaire provient d'un mélange de sable, de ciment et de chaux auquel est ajouté de la poudre d'aluminium. Cette dernière réagit avec la chaux et provoque un gonflement du mélange, la libération d'hydrogène et donc la formation de pores après celle-ci. Ce bloc est maçonné en joints épais avec un mortier à la chaux.
	Utilisation en gros œuvre (nouveau chantier, extension ou surélévation) et en cloisons
	100% recyclable (granulats après concassage...)
	Le mortier utilisé à base de chaux qui limite l'existence de ponts thermiques et limite l'utilisation de ciment
	Le matériau est facile à mettre en œuvre de par sa légèreté et l'existence d'un système de poignées
	Très faible teneur en isotopes radioactifs
	Utilisation de matières premières non renouvelables mais disponibles en très grande quantité (sable, eau, chaux).
	Fonction de matériau porteur et d'isolant en même temps ; il évite donc le recours à une isolation rapportée. A partir épaisseur de 35 cm, les performances thermiques du monomur conviennent à la RT2005.
	Malgré sa constitution et sa densité, le monomur en béton cellulaire a une inertie forte (bon pour le confort d'été. Au niveau du confort phonique (réduction des bruits aériens, l'indice d'affaiblissement acoustique est de 49 dB(A).
	Il est préconisé en association avec des enduits de synthèse (pour hydrofuger la paroi et fixer les enduits) qui rendent la paroi peu perspirante (la construction nécessitera l'installation d'une VMC)
	Aluminium employé en phase process ; ce matériau est très énergivore lors de sa production
€	En 30 cm : 64 € de matériaux (utilisation de 6,5 blocs/m²), 36€ de main d'œuvre et 7€ de matériaux connexes. Le coût total fourni-posé est de 107€/m² HT.
	Composé de matières minérales, le monomur n'émet pas de substances nocives pour l'organique. Les enduits hydrofuges ou pour la fixation d'enduits peuvent quand à eux émettre des COV. Lors de la pose, les poussières lors de la sciure des blocs peuvent être dangereuses ;

	c'est pourquoi le port d'un masque de protection est nécessaire.
	Durabilité excellente (Résistance à la compression : 3 à 4 MPa en fonction de la densité (400 ou 500 kg/m ³). DVT = 100 ans.
	$\lambda = 0,125$ pour une densité de 400kg/m ³ , Pc :111, Déphasage thermique pour 30 cm d'épaisseur : 11,66 heures. U=0,293 pour une épaisseur de 36,5cm
	Le béton cellulaire est un matériau très hydrophile, il va donc nécessiter la pose d'enduits synthétiques hydrofuges qui rendent la paroi peu perspirante. Coefficient « mu » d'hygroscopicité = 6 à 10
	Classé M0 (incombustible). En cas d'incendie, il n'émet pas de fumées toxiques.
	
Marques commerciales	Xella _CD2E Thermopierre Site Xella

Bloc chanvre/chaux















	<p>Des copeaux de chanvres sont liés par de la chaux aérienne ; le mélange est moulé en forme de bloc puis séché à l'air libre. Ces blocs sont destinés à remplir les interstices entre les montants d'une ossature bois par exemple.</p>	 <p>Bloc chanvre/chaux</p>
	<p>Le bloc chanvre/chaux ne peut constituer la structure porteuse d'une habitation. Il est plutôt destiné à remplir les maisons à ossature bois ou constituer des cloisons intérieures, ou à assurer l'isolation des parois opaques par l'intérieur ou l'extérieur.</p>	
	<p>Le béton chanvre/chaux est recyclable à 100% si pas d'enduits plâtre.</p>	
	<p>Le bloc de chanvre/chaux possède un bon éco-bilan. Au niveau des ressources, le chanvre est une ressource renouvelable, la chaux est non renouvelable mais disponible en grande quantité. Tous les deux proviennent de France. De plus, le processus de fabrication ne demande pas beaucoup d'énergie : en effet, le mélange chaux/chanvre est moulé à froid puis est séché à l'air libre. Seule l'industrie produisant la chaux est significative au regard de la consommation d'énergie. L'énergie grise consommée pour produire un m³ de ce béton est estimée à 90 kWh pour une densité de 450 kWh.</p>	
	<p>Ce matériau a des capacités intéressantes au niveau phonique (affaiblissement de 50 dB(A)) et de l'inertie (confort d'été).</p>	
	<p>La mise en œuvre de ce bloc est aisée de par sa légèreté. De plus, ce matériau possède des DTU : il se pose avec une truelle crantée avec un mortier chaux/sable qui limite la présence de ponts thermiques et se découpe facilement à la scie. Enfin, la pose ne nécessite pas de temps de séchage ce qui rend la construction plus rapide.</p>	
	<p>Le béton chanvre/chaux ne peut-être utilisé comme</p>	



	élément porteur de la structure, en effet sa résistance à la compression n'est que de 100 kPa/m ² pour une densité de 330 kg/m ³
	La pose de bloc chanvre/chaux ne suffit pas à l'isolation d'une paroi ; il convient donc d'ajouter une isolation rapportée.
€	49,61€/m² pour une épaisseur de 30 cm
	- En plus de son excellent volant hygrométrique, la chaux possède des propriétés antiseptiques, elle évite donc le développement de germes pathogènes ou de moisissures pour conserver une atmosphère saine. -La chaux étant un matériau fort alcalin, il est indispensables de porter des EPI lors de la mise en œuvre (masque, gants...).
	Ce matériau n'est pas attaqué par les rongeurs et la chaux aide à rendre le matériau pérenne.
	$\lambda=0,07$ à $0,09$ pC = 702 pour une densité de 330 kg/m ³
	L'hygroscopicité du matériau dépend de celle du lient. Ici la chaux est un matériau imperméable à l'eau de ruissellement mais perméable à la vapeur d'eau. Elle laisse le mur perspirer et régule l'humidité intérieure. Coefficient « mu » d'hygroscopicité = 4,5
	Classement au feu (avec enduit) M1 : non inflammable. La chaux ignifuge les matières végétales et en cas d'incendie le bloc ne dégage que très peu de fumée et pas de substances toxiques.
	
Marques commerciales	Chanvribloc Site Chanvribloc Easy chanvre Site easy chanvre
















Pose de bloc chaux/chanvre en isolation extérieure


Monomurs en béton léger (pierre ponce)

	Les blocs de béton légers sont composés de granulats de pierre ponce (matériau poreux) ou plus rarement des billes d'argile expansées liés par du ciment. Ces monomurs comportent également environ une dizaine de rangées d'alvéoles afin d'allonger le parcours du flux de chaleur. Les blocs de béton légers sont maçonnés en joints épais avec un mortier composé de pierre ponce et de chaux.
	Utilisation en gros œuvre (nouveau chantier, extension ou surélévation) et en cloisons
	100% recyclable (granulats...)
	L'entrée de la pierre ponce dans la composition du bloc inhibe les remontées d'eau par capillarité (pratique pour les chantiers et idéal pour les murs de soubassement)
	Bon compromis isolation (confort d'été) /inertie (confort d'hiver)- Le bloc de pierre ponce est également un bon isolant phonique (affaiblissement de 41 dB(A))
	Processus peu énergivore car les blocs sont séchés à l'air libre et non cuits.
	Utilisation de mortier à base de chaux et de pierre ponce qui en assurant une certaine homogénéité entre le bloc et le mortier limite l'existence de ponts thermiques et évite la consommation de ciment. De plus, la pose s'effectue avec un gabarit de pose (grille) qui limite l'utilisation de mortier
	Sert de matériau porteur et d'isolant en même temps et évite donc le recours à une isolation rapportée. A partir épaisseur de 35 cm, les performances thermiques du monomur conviennent à la RT2005.
	La pierre ponce est un matériau provenant de Grèce ou d'Amérique du sud, elle nécessitera un long transport. De plus, la pierre ponce est disponible en quantité limitée (d'ici 25 ans, les ressources seront épuisées).
	Les blocs en béton léger sont composés de 7 à 20% de ciment en fonction des fabricants (matériau énergivore).
€	En 30 cm : 70,1 €/m² de blocs (pour 10 blocs/m²), 8,4€/m² de mortier, 25,2€/m² de main d'œuvre soit au total (fourni/posé) : 100€/m²
	Le monomur n'émet pas de substances toxiques lors de son utilisation en général, mais si c'est de la pierre ponce provenant de l'activité sidérurgique qui entre dans la composition du bloc, il peut y avoir un risque d'émissions toxique. La pierre ponce présente également un taux moyen en isotopes radioactifs.
	Durabilité excellente (forte résistance à la compression : 2,5 MPa)
	$\lambda = 0,134$ pour une densité de 1000kg/m ³ , Pc : 306 Déphasage thermique de 14,24 heures pour une épaisseur de 35 cm. U=0,382 pour une épaisseur de 35 cm
	Bon régulateur hygrométrique : peut accumuler le surplus d'humidité et le restituer












	quand l'atmosphère s'assèche [Contribue à conserver une atmosphère saine]. $\mu=15$
	Classé M0 (incombustible). En cas d'incendie, il n'émet pas de fumées toxiques.
	
Marques commerciales	Cogebloc CD2E Cogebloc Site Cogebloc Bisotherm Site Bisotherm




Parpaings en bois massif

	L'idée des parpaings en bois massif est revenue à la mode depuis la tempête de 1999 et la question de la valorisation des arbres déracinés. Le bois de pin douglas est séché artificiellement (15 à 18% d'humidité), profilé puis coupé à longueur.
	Utilisation en gros œuvre (nouveau chantier, extension ou surélévation) et en cloisons
	Les parpaings de bois sont facilement démontables, et réutilisables. En fin de vie, le bois peut servir de combustible.
	Le bois utilisé provient de France (Landes, Limousin, Bourgogne...), il constitue une ressource renouvelable.
	Du fait de sa légèreté, le parpaing de bois est facile à transporter et à poser. De plus son système de pose, ne nécessite pas de mortier puis qu'il est vissé (pas de séchage nécessaire). Ce système limite également la présence de ponts thermiques (système de rainures et languettes).
	Du fait de sa densité et de sa capacité massique, le parpaing de bois propose une bonne inertie thermique (confort d'été) et des performances acoustiques intéressantes.
	Le bois ne présentant pas des performances suffisantes au niveau de l'isolation thermique ($R=1,75$ pour une épaisseur de 19 cm), il faut donc ajouter une isolation apportée dans la paroi.
	Le coût de ce matériau est élevé (cf : €), de plus il ne faut pas oublier de rajouter le coût de l'isolation apportée nécessaire à la bonne isolation thermique de l'habitation.
€	100 €/m² en épaisseur de 140 mm et 130€/m² en épaisseur de 190 mm
	Le bois étant une ressource organique, il émet donc des COV en faible quantité mais pas de substances toxiques s'il n'est pas traité ou traité avec des produits écologiques. Ses qualités hygroscopiques contribuent à garder une atmosphère saine dans l'habitation.
	Les parpaings en bois massifs étant réalisés en douglas, épicéa ou mélèze purgé d'aubier, il reste le cœur qui est naturellement de classe 3 (sans traitement).
	$\lambda= 0,12$ $U_{19cm}= 0,57$ $U_{14cm}=0,748$ pour une densité de 400 à 600 kg/m ³ $pC= 263$ Déphasage thermique (pour une épaisseur de 19 cm) =10,9 heures
	Les parpaings de bois sont de très bons régulateurs hygrométriques.
	Le parpaing de bois brûle difficilement et lentement du fait de sa densité. Il

	subit seulement une carbonisation en surface. Il est classé M2 (difficilement inflammable).
	
Marques commerciales	Kallisté éco-forêt Site Kallisté , Pavillon bleu Pavillon bleu

Briques de terre crue compactée

	Les briques de terre crue sont composées principalement de terre argileuse. Celle –ci passe d’abord par un état humide et est mise en forme dans des moules. Elle est compactée et séchée jusqu’à obtenir un taux d’humidité à 3%. Elles sont destinées à la construction des cloisons intérieures et possèdent le même format que les briques de terre cuite.
	La brique de terre crue ne peut former la structure porteuse. Elle peut cependant former le matériau de remplissage entre les montants en bois pour les cloisons intérieures. Elle pourra également servir pour réaliser un mur accumulateur de chaleur du fait de sa forte inertie.
	100% recyclable
	Le processus de fabrication des briques de terre crue est très peu consommateur d’énergie puisque les briques sont compactées et non cuites. De plus, l’argile utilisée dans la fabrication de celles-ci est une ressource locale et disponible en très grande quantité.
	Avec une densité importante (1677kg/m ³) et une capacité thermique élevée, les briques de terre crue sont d’excellents accumulateurs de chaleur, idéales pour le confort d’été et la conception d’une maison bioclimatique.
	La pose de ces briques ne nécessite pas une main d’œuvre qualifiée au type de matériau même si quelques précautions supplémentaires sont à prendre comme un plan de calepinage précis ou une première rangée de brique en terre cuite.
	Se pose avec un mortier lui aussi à base d’argile et est associable à d’autres matériaux naturels comme la paille ou la chaux. Ceci permet de conserver la capacité perspirante de la paroi.
	Ces briques ne sont pas destinées à la construction de murs porteurs (même si leur utilisation en structure porteuse est prouvée en Afrique du Nord).
€	Environ 0,40€ l’unité. Pour 1 m² de mur : 46€ de briques, 66€ de main d’œuvre et 4,50€ de mortier soit 116€/m² fourni posé.
	Composées uniquement d’argile, ces briques ne présentent pas de risques au niveau sanitaire (pas de solvant ou de COV). De plus, du fait de leur capacité hygro-régulatrice et de l’utilisation de mortier à base d’argile et de chaux, les briques de terre crue contribuent à conserver une atmosphère saine dans l’habitation en amortissant les excès d’humidité.
	Durabilité excellente (Résistance mécanique : 5,5 MPa) pour une masse volumique de 1677 kg/m ³
	Conductivité thermique $\lambda = 0,66$, Capacité thermique Pc : 667 Déphasage thermique

	d'accumulation/restitution : 5 heures pour un mur de 11 cm d'épaisseur
	Très bon régulateur d'humidité
	Classé M0 (incombustible). En cas d'incendie, il n'émet pas de fumées toxiques.
	
Marques commerciales	SA Briqueteries du nord Site SA Briqueteries du nord

Annexes

Plus de précisions au sujet des blocs à isolation répartie (monomurs)

A. Les monomurs de terre cuite

La **brique de terre cuite alvéolée** est constituée par un mélange de terre et d'argile et comporte au moins 19 rangées d'alvéoles verticales. Les alvéoles sont conçues de telle sorte à contenir de **l'air le plus immobile possible** de par leur taille et donc limiter au maximum le transfert de chaleur à travers celui-ci. Ces alvéoles sont positionnées **en quinconce** ce qui fait que la structure en terre cuite propose au flux de chaleur arrivant d'un côté du bloc un **chemin rallongé** jusqu'à environ 1,70 mètre pour une brique d'épaisseur de 50 cm.

De plus, les fabricants améliorent les qualités de ce produit en augmentant **la porosité de la structure en terre cuite** et donc ralentir le flux de chaleur grâce à l'air immobile contenu dans ces pores. Celles-ci proviennent de la combustion complète lors de la cuisson de billes de polystyrène recyclé, de cellulose ou de sciure de bois rajoutés initialement au mélange.

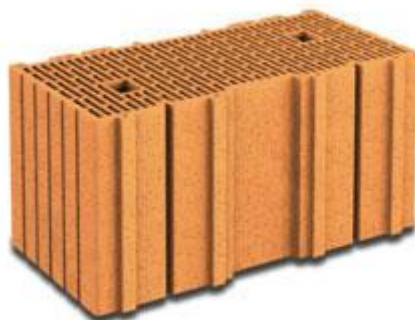


Figure 1 : Brique Porotherm de Wienerberger (Source : Wienerberger)

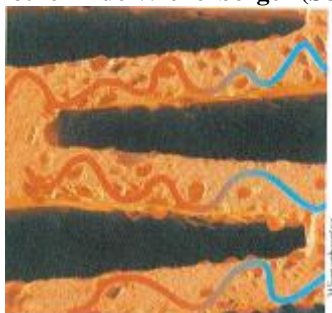


Figure 2 : trajet du flux de chaleur (Source : Wienerberger)

Le système de pose de ces monomurs est également intéressant au niveau environnemental. Elle se fait avec un **ciment colle** étalé au **rouleau applicateur**.



Figure 3 : Pose des monomurs terre cuite (source : Wienerberger)

Cette technique permet d'obtenir un mur plus homogène au niveau **thermique** à la vue de son épaisseur d'un mm (limitation des ponts thermiques), de **limiter la consommation d'eau et de mortier** de 85%, de **diminuer le temps de pose et le temps de séchage** du mur maçonné. Pour ce type de maçonnerie assez précis, il faut faire très attention à l'alignement et au niveau des premières rangées.

La présence de pont thermique est également limitée par la présence de **crans verticaux** permettant l'**emboîtement** des blocs les uns dans les autres à sec.

Enfin, l'existence d'une **gamme complète** de briques convenant à tous les emplacements du mur permet d'éviter les découpes sur le chantier et donc toute mauvaise manipulation qui pourrait nuire à la performance thermique de la brique.

Les briques monomurs présentent l'un des **meilleurs compromis pour le confort d'été et d'hiver**. En effet, le confort d'été est assurée par **une bonne inertie thermique** du matériau (lourd, dense) qui absorbe et accumule la chaleur diurne et la restitue la nuit après un temps de déphasage de 12 heures environ. Quant au confort d'hiver, la brique de terre cuite alvéolée présente une **résistance thermique de 2,77 m².°C/W** pour une épaisseur de 30 cm. Les monomurs sont également d'excellents **régulateurs hygrométriques** : en effet, un bloc peut absorber le surplus de vapeur d'eau et la relâcher quand l'atmosphère s'assèche. Le bloc monomur en terre cuite est également **un isolant phonique** en affaiblissant le bruit venant de l'extérieur de 35 dB(A).

Au niveau écologique, le bloc monomur de terre cuite est **100% recyclable** (terre battue, ballast...) et provient de ressources disponibles en grande quantité (mais non renouvelables).

Le gros point négatif du bloc monomur en terre cuite est sa consommation **d'énergie lors de sa production**. En effet, un mètre cube de ces briques nécessite la consommation de 710 kWh notamment à cause de la cuisson (8 heures à 1000°C). Ainsi, les émissions de CO₂ sont importantes sur le lieu de production mais également lors du transport. La combustion des billes de polystyrène peuvent enfin causer l'émission de benzol et styrol.

Au niveau sanitaire, le monomur n'émet pas de COV et sa capacité de régulateur hygrométrique aide à obtenir une **atmosphère saine** dans l'habitation. De plus, ce matériau ne contient pas de solvants et seulement quelques traces de métaux lourds.

Enfin, il est classé M0 par rapport à son comportement au feu, c'est-à-dire qu'il est incombustible. En cas d'incendie, il n'émet pas de fumées toxiques.

B. Le béton cellulaire

Le matériau est constitué par un mélange de **sables siliceux (50 à 60%)**, de **ciments (20 à 30%)** et de **chaux (10 à 20%)** auquel on ajoute de la **poudre d'aluminium (0,05%)**. Cette dernière réagit avec la chaux pour former de l'hydrogène qui s'échappe donc et crée des **grandes quantités de bulles** et **fait gonfler le matériau**. On obtient, ensuite, un matériau assez léger avec une densité de 400 kg/m³. Le matériau est ensuite durci à la vapeur à 190°C dans un autoclave pendant 6 à 12 heures.

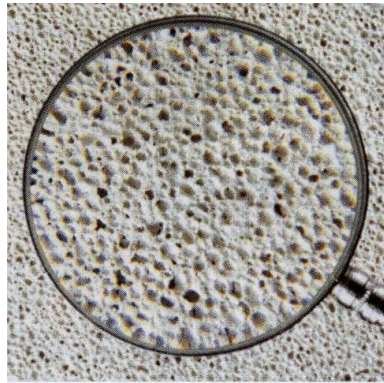


Figure 4 : La forte porosité du béton cellulaire (Source : python couverture construction)

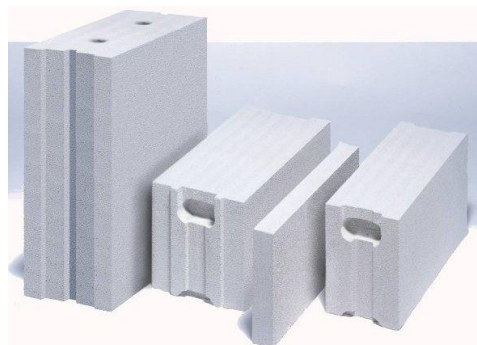


Figure 5 : Gamme de blocs de béton cellulaire (source : Xella)

La **haute densité de cellules d'air** dans le matériau confère donc au matériau un **pouvoir isolant** intéressant ($\lambda=0,125$ W/m.K). Mais du fait de sa faible densité, le béton cellulaire présente **une inertie très faible** tout comme ses **performances d'isolant phonique**.

Dans la continuité de vouloir obtenir une isolation thermique la plus intéressante possible, les blocs de béton cellulaire sont montés en **joint épais** avec un **mortier de chaux**. Les blocs de béton cellulaire ont la propriété d'être simples et rapides à poser et possèdent des règles DTU depuis 1985. Leur durée de vie est estimée à plus de 100 ans.



Figure 6 : Pose d'un bloc en béton cellulaire (Source : Xella)

Au niveau, de son comportement face à l'humidité, le béton cellulaire est très **hydrophile** et nécessite donc la pose **d'enduits synthétiques hydrofuges**. Par la suite, la pose d'enduits de finition n'est pas possible directement sur la thermopierre ; cela va également nécessiter la pose d'un fixateur à base de matières synthétiques. Au final, la thermopierre a perdu sa **perméance à la vapeur**. (A moins que la sous-couche soit faite en chaux hydraulique).

Au niveau du bilan écologique, la thermopierre se trouve en assez bonne position : en effet, les matières premières utilisées ne sont pas renouvelables mais disponibles en très grande quantité.

De plus, l'énergie utilisée lors de la production est moindre que celle utilisée pour les monomurs en terre cuite : environ **400 kWh/m³** pour la fabrication et le transport. Les thermopierres sont également recyclables et réutilisables en granulats.

Cependant, il ne faut pas oublier de prendre en compte l'énergie consommée élevée pour le **ciment et la production de poudre d'aluminium** nécessaire pour l'obtention des pores.

Les émissions de CO₂ sont donc assez élevées au niveau de la production mais aussi du transport.

Au niveau sanitaire, les thermopierres n'émettent pas en eux-mêmes de **composés toxiques pour l'organisme**. Mais qu'en est-il des enduits d'imprégnation ? La thermopierre est, de plus, le monomur contenant le moins d'isotopes radioactifs.

L'utilisation des thermopierres nécessitera l'utilisation d'une VMC du fait de l'**imperméabilisation** de celles-ci par les différents enduits.

Enfin, il est possible que la **poussière produite lors de la sciure des blocs** soit dangereuse pour les voies respiratoires supérieures.

Les thermopierres sont classées M0 au niveau du comportement au feu, et n'émettent pas de fumées toxiques en cas d'incendie.

C. Les blocs de béton léger

Les blocs de béton léger ressemblent aux parpaings mise à part le fait que les granulats de sables soient remplacés par des **granulats légers (liés par du ciment à hauteur de 8% de la composition totale du bloc)** comme de la **Pierre ponce** ou des **billes d'argile expansée** par exemple. L'ajout de ces matières confère au matériau un **pouvoir isolant ($\lambda=0,12$ à $0,16$ W/m.K)** du fait de l'**augmentation considérable de petites cavités** qui pourront emprisonner de l'air.

De plus, la pierre ponce est naturellement un **matériau poreux** ayant acquis une structure alvéolaire lors de l'éruption. Leur densité étant quand même importante, les blocs de béton légers possèdent une **bonne inertie** pour le confort d'été ; de même que pour les **performances acoustiques**.



Figure 7 : Cogebloc : bloc de ciment et pierre ponce (Source : Cogetherm)

La pose s'effectue **en joint épais** avec un mortier constitué, lui aussi, par de la **pierre ponce et de la chaux**. Elle s'effectue à l'aide d'**une grille d'application** (gabarit de pose) afin de limiter les pertes en mortier.

La présence de pierre ponce **inhibe les remontées d'eau par capillarité**, ce qui est pratique sur un chantier en cas de pluie ou pour construire un mur de soubassement et éviter donc l'infiltration d'eau dans les murs.



Figure 8: Grille de pose des cogeblots (Source : Cogebloc)

Au niveau écologique, la production de blocs en béton allégé consomme **peu d'énergie** car les briques sont séchées **naturellement à l'air libre** (environ 17,5 kWh/m³). Mais ces données ne semblent pas prendre en compte le fait que la pierre ponce vienne par bateau de **carrières situées en Grèce ou Amérique du Sud**.

De plus, la pierre ponce est disponible en **quantité limitée**. Pour les blocs contenant plutôt les billes d'argiles expansées plutôt que la pierre ponce, la consommation d'énergie est beaucoup plus importante (environ 450 kWh/m³). Il faut également prendre en compte la fabrication du ciment qui entre dans environ 30% de la composition du béton léger.

Au niveau sanitaire, ce matériau est également classé M0 (incombustible), mais la pierre ponce a un taux élevé en isotopes radioactifs. De plus, il existe un certain type de pierre ponce provenant de l'activité sidérurgique pouvant présenter **un risque d'émissions toxiques**.

Sources

Revues

VIOT P. (2006). *Les Dix monomurs*. La maison écologique n°32, 35-39.

(2007) *Simple et efficace, la thermopierre*. Habitat naturel n°19, 54-59

(2001) *Fiche technique : la brique alvéolée*. La maison écologique n° 1, 12

PESCHKE B. (2004) *Briques alvéolées*. La maison écologique n°24, 36-38.

LELOY C.,(2006) ,*Brique monomur*. Habitat naturel Hors-série n°1, 74-79.

AUBOIN B. (2007).*Si les parpaings étaient en bois*, Habitat naturel n°14, 44-48.

Ouvrages

COURGEY S., OLIVA JP. (2006). *La conception bioclimatique*. Terre Vivante Mens(France),240 p.

DESOMBRE F, LECLERC F. (2003). *Guide de l'habitat écologique*. Editions du Fraysse. France, 1344p.

DEOUX P., DEOUX S. (2004).*Le guide de l'habitat sain*. MEDIECO Editions, 543p.

OLIVA JP. (2003). *L'isolation écologique* .Terre Vivante Mens(France), 240p.

Sites internet

AGENCE LOCALE DE L'ENERGIE (69), *Fiche parpaing*,
http://www.ale-lyon.org/download/dossiers_tech/FT10-0405-C%20-%20parpaing.pdf (juin 2008)

AGENCE REGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT EN LORRAINE (AREL).(2006). *Guide de l'éco-construction*
<http://www.arel.asso.fr/sites/arel/repositories/repository/pdf/publications/ecoconstruction> (mai 2008)

BATIPRIX (2008)-*Base de données de prix de la construction*,
www.batiprix.com (juin 2008)

BRIQUES DE FRANCE (2006)-*FDES monomur Terre Cuite rectifié pour pose à joint mince*,
http://www.inies.fr/info_prod.asp?id_prod=19&mode=Fam (juin 2008)

CD2E (2006), *Base de données des éco-matériaux*
<http://www.cd2e.com/CD2E/ecoMateriaux/> (Avril-mai 2008)

POINT INFO ENERGIE DE LA DROME(2006)- *Une isolation performante, saine et durable*
http://pie.dromenet.org/infos_pratiques/eco-con/Guide_materiaux_VIGN.jpg (Avril 2008)

PRIORITERRE (2007)- *Classification des matériaux*
http://www.prioriterre.org/pages_fr/103/telechargement-fichier.html (Avril 2008)

SFBC (2007)- *FDES béton cellulaire*
http://www.inies.fr/info_prod.asp?id_prod=151&mode=Fam (juin 2008)