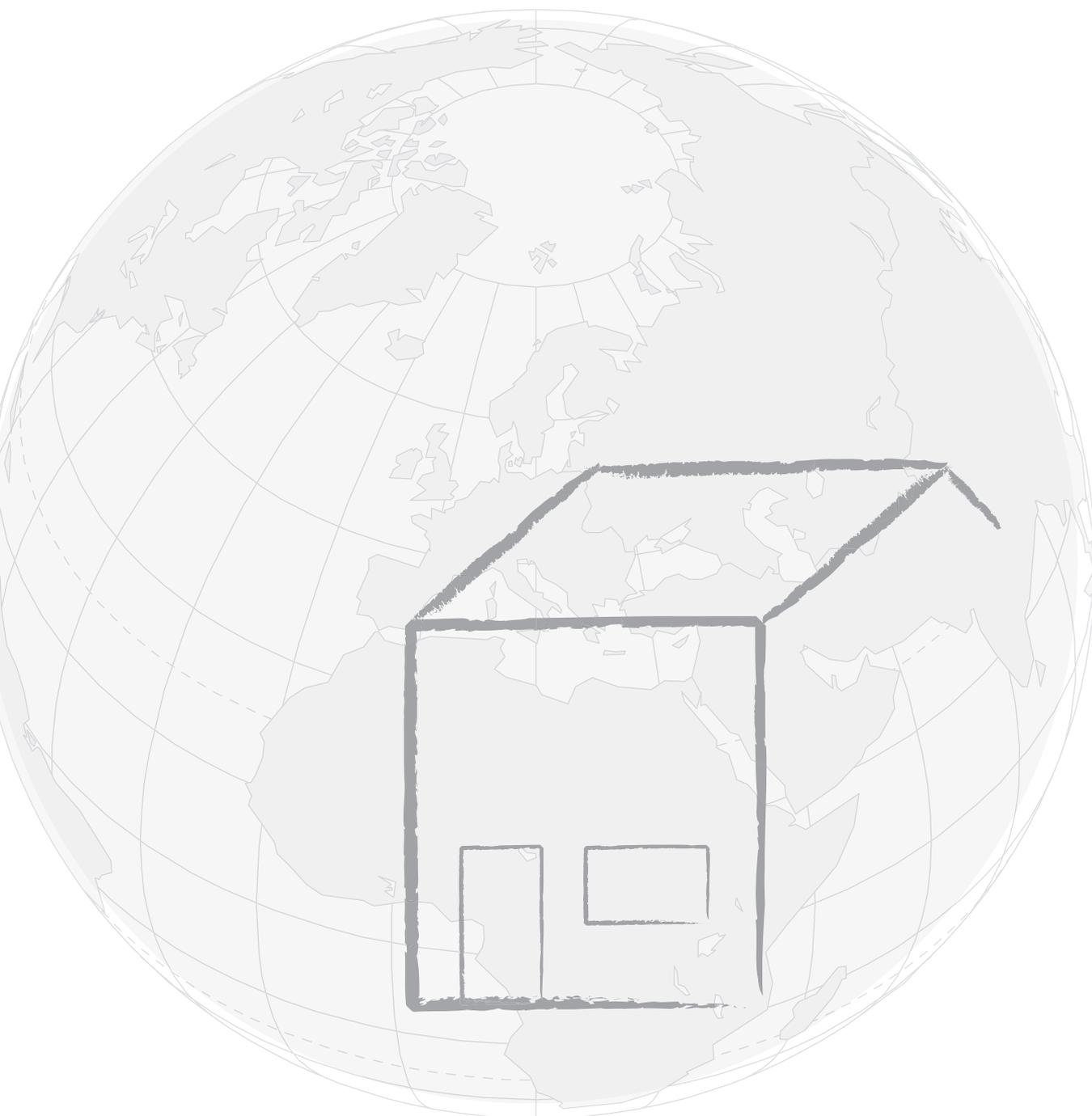


# Annexe





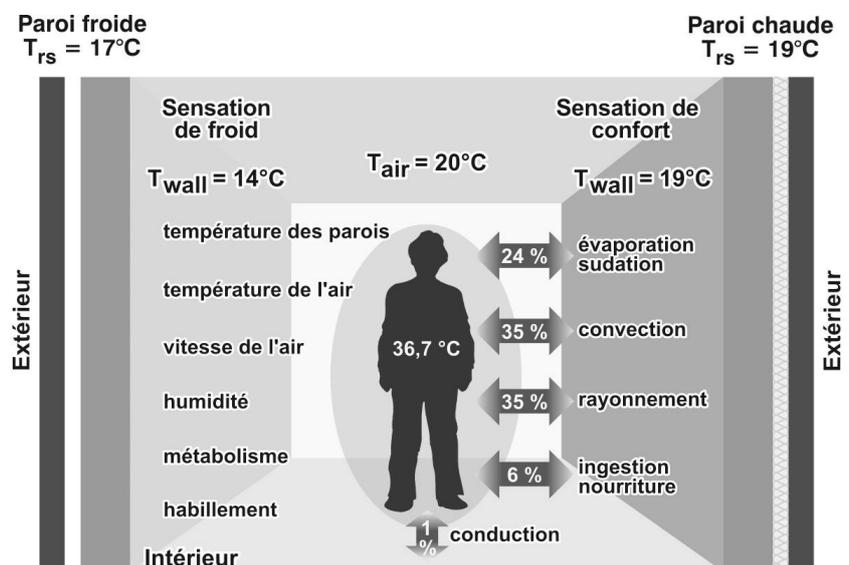
# **Annexe 1**

## **Critères hygrothermiques des matériaux de construction**



# Principaux critères hygrothermiques

La conception de l'enveloppe est une étape importante car celle-ci joue un rôle important tant en termes de confort intérieur (été comme hiver) qu'en termes de protection contre les effets négatifs du climat extérieur.



Lorsqu'on veut définir la performance de l'enveloppe, il faut analyser ses paramètres hygrothermiques : transfert de chaleur, d'humidité et d'air au travers des parois.

L'ensemble de ces paramètres sont définis ci-dessous de manière à faciliter la compréhension et la lecture des résultats hygrothermiques présentés dans le présent ouvrage ainsi le tableau repris en [annexe 2](#)

## ➔ Transfert de chaleur

L'enveloppe doit limiter à la fois les pertes de chaleur en hiver et permettre de maîtriser les gains solaires en été. Les matériaux isolants permettent de freiner la chaleur qui traverse les parois extérieures par conduction.

Il faut faire également la distinction entre les performances relatives à chaque matériau, aux couches d'une paroi et la paroi dans son ensemble.

### Conductibilité thermique d'un matériau [ $\lambda$ ]

La conductivité thermique est une caractéristique spécifique à chaque matériau. Elle indique la quantité de chaleur qui se propage en 1 seconde, à travers  $1 \text{ m}^2$  d'un matériau épais d'un  $1 \text{ m}$ , lorsque la différence de température entre les deux faces est de  $1 \text{ K}$  ( $1 \text{ K} = 1^\circ\text{C}$ ).

La conductivité thermique renseigne sur la capacité d'isolation d'un matériau : plus la conductivité thermique est faible, meilleure est la capacité d'isolation.

La conductivité thermique est exprimée en  **$\text{W/mK}$** .

### Résistance thermique d'une couche [ $\lambda$ ]

La résistance thermique de chaque couche d'un élément de paroi dépend de son épaisseur et de la conductivité thermique qui la compose. C'est la mesure de performance de la couche isolante :

$$R = d / \lambda \quad \text{où } d = \text{épaisseur de la paroi.}$$

Plus la résistance thermique est élevée, plus la couche est isolante.

Elle s'exprime en  **$\text{m}^2\text{K/W}$** .

### Coefficient de transmission thermique [ $U$ ]

Pour qualifier la performance thermique d'une paroi, on utilise en général le coefficient de transmission thermique  $U$ .

La valeur  $U$  définit la quantité de chaleur qui traverse  $1 \text{ m}^2$  d'un élément de construction lorsque la différence de température des couches d'air qui se trouvent de part et d'autre de l'élément est de  $1 \text{ K}$  et que les résistances de transmission thermique entre les couches d'air sont prises en compte.

La valeur  $U$  est exprimée en  **$\text{W/m}^2\text{K}$** .

Plus la valeur  $U$  est faible, plus la paroi est thermiquement isolante. Cependant ce coefficient ne permet pas d'exprimer le comportement hygrothermique dynamique de la paroi.

De plus, la rencontre entre deux parois ou un percement au sein d'une paroi peut engendrer des détails de construction devant être analysés distinctement du reste de la paroi pour évaluer la performance d'ensemble d'un local ou d'un bâtiment. Il s'agit des nœuds constructifs et ponts thermiques.

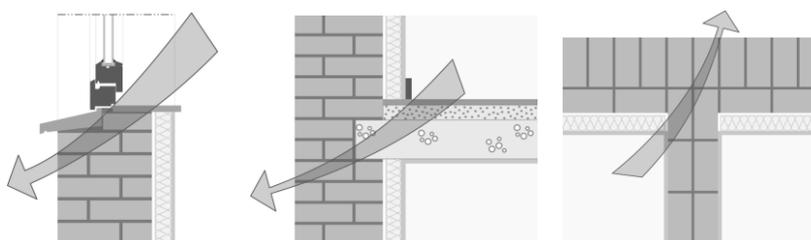
### Nœuds constructifs et ponts thermiques

Les nœuds constructifs se situent à la rencontre entre deux parois ou au niveau d'un percement ou d'une irrégularité de paroi. Ils sont le siège de transferts thermiques spécifiques. Ceux-ci doivent, lorsqu'on établit la performance d'ensemble d'un local ou d'un bâtiment, être additionnés ou soustraits des transferts propres aux parties homogènes des parois.

Ces nœuds constructifs sont appelés « ponts thermiques » quand ils occasionnent des déperditions thermiques plus importantes. Les ponts thermiques sont des « défauts » de conception ou de réalisation de l'enveloppe du bâtiment. L'influence relative d'un pont thermique est d'autant plus importante que la performance thermique des parois avoisinantes est élevée

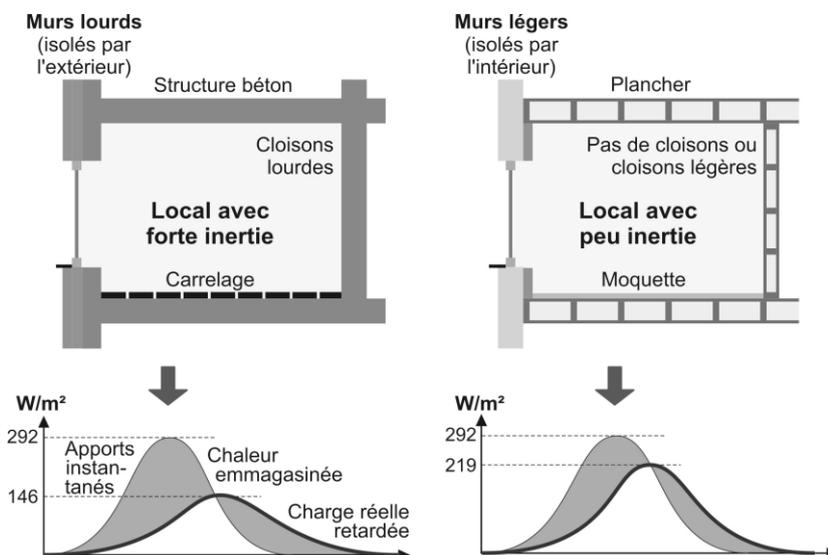
### Exemples

*Ponts thermiques liés à la réalisation d'une isolation par l'intérieur*



## → Stockage de chaleur

L'inertie thermique d'un bâtiment est sa capacité à stocker et à restituer de la chaleur avec un déphasage de temps :



Une inertie thermique importante a un effet positif sur le confort climatique intérieur car elle permet d'aplanir les pics de chaleur (en été, combinée avec une ventilation) et aide à éviter les grandes variations de températures (en hiver).

L'inertie d'une paroi dépend des caractéristiques des matériaux qui la composent.

Les paramètres utiles pour quantifier l'inertie des matériaux sont repris ci-dessous :

### Chaleur spécifique ou capacité thermique spécifique [c]

La chaleur spécifique d'un matériau indique la quantité de chaleur nécessaire pour chauffer 1kg de ce matériau de 1K. Grâce à la chaleur spécifique, on peut constater si un matériau a la capacité d'emmagasiner de la chaleur : plus la valeur de « c » est grande, plus le matériau sera capable de stocker de la chaleur.

La chaleur spécifique est exprimée en **J/kgK**.

### Capacité thermique volumique [ $\rho c$ ]

La capacité thermique volumique d'un matériau représente la quantité totale de chaleur qu'un volume de  $1\text{m}^3$  de ce matériau est capable de stocker pour une augmentation de température de  $1^\circ\text{C}$ .

Elle est définie par le produit de la densité du matériau ( $\rho$  en  $\text{kg}/\text{m}^3$ ) et de sa chaleur spécifique ( $c$  en  $\text{J}/\text{kgK}$ ).

Elle est exprimée en  $\text{KJ}/\text{m}^3\text{K}$ . Plus la capacité thermique volumique d'un matériau est élevée, plus le matériau est capable de stocker de la chaleur.

### Diffusivité thermique

La diffusivité thermique d'un matériau est associée à la vitesse à laquelle celui-ci monte en température lorsqu'il est soumis à une source de chaleur. Elle se calcule par le rapport  $\lambda/\rho c$  et s'exprime en  $\text{m}^2/\text{s}$ .

Plus la diffusivité thermique est élevée, plus la température du matériau évoluera rapidement.

### Effusivité thermique

L'effusivité thermique d'un matériau est associée à la quantité de chaleur que celui-ci est capable d'emmagasiner lorsqu'il est soumis à une source de chaleur pendant un certain temps. Elle est calculée par la relation  $(\lambda/\rho c)^{1/2}$  et s'exprime en  $\text{J}/\text{m}^2\text{K s}^{-1/2}$ .

Plus l'effusivité thermique est élevée, plus la quantité de chaleur (énergie) absorbée par le matériau en un certain temps est grande.

L'effusivité est également liée à la température de contact : un matériau ayant une effusivité faible sera « chaud » au toucher.

Ainsi l'inertie thermique d'une paroi sera principalement déterminée par les propriétés des couches superficielles. Ces couches offriront une inertie élevée si les matériaux qui les composent ont :

- Une effusivité élevée
- Une diffusivité faible

En effet pouvoir échanger de grandes quantités de chaleur ne présente pas d'intérêt si ces échanges sont trop rapides. La notion de temps et de déphasage est fondamentale, c'est pourquoi on parle de comportement dynamique.

Quantifier l'effet de l'inertie est donc relativement complexe. C'est pourquoi, nous avons considéré dans le présent ouvrage que l'inertie thermique était définie par la capacité de stockage de chaleur ou la capacité des matériaux à emmagasiner la chaleur. Elle se calcule à partir du produit de la chaleur spécifique « c », de la densité « ρ » et de l'épaisseur « d » du matériau observé.

La capacité de stockage de la chaleur s'exprime en  $\text{kJ/m}^2\text{K}$ .

### ➔ Transfert et stockage d'humidité

La majorité des matériaux poreux sont capables de contenir de l'humidité (stockage) selon des conditions ambiantes dans lesquelles ils sont placés.

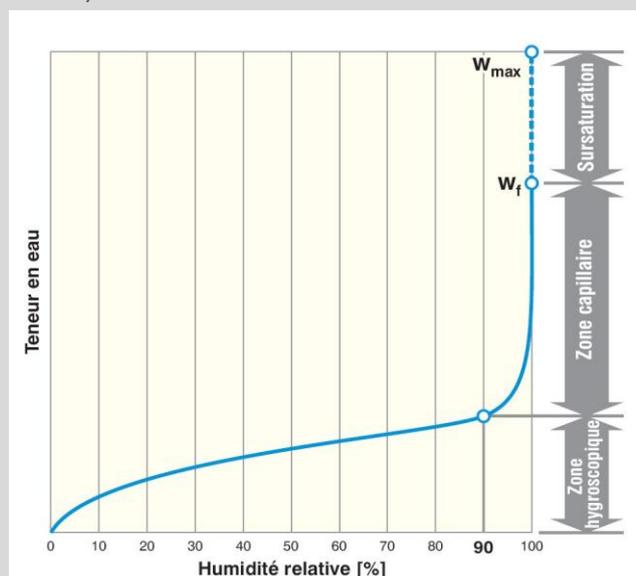
L'eau peut être présente sous différentes formes au sein des pores du matériau :

- Eau de constitution : les molécules d'eau sont chimiquement intégrées à la structure poreuse
- Eau adsorbée : une pellicule d'eau se dépose sur la surface des pores
- Eau capillaire : certains pores se remplissent d'eau
- Eau libre : l'eau est présente dans les pores mais circule librement à travers ceux-ci (sous forme liquide ou de vapeur)

### Teneur en eau et courbe de rétention d'humidité

La teneur en eau d'un matériau évolue principalement en fonction de l'humidité relative de l'ambiance dans laquelle il est placé.

La teneur en eau est notée  $w$  et s'exprime en  $\text{kg/m}^3$  (ou en % de masse).

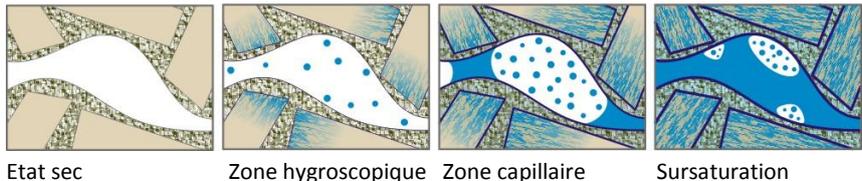


Courbe de rétention d'humidité

La teneur en eau des matériaux est toujours égale à  $0 \text{ kg/m}^3$  à 0% d'humidité relative. Elle évolue lentement jusqu'à 80 ou 90%, voir plus selon les caractéristiques des matériaux (composition, porosité), en définissant plusieurs zones :

- Zone hygroscopique : l'eau est principalement adsorbée. La teneur en eau dans cette zone est modérée, très basse pour certains matériaux (brique, béton cellulaire...) et plus élevée pour d'autres (cellulose, bois...)
- Zone capillaire : de 80% à 100% d'humidité relative (saturation). La teneur en eau augmente rapidement et peut atteindre des valeurs élevées ; A 100% d'humidité relative, on atteint la « saturation libre (wf) » où les pores du matériau ne sont pas encore complètement remplis d'eau.
- Sursaturation : la teneur en eau peut encore augmenter si le matériau est plongé dans l'eau, longtemps, sous vide ou sous pression.

En pratique, il est rare d'atteindre la teneur en eau maximale ( $w_{\text{max}}$ ) où tous les pores sont remplis d'eau.



La teneur en eau des matériaux influence les paramètres hygrothermiques de ceux-ci : capacité thermique, conductivité thermique... Elle ne doit donc pas être négligée lors de la conception de l'enveloppe.

Un autre point important à considérer est les transferts d'humidité. Plusieurs phénomènes doivent être analysés : les transferts de vapeur et les transferts d'eau liquide.

#### Transfert de vapeur

Le transfert de vapeur d'eau est provoqué par une différence de pression partielle de vapeur d'eau entre les deux faces d'un matériau ou d'une paroi. Comme l'air chaud est capable de contenir plus de vapeur d'eau, le flux de vapeur va souvent du chaud vers le froid.

Le paramètre le plus utilisé pour exprimer la manière dont le matériau se laisse traverser par la vapeur est le coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau

### Coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau [ $\mu$ ]

Plus la valeur  $\mu$  est petite, plus le matériau est ouvert au passage de la vapeur. On évalue la résistance à la diffusion de vapeur d'eau d'une couche, par le produit de son épaisseur ( $d$ ) et du coefficient  $\mu$  du matériau qui la compose.

La valeur obtenue est notée  $\mu d$  (ou  $S_d$ ) et s'exprime en mètre. Elle correspond à l'épaisseur (en m) d'une lame d'air stationnaire ayant la même résistance à la diffusion de vapeur.

*Exemple : une couche de 20 cm ayant un coefficient  $\mu$  de 5 exerce la même résistance à la diffusion de vapeur qu'une lame d'air stationnaire de 1m d'épaisseur*

La valeur  $\mu d$  d'une paroi est égale à la somme des  $\mu d$  des couches qui la composent et des résistances à la diffusion de vapeur des deux faces de la paroi

### Transfert d'eau liquide et coefficient d'absorption

Le transfert d'eau liquide peut se faire par absorption d'eau qui entrerait en contact avec le matériau ou par redistribution de l'humidité présent dans les pores du matériau. Par facilité, on considère que ces deux phénomènes sont provoqués par une différence d'humidité relative au sein du matériau : les transferts d'eau liquide vont alors des zones les plus humides vers les zones les plus sèches. Le transfert d'eau liquide au travers d'un matériau se calcule sur base de deux coefficients distincts : le coefficient de transfert d'eau par absorption et le coefficient de transfert d'eau par redistribution. Il est actuellement rare de disposer de ces paramètres, leur détermination se faisant en laboratoire et la procédure étant assez longue et coûteuse.

Cependant il existe une méthode simplifiée permettant de donner une valeur approximative. Elle se base sur la détermination du coefficient d'absorption, noté  $A$  et exprimé en  $\text{kg/m}^2 \text{s}^{1/2}$

Vu la complexité des phénomènes de transferts d'humidité au sein des matériaux et des parois, nous nous sommes limités à donner les valeurs caractérisant chaque matériau (voir annexe 2).

Deux normes peuvent également aider le concepteur :

- BS 5250 :2002, Code of practice for control of condensation in building, Incorporating Amendment No. 1, British standard, 2002.
- DIN 4108-3, Protection thermique et économique d'énergie dans la construction immobilière – Partie 3: Protection contre l'humidité conditionnée par le climat – Exigences et directions pour le calcul et l'exécution, Deutsches Institut für Normung, 2001.

## **Annexe 2**

### **Performances hygrothermiques des matériaux de construction**

MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Performances hygrothermiques

Matériaux et composants	Densité $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Conductiv.therm $\lambda$ W/mK	Chaleur spécif. $C$ J/kgK	Capacité therm. $\rho C$ $\rho C$ KJ/m <sup>3</sup> K	INERTIE		VAPEUR D'EAU		Durée de vie  an
					Diffusivité $\lambda / \rho C$ m <sup>2</sup> /s	Effusivité $(\lambda \rho C)^{1/2}$ J/m <sup>2</sup> Ks <sup>1/2</sup>	Résistance à la diffusion de vapeur d'eau $\mu$ sec	$\mu$ humide	
<b>GRANULATS</b>									
sable de rivière/mer	[1700 à 2200] 2000	2,000	[910 à 1180] 1000	2000,00	1,000	2000,000	50,00	50,00	> 50
sable de carrière	[1700 à 2200] 2000	2,000	[910 à 1180] 1000	2000,00	1,000	2000,000	50,00	50,00	> 50
gravier de rivière/mer	[1700 à 2200] 2000	2,000	[910 à 1180] 1000	2000,00	1,000	2000,000	50,00	50,00	> 50
gravier de carrière	[1700 à 2200] 2000	2,000	[910 à 1180] 1000	2000,00	1,000	2000,000	50,00	50,00	> 50
<b>BETON COULE ET CIMENT</b>									
béton maigre	[2000 à 2200] 2000	1,650	1000	2000,00	0,825	1816,590	100,00	60,00	> 50
béton normal armé (dalles)	2400	2,500	1000	2400,00	1,042	2449,490	130,00	80,00	> 50
béton normal armé (charges élevées)	2400	2,500	1000	2400,00	1,042	2449,490	130,00	80,00	> 50
ciment portland CEM I	900 à 1900	/	/	/	/	/			> 50
chape de compression sur hourdis	1700	1,150	1000	1700,00	0,676	1398,213	100,00	60,00	> 50
chape ciment	1700	1,150	1000	1700,00	0,676	1398,213	100,00	60,00	> 50
<b>BETON PREFABRIQUE</b>									
hourdis en béton	1800	1,150	1000	1800,00	0,639	1438,749	10,00	5,00	> 50
<b>BLOCS DE MACONNERIE</b>									
bloc de béton lourd	2400	1,900	1000	2400,00	0,792	2135,416	100,00	60,00	> 50
bloc de béton semi-lourd	2000	1,320	1000	2000,00	0,660	1624,808	100,00	60,00	> 50
bloc de béton léger (argile expansé)	1200	0,440	1000	1200,00	0,367	726,636	8,00	6,00	> 50
bloc de terre cuite plein	1000	0,290	1000	1000,00	0,290	538,516	10,00	5,00	> 50
bloc de terre cuite creux	650	0,200	1000	650,00	0,308	360,555	10,00	5,00	> 50
bloc silico-calcaire	1800	0,910	1000	1800,00	0,506	1279,844	25,00	5,00	> 50
bloc béton cellulaire	[600 à 800] 650	0,200	1000	650,00	0,308	360,555	10,00	6,00	> 50
<b>MORTIERS</b>									
mortier de ciment (ciment portland)	1700	1,000	1000	1700,00	0,588	1303,840	20,00	10,00	> 50
mortier bâtard (chaux et ciment)	1800	0,800	1000	1800,00	0,444	1200,000	20,00	10,00	> 50
mortier colle	1600	0,900	1000	1600,00	0,563	1200,000	20,00	10,00	> 50

MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Performances hygrothermiques

Matériaux et composants	Densité $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Conductiv.therm $\lambda$ W/mK	Chaleur spécif. $C$ J/kgK	Capacité therm. $\rho C$ $\rho C$ KJ/m <sup>3</sup> K	INERTIE		VAPEUR D'EAU		Durée de vie  an
					Diffusivité $\lambda / \rho C$ m <sup>2</sup> /s	Effusivité $(\lambda \rho C)^{1/2}$ J/m <sup>2</sup> Ks <sup>1/2</sup>	Résistance à la diffusion de vapeur d'eau $\mu$ sec	$\mu$ humide	
<b>METAUX</b>									
acier d'armatures	7800	50,000	450	3510,00	14,245	13247,641	∞	∞	> 50
profilé d'acier	7800	50,000	450	3510,00	14,245	13247,641	∞	∞	> 50
profilés d'acier inoxydable	7900	17,000	460	3634,00	4,678	7859,898	∞	∞	> 50
profilés d'aluminium (30% recycl.)	2800	160,000	880	2464,00	64,935	19855,478	∞	∞	> 50
tôle d'aluminium	2800	160,000	880	2464,00	64,935	19855,478	∞	∞	> 50
tôle d'aluminium anodisé	2800	160,000	880	2464,00	64,935	19855,478	∞	∞	> 50
tôle d'aluminium thermolaqué	2800	160,000	880	2464,00	64,935	19855,478	∞	∞	> 50
tôle d'acier zingué	7800	/	/	/	/	/	∞	∞	> 50
tôle de cuivre	8900	380,000	380	3382,00	112,360	35849,128	∞	∞	> 50
tôle de zinc	7200	110,000	380	2736,00	40,205	17348,199	∞	∞	> 50
<b>BOIS DE STRUCTURE</b>									
poutre bois massif résineux européen	600	0,130	1600	960,00	0,135	353,27	150,00	50,00	> 50
poutre bois massif feuillus européen	800	0,180	1600	1280,00	0,141	480,00	200,00	70,00	> 50
poutre en lamellé-collé									> 50
poutre en lamellé-collé résistant à l'eau									> 50
lattage en bois résineux européen	600	0,130	1600	960,00	0,135	353,27	150,00	50,00	30
lattage en bois feuillus européen	800	0,180	1600	1280,00	0,141	480,00	200,00	70,00	30
<b>PANNEAUX A PARTICULES</b>									
panneau multiplex	700	0,170	1600	1120,00	0,152	436,35	220,00	90,00	30
panneau OSB	500	0,130	1700	850,00	0,153	332,42	50,00	30,00	30
panneau MDF	800	0,180	1700	1360,00	0,132	494,77	30,00	20,00	30
panneau à particules tendre	300	0,100	1700	510,00	0,196	225,83	50,00	10,00	30
panneau à particules dur	900	0,180	1700	1530,00	0,118	524,79	50,00	20,00	30
panneau de fibres liées au bitume	300	0,050	2000	600,00	0,083	173,21	10,00	5,00	30
panneau de fibres liées au ciment	1200	0,230	1500	1800,00	0,128	643,43	50,00	30,00	30
<b>BOIS DE BARDAGE</b>									
bois de bardage résineux européen	600	0,130	1600	960,00	0,135	353,27	150,00	50,00	30
bois de bardage feuillus européen	800	0,180	1600	1280,00	0,141	480,00	200,00	70,00	30
<b>REVETEMENT DE SOL EN BOIS</b>									
plancher massif - résineux européen	600	0,130	1600	960,00	0,135	353,27	150,00	50,00	30
plancher massif - feuillus européen	800	0,180	1600	1280,00	0,141	480,00	200,00	70,00	30
plancher multicouches - européen	500								30

MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Performances hygrothermiques

Matériaux et composants	Densité $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Conductiv.therm $\lambda$ W/mK	Chaleur spécif. $C$ J/kgK	Capacité therm. $\rho C$ $\rho C$ KJ/m <sup>3</sup> K	INERTIE	VAPEUR D'EAU		Durée de vie <i>an</i>	
					Diffusivité $\lambda / \rho C$ m <sup>2</sup> /s	Effusivité $(\lambda \rho C)^{1/2}$ J/m <sup>2</sup> Ks <sup>1/2</sup>	Résistance à la diffusion de vapeur d'eau $\mu$ sec $\mu$ humide		
<b>ISOLANT THERMIQUE ET ACOUSTIQUE - base minérale</b>									
laine de roche	[15 à 200] <b>100</b>	[0,031 à 0,044] <b>0,035</b>	1030	103,00	0,3398	60,04	2,00	1,00	30
laine de verre	[10 à 120] <b>60</b>	[0,031 à 0,044] <b>0,035</b>	1030	61,80	0,5663	46,51	2,00	1,00	30
verre cellulaire - panneaux	[100 à 150] <b>120</b>	[0,038 à 0,050] <b>0,040</b>	1000	120,00	0,3333	69,28	$\infty$	$\infty$	> 50
verre cellulaire - en vrac	[130 à 150] <b>130</b>	0,089	900	117,000	0,7607	102,04	?	?	> 50
perlite expansée - panneaux	[140 à 240] <b>145</b>	[0,050 à 0,065] <b>0,057</b>	900	130,50	0,4368	86,25	5,00	5,00	> 50
perlite expansée - en vrac	[30 à 150] <b>90</b>	[0,050 à 0,065] <b>0,057</b>	900	130,50	0,4368	86,25	2,00	2,00	> 50
billes d'argile expansée	[200 à 400] <b>300</b>	[0,090 à 0,160] <b>0,125</b>	1000	300,00	0,4167	193,65	2,00	2,00	> 50
<b>ISOLANT THERMIQUE ET ACOUSTIQUE - base synthétique</b>									
polystyrène expansé	[10 à 50] <b>30</b>	0,031 à 0,045 <b>0,035</b>	1450	43,50	0,8046	39,02	60,00	60,00	30
polystyrène expansé graphité									30
polystyrène extrudé	[20 à 65] <b>35</b>	0,028 à 0,038 <b>0,035</b>	1450	50,75	0,6897	42,15	150,00	150,00	30
polyuréthane - panneau	[20 à 65] <b>40</b>	0,023 à 0,029 <b>0,025</b>	1400	56,00	0,4464	37,42	60,00	60,00	30
mousse phénolique - panneau	[20 à 50] <b>35</b>	0,022 à 0,038 <b>0,030</b>	1400	49,00	0,6122	38,34	50,00	50,00	30

MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Performances hygrothermiques

Matériaux et composants	Densité $\rho$ $kg/m^3$	Conductiv.therm $\lambda$ $W/mK$	Chaleur spécif. $C$ $J/kgK$	Capacité therm. $\rho C$ $\rho C$ $KJ/m^3K$	INERTIE		VAPEUR D'EAU		Durée de vie  $an$
					Diffusivité $\lambda/\rho C$ $m^2/s$	Effusivité $(\lambda\rho C)^{1/2}$ $J/m^2Ks^{1/2}$	Résistance à la diffusion de vapeur d'eau $\mu$ sec	$\mu$ humide	
<b>ISOLANT THERMIQUE ET ACOUSTIQUE - fibres végétales</b>									
matelas de fibres de bois	75	[0,035 à 0,060] <b>0,040</b>	1470	110,25	0,363	66,408	5,00	3,00	30
panneaux de fibres de bois	[150 à 250] <b>160</b>	[0,040 à 0,060] <b>0,040</b>	1470	235,20	0,170	96,995	5,00	3,00	30
matelas de cellulose	70	[0,035 à 0,055] <b>0,040</b>	1900	133,00	0,301	72,938	2,00	1,00	30
cellulose en vrac	[20 à 60] <b>30</b>	[0,035 à 0,1] <b>0,040</b>	1600	48,00	0,833	43,818	2,00	1,00	30
panneau de liège	120	[0,040 à 0,050] <b>0,040</b>	1700	204,00	0,196	90,333	30,00	5,00	30
liège en vrac	100	[0,040 à 0,1] <b>0,040</b>	1700	170,00	0,235	82,462	10,00	5,00	30
matelas en fibres de coco	[50 à 140] 100	[0,040 à 0,060] <b>0,040</b>	1550	155,00	0,258	78,740	2,00	1,00	30
panneau de fibres de chanvre	[20 à 70] <b>45</b>	[0,040 à 0,060] <b>0,040</b>	1550	69,75	0,573	52,820	2,00	1,00	30
panneau de fibres de lin	25	[0,040 à 0,060] <b>0,040</b>	1550	38,75	1,032	39,370	2,00	1,00	30
<b>ISOLANT THERMIQUE ET ACOUSTIQUE - fibres animales</b>									
laine de mouton	[30 à 90] <b>60</b>	[0,040 à 0,1] <b>0,040</b>	1500	90,00	0,4444	60,00	2,00	1,00	30
plumes de canard									30
<b>ETANCHEITE</b>									
Etanchéité bitumineuse plastomère APP	1150	0,230	1000	1150,00	0,200	514,30	50000,00	50000,00	10 à 30
Etanchéité bitumineuse élastomère SBS	1150	0,230	1000	1150,00	0,200	514,30	50000,00	50000,00	10 à 30
Etanchéité résines réticulées EPDM	1200	0,250	1000	1200,00	0,208	547,72	6000,00	6000,00	10 à 30
Etanchéité résines thermoplastiques PVC	1300	0,170	900	1170,00	0,145	445,98	50000,00	50000,00	10 à 30
Voile de polyéthylène PE	950	0,330	2200	2090,00	0,158	830,48	100000,00	100000,00	10 à 30
Voile de polypropylène PP	600	0,220	1800	1080,00	0,204	487,44	10000,00	10000,00	10 à 30

MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Performances hygrothermiques

Matériaux et composants	Densité $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Conductiv.therm $\lambda$ W/mK	Chaleur spécif. $C$ J/kgK	Capacité therm. $\rho C$ $\rho C$ KJ/m <sup>3</sup> K	INERTIE	Effusivité $(\lambda \rho C)^{1/2}$ J/m <sup>2</sup> Ks <sup>1/2</sup>	VAPEUR D'EAU		Durée de vie  an
					Diffusivité $\lambda / \rho C$ m <sup>2</sup> /s		Résistance à la diffusion de vapeur d'eau $\mu$ sec	$\mu$ humide	
<b>PARE-VAPEUR</b>									
film de polyéthylène PE	850	0,200	1000	850,00	0,235	412,31	100000,00	100000,00	30
voile de verre bitumineux	1200	0,230	1000	1200,00	0,192	525,36	50000,00	50000,00	30
bitume armé	1150	0,230	1000	1150,00	0,200	514,30	50000,00	50000,00	30
bitume polymère APP	1100	0,170	1250	1375,00	0,124	483,48	50000,00	50000,00	30
bitume armé + film aluminium	1250	0,170	1250	1562,50	0,109	515,39	50000,00	50000,00	30
<b>FREINE-VAPEUR</b>									
film de polyéthylène PE	850	0,200	1000	850,00	0,235	412,31	100000,00	100000,00	30
papier kraft	1200	0,170							30
<b>PAREMENT EXTERIEUR (façade)</b>									
brique de terre cuite	[1600 à 1700] 1650	1,080	1000	1650,00	0,655	1334,92	10,00	5,00	> 50
Pierre naturelle (locale ou Europe)	[2400 à 2800] 2600	2,300	1000	2600,00	0,8846	2445,40	variable selon le type de roche		> 50
Pierre reconstituée	2000	1,700	1000	2000,00	0,850	1843,91	50,00	40,00	> 50
plaque de fibro-ciment	[1800 à 2000] 1800	0,580	1050	1890,00	0,3069	1047,00	130,00	70,00	> 50
<b>ENDUIT DE FACADE (sur isolant)</b>									
enduit au mortier de ciment	1500	1,500	1000	1500,00	1,000	1500,00	20,00	10,00	30
enduit au mortier de chaux	1400	1,400	1000	1400,00	1,000	1400,00	20,00	10,00	30
enduit synthétique (silicones/silicates)	[1200 à 1500] 1200						140,00	100,00	30

MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Performances hygrothermiques

Matériaux et composants	Densité $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Conductiv.therm $\lambda$ W/mK	Chaleur spécif. $C$ J/kgK	Capacité therm. $\rho C$ $\rho C$ KJ/m <sup>3</sup> K	INERTIE	Effusivité $(\lambda \rho C)^{1/2}$ J/m <sup>2</sup> Ks <sup>1/2</sup>	VAPEUR D'EAU		Durée de vie  an
					Diffusivité $\lambda / \rho C$ m <sup>2</sup> /s		Résistance à la diffusion de vapeur d'eau $\mu$ sec	$\mu$ humide	
<b>REVETEMENT DE TOITURE</b>									
ardoise naturelle	2700	2,200	1000	2700,00	0,815	2437,21	1000,00	800,00	> 50
ardoise en fibro-ciment	1800	0,580	1050	1890,00	0,307	1047,00	130,00	70,00	> 50
tuile en terre cuite	[1600 à 1800] <b>1700</b>	1,000	800	1360,00	0,735	1166,19	40,00	30,00	> 50
tuile en béton	2100	1,500	1000	2100,00	0,714	1774,82	100,00	60,00	> 50
dalle de ciment (lestage toiture terrasse)	1900	1,400	1000	1900,00	0,737	1630,95	100,00	60,00	30
<b>CLOISONNEMENT INTERIEUR</b>									
bloc de plâtre	[950 à 1200] <b>950</b>	0,430	1000	950,00	0,453	639,14	10,00	4,00	30
plaque de carton plâtre	900	0,250	1000	900,00	0,278	474,34	10,00	4,00	30
plaque de fibro-plâtre	1150	0,320	1100	1265,00	0,253	636,24	19,00	5,00	30
<b>ENDUIT INTERIEUR</b>									
enduit au plâtre	1200	0,570	1000	1200,00	0,475	827,04	10,00	6,00	30
enduit à la chaux	1400	0,730	1000	1400,00	0,521	1010,94	10,00	6,00	30
enduit à l'argile	1800	0,800	1000	1800,00	0,444	1200,00	10,00	5,00	30
<b>REVETEMENT DE SOL DUR</b>									
carrelage grès cérame	2000	1,200	1000	2000,00	0,600	1549,19	$\infty$	$\infty$	> 50
Pierre naturelle (locale ou europe)	[2200 à 2800] <b>2600</b>	[1,7 à 2,3] 2,300	1000	2600,0000	0,8846	2445,40	variable selon le type de roche		> 50
Pierre reconstituée	2000	1,700	1000	2000,00	0,850	1843,91	50,00	40,00	> 50

MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Performances hygrothermiques

Matériaux et composants	Densité $\rho$ $kg/m^3$	Conductiv.therm $\lambda$ $W/mK$	Chaleur spécif. $C$ $J/kgK$	Capacité therm. $\rho C$ $\rho C$ $KJ/m^3K$	INERTIE	VAPEUR D'EAU		Durée de vie  <i>an</i>
					Diffusivité $\lambda / \rho C$ $m^2/s$	Effusivité $(\lambda \rho C)^{1/2}$ $J/m^2Ks^{1/2}$	Résistance à la diffusion de vapeur d'eau $\mu$ sec $\mu$ humide	
<b>REVETEMENT DE SOL SOUPLE</b>								
dalle de liège	400	0,065	1500	600,00	0,108	197,48	40,00 20,00	30
linoléum	1200	0,170	1400	1680,00	0,101	534,42	1000,00 800,00	30
vinyle	1500	0,250	1400	2100,00	0,119	724,57	10000,00 10000,00	30
tapis-plain synthétique	200	0,060	1300	260,00	0,231	124,90	5,00 5,00	10

Les valeurs  $\lambda$ ,  $C$ ,  $\mu$ sec et  $\mu$ humide ont été définies selon:

1. Valeurs définies dans l'annexe A de la norme NBN 62-002
2. Valeurs définies dans la norme NBN EN 12524 "Matériaux et produits pour le bâtiment - propriétés hygrothermiques"
2. Valeurs définies dans la base de données du calculateur U de la Région wallonne pour les matériaux non repris dans la norme (celui a été remplacé par l'annexe VII de l'AGW PEB)
3. Pour les matériaux non repris dans les deux outils précédents, les valeurs ont été définies selon différentes publications scientifiques dont:
  - Propriétés et caractéristiques des matériaux de construction, Yves COUASNET, Mémento, Le Moniteur, Paris 2007
  - Construire, Atlas des matériaux, M.HEGGER, V. AUCH SCHWELK, M.FUCHS, T.ROSENKRANZ, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2009
  - Guide de la construction et de la rénovation durable, publication du CRTE, téléchargeable sur le site [www.crte.lu](http://www.crte.lu), 2009
  - Passivhaus - Bauteilkatalog, Okologisch bewertete Konstruktionen, 3ème édition, Springer Wien New-York, 2009

Pour certains matériaux, notamment les isolants, dont les valeurs  $\rho$  et  $\lambda$  sont comprises dans une échelle de grandeur, nous avons chaque fois donné:

- l'échelle de grandeur - *exemple* [0,031 à 0,045]
- la valeur utilisée lors des différentes analyses - **exemple 0,035**

**Nous avertissons le lecteur sur le fait qu'utiliser ces valeurs ne garantit pas que celles-ci seront acceptées d'office dans le cadre des dossiers PEB ou primes si elles ne sont pas accompagnées des pièces justificatives**



## **Annexe 3**

### **Calcul du coefficient U – épaisseur d'isolant**

« basse énergie – 30kWh/m<sup>2</sup>/an »

Murs extérieurs plein

Murs extérieurs à ossature

Toitures

Dalles de sol

# Conception "basse énergie"

## VALEURS U DES MURS EXT. MASSIFS

Projet: **Définition de parois - types**

Couches à pente intégrée (isolation) et  
couche d'air immobile -> outils de calcul à droite

<b>1</b>	<b>MM.BE.EN.01</b>						
N° de la paroi Description de la paroi							
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>							
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>							
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
1.	<b>enduit plâtre</b>						<b>20</b>
2.	<b>bloc béton</b>						<b>140</b>
3.	<b>EPS</b>						<b>170</b>
4.	<b>enduit synthétique</b>						<b>5</b>
5.							
6.							
7.							
8.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
						<b>33,5</b>	
<b>Valeur U:</b>						<b>0,193</b> W/(m²K)	

<b>2</b>	<b>MM.BE.EN.01a</b>						
N° de la paroi Description de la paroi							
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>							
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>							
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
1.	<b>enduit chaux</b>						<b>20</b>
2.	<b>bloc béton</b>						<b>140</b>
3.	<b>laine de roche</b>						<b>170</b>
4.	<b>enduit minéral ciment</b>						<b>10</b>
5.							
6.							
7.							
8.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
						<b>34,0</b>	
<b>Valeur U:</b>						<b>0,194</b> W/(m²K)	

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>3</b>	<b>MM.BE.EN.01b</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>
2.	<b>bloc béton</b>					<b>140</b>
3.	<b>laine de bois</b>					<b>190</b>
4.	<b>enduit minéral chaux</b>					<b>10</b>
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
						<b>36,0</b>
Valeur U: <b>0,192</b> W/(m²K)						

<b>4</b>	<b>MM.BE.EN.02</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>enduit plâtre</b>					<b>20</b>
2.	<b>bloc terre cuite</b>					<b>140</b>
3.	<b>EPS</b>					<b>160</b>
4.	<b>enduit synthétique</b>					<b>5</b>
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
						<b>32,5</b>
Valeur U: <b>0,192</b> W/(m²K)						

<b>5</b>	<b>MM.BE.EN.02a</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>
2.	<b>bloc terre cuite</b>					<b>140</b>
3.	<b>laine de roche</b>					<b>160</b>
4.	<b>enduit mortier ciment</b>					<b>10</b>
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>7,0%</b>			<b>33,0</b>
Valeur U: <b>0,192</b> W/(m²K)						

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>6</b>	<b>MM.BE.EN.02b</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>
2.	<b>bloc terre cuite</b>					<b>140</b>
3.	<b>laine de bois</b>					<b>180</b>
4.	<b>enduit minéral chaux</b>					<b>10</b>
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>7,0%</b>			<b>35,0</b>
<b>Valeur U:</b>						<b>0,195</b> W/(m²K)

<b>7</b>	<b>MM.BE.EN.03</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>enduit plâtre</b>					<b>20</b>
2.	<b>bloc béton cellul.</b>					<b>150</b>
3.	<b>EPS</b>					<b>150</b>
4.	<b>enduit synthétique</b>					<b>5</b>
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>7,0%</b>			<b>32,5</b>
<b>Valeur U:</b>						<b>0,191</b> W/(m²K)

<b>8</b>	<b>MM.BE.EN.03a</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>
2.	<b>bloc béton cellul.</b>					<b>150</b>
3.	<b>laine de roche</b>					<b>150</b>
4.	<b>enduit mortier ciment</b>					<b>10</b>
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>7,0%</b>			<b>33,0</b>
<b>Valeur U:</b>						<b>0,191</b> W/(m²K)

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>9</b>	<b>MM.BE.EN.03b</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800				20
2.	bloc béton cellul.	0,200				150
3.	laine de bois	0,040				170
4.	enduit minéral chaux	1,240				10
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>7,0%</b>				<b>35,0</b>
Valeur U:						<b>0,192</b> W/(m²K)

<b>10</b>	<b>MM.BE.EN.04</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit plâtre	0,520				20
2.	bloc silico-calcaire	0,600				150
3.	EPS	0,035				160
4.	enduit synthétique	1,500				5
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>7,0%</b>				<b>33,5</b>
Valeur U:						<b>0,199</b> W/(m²K)

<b>11</b>	<b>MM.BE.EN.04a</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800				20
2.	bloc silico-calcaire	0,600				150
3.	laine de roche	0,035				160
4.	enduit mortier ciment	1,500				10
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>7,0%</b>				<b>34,0</b>
Valeur U:						<b>0,199</b> W/(m²K)

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>12</b>	<b>MM.BE.EN.04b</b>						
N° de la paroi	Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W]							
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>	
2.	<b>bloc silico-calcaire</b>					<b>150</b>	
3.	<b>laine de bois</b>					<b>190</b>	
4.	<b>enduit minéral chaux</b>					<b>10</b>	
5.							
6.							
7.							
8.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
			<b>7,0%</b>			<b>37,0</b>	
Valeur U:						<b>0,192</b>	W/(m²K)

<b>13</b>	<b>MM.BE.EN.05</b>						
N° de la paroi	Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W]							
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
1.	<b>enduit plâtre</b>					<b>20</b>	
2.	<b>béton armé</b>					<b>150</b>	
3.	<b>EPS</b>					<b>170</b>	
4.	<b>enduit synthétique</b>					<b>5</b>	
5.							
6.							
7.							
8.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
			<b>7,0%</b>			<b>34,5</b>	
Valeur U:						<b>0,194</b>	W/(m²K)

<b>14</b>	<b>MM.BE.EN.05a</b>						
N° de la paroi	Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W]							
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>	
2.	<b>béton armé</b>					<b>150</b>	
3.	<b>laine de roche</b>					<b>170</b>	
4.	<b>enduit mortier ciment</b>					<b>10</b>	
5.							
6.							
7.							
8.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
			<b>7,0%</b>			<b>35,0</b>	
Valeur U:						<b>0,194</b>	W/(m²K)

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>15</b>	<b>MM.BE.EN.05b</b>						
N° de la paroi	Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W]							
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>	
2.	<b>béton armé</b>					<b>150</b>	
3.	<b>laine de bois</b>					<b>190</b>	
4.	<b>enduit minéral chaux</b>					<b>10</b>	
5.							
6.							
7.							
8.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
			<b>6,3%</b>			<b>37,0</b>	
Valeur U:						<b>0,198</b>	W/(m²K)

<b>16</b>	<b>MM.BE.BAB.01</b>						
N° de la paroi	Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W]							
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
1.	<b>enduit plâtre</b>					<b>20</b>	
2.	<b>bloc béton</b>					<b>140</b>	
3.	<b>polystyrène extrudé</b>	<b>ossature bois</b>	<b>0,130</b>			<b>220</b>	
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
			<b>12,0%</b>			<b>38,0</b>	
Valeur U:						<b>0,196</b>	W/(m²K)

<b>17</b>	<b>MM.BE.BAB.01a</b>						
N° de la paroi	Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W]							
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>	
2.	<b>bloc béton</b>					<b>140</b>	
3.	<b>laine de roche</b>	<b>ossature bois</b>	<b>0,130</b>			<b>220</b>	
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
			<b>12,0%</b>			<b>38,0</b>	
Valeur U:						<b>0,196</b>	W/(m²K)

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>18</b>	<b>MM.BE.BAB.01b</b>						
N° de la paroi	Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W]							
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>	
2.	<b>bloc béton</b>					<b>140</b>	
3.	<b>laine de bois</b>	<b>ossature bois</b>	<b>0,130</b>			<b>240</b>	
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
			<b>12,0%</b>			<b>40,0</b>	
Valeur U:						<b>0,197</b>	W/(m²K)

<b>19</b>	<b>MM.BE.BAB.02</b>						
N° de la paroi	Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W]							
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
1.	<b>enduit plâtre</b>					<b>20</b>	
2.	<b>bloc terre cuite</b>					<b>140</b>	
3.	<b>polystyrène extrudé</b>	<b>ossature bois</b>	<b>0,130</b>			<b>200</b>	
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
			<b>12,0%</b>			<b>36,0</b>	
Valeur U:						<b>0,198</b>	W/(m²K)

<b>20</b>	<b>MM.BE.BAB.02a</b>						
N° de la paroi	Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W]							
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>	
2.	<b>bloc terre cuite</b>					<b>140</b>	
3.	<b>laine de roche</b>	<b>ossature bois</b>	<b>0,130</b>			<b>200</b>	
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
			<b>12,0%</b>			<b>36,0</b>	
Valeur U:						<b>0,198</b>	W/(m²K)

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>21</b>	<b>MM.BE.BAB.02b</b>
N° de la paroi	Description de la paroi
Résistance superficielle [m²K/W]	
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>

	Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800					20
2.	bloc terre cuite	0,320					140
3.	laine de bois	0,040	ossature bois	0,130			220
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
			Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>12,0%</b>				<b>38,0</b>

Valeur U: **0,198** W/(m²K)

<b>22</b>	<b>MM.BE.BAB.03</b>
N° de la paroi	Description de la paroi
Résistance superficielle [m²K/W]	
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>

	Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit plâtre	0,520					20
2.	bloc béton cell.	0,200					150
3.	polystyrène extrudé	0,035	ossature bois	0,130			190
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
			Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>12,0%</b>				<b>36,0</b>

Valeur U: **0,193** W/(m²K)

<b>23</b>	<b>MM.BE.BAB.03a</b>
N° de la paroi	Description de la paroi
Résistance superficielle [m²K/W]	
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>

	Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800					20
2.	bloc béton cell.	0,200					150
3.	laine de roche	0,035	ossature bois	0,130			190
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
			Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>12,0%</b>				<b>36,0</b>

Valeur U: **0,193** W/(m²K)

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>24</b>	<b>MM.BE.BAB.03b</b>						
N° de la paroi	Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W]							
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>	
2.	<b>bloc béton cell.</b>					<b>150</b>	
3.	<b>laine de bois</b>	<b>ossature bois</b>	<b>0,130</b>			<b>210</b>	
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
			<b>12,0%</b>			<b>38,0</b>	
Valeur U:						<b>0,193</b>	W/(m²K)

<b>25</b>	<b>MM.BE.BAB.04</b>						
N° de la paroi	Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W]							
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
1.	<b>enduit plâtre</b>					<b>20</b>	
2.	<b>bloc silico-calcaire</b>					<b>150</b>	
3.	<b>polystyrène extrudé</b>	<b>ossature bois</b>	<b>0,130</b>			<b>210</b>	
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
			<b>12,0%</b>			<b>38,0</b>	
Valeur U:						<b>0,197</b>	W/(m²K)

<b>26</b>	<b>MM.BE.BAB.04a</b>						
N° de la paroi	Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W]							
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>	
2.	<b>bloc silico-calcaire</b>					<b>150</b>	
3.	<b>laine de roche</b>	<b>ossature bois</b>	<b>0,130</b>			<b>210</b>	
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
			<b>12,0%</b>			<b>38,0</b>	
Valeur U:						<b>0,198</b>	W/(m²K)

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>27</b>	<b>MM.BE.BAB.04b</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]	intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>					
	extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>
2.	<b>bloc silico-calcaire</b>					<b>150</b>
3.	<b>laine de bois</b>	<b>ossature bois</b>	<b>0,130</b>			<b>240</b>
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>12,0%</b>			<b>41,0</b>
Valeur U: <b>0,191</b> W/(m²K)						

<b>28</b>	<b>MM.BE.BAB.05</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]	intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>					
	extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>enduit plâtre</b>					<b>20</b>
2.	<b>béton armé</b>					<b>150</b>
3.	<b>polystyrène extrudé</b>	<b>ossature bois</b>	<b>0,130</b>			<b>220</b>
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>12,0%</b>			<b>39,0</b>
Valeur U: <b>0,196</b> W/(m²K)						

<b>29</b>	<b>MM.BE.BAB.05a</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]	intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>					
	extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>
2.	<b>béton armé</b>					<b>150</b>
3.	<b>laine de roche</b>	<b>ossature bois</b>	<b>0,130</b>			<b>220</b>
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>12,0%</b>			<b>39,0</b>
Valeur U: <b>0,197</b> W/(m²K)						

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>30</b>	<b>MM.BE.BAB.05b</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]	interieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>					
	extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>
2.	<b>béton armé</b>					<b>150</b>
3.	<b>laine de bois</b>	<b>ossature bois</b>	<b>0,130</b>			<b>240</b>
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>12,0%</b>			<b>41,0</b>
Valeur U: <b>0,198</b> W/(m²K)						

<b>31</b>	<b>MM.BE.PAB.01</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]	interieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>					
	extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>enduit plâtre</b>					<b>20</b>
2.	<b>bloc béton</b>					<b>140</b>
3.	<b>polyuréthane</b>					<b>120</b>
4.	<b>brique terre cuite</b>	<b>mortier ciment</b>	<b>1,000</b>			<b>90</b>
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>10,0%</b>			<b>37,0</b>
Valeur U: <b>0,190</b> W/(m²K)						

<b>32</b>	<b>MM.BE.PAB.01a</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]	interieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>					
	extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>
2.	<b>bloc béton</b>					<b>140</b>
3.	<b>polystyrène expansé</b>					<b>160</b>
4.	<b>brique terre cuite</b>	<b>mortier ciment</b>	<b>1,000</b>			<b>90</b>
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>10,0%</b>			<b>41,0</b>
Valeur U: <b>0,199</b> W/(m²K)						

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>33</b>	<b>MM.BE.PAB.01b</b>
N° de la paroi	Description de la paroi
Résistance superficielle [m²K/W]	
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>

Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1. <b>enduit chaux</b>	<b>0,800</b>					<b>20</b>
2. <b>bloc béton</b>	<b>1,320</b>					<b>140</b>
3. <b>laine de roche</b>	<b>0,035</b>					<b>160</b>
4. <b>brique terre cuite</b>	<b>0,510</b>	<b>mortier ciment</b>	<b>1,000</b>			<b>90</b>
5.						
6.						
7.						
8.						

Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
<b>10,0%</b>				<b>41,0</b>

Valeur U: **0,199** W/(m²K)

<b>34</b>	<b>MM.BE.PAE.01</b>
N° de la paroi	Description de la paroi
Résistance superficielle [m²K/W]	
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>

Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1. <b>enduit plâtre</b>	<b>0,520</b>					<b>20</b>
2. <b>bloc béton</b>	<b>1,320</b>					<b>140</b>
3. <b>polyuréthane</b>	<b>0,025</b>					<b>120</b>
4. <b>brique terre cuite</b>	<b>0,510</b>	<b>mortier ciment</b>	<b>1,000</b>			<b>90</b>
5. <b>enduit min. ciment</b>	<b>1,500</b>					<b>10</b>
6.						
7.						
8.						

Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
<b>10,0%</b>				<b>38,0</b>

Valeur U: **0,189** W/(m²K)

<b>35</b>	<b>MM.BE.PAE.01a</b>
N° de la paroi	Description de la paroi
Résistance superficielle [m²K/W]	
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>

Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1. <b>enduit chaux</b>	<b>0,800</b>					<b>20</b>
2. <b>bloc béton</b>	<b>1,320</b>					<b>140</b>
3. <b>polystyrène expansé</b>	<b>0,035</b>					<b>160</b>
4. <b>brique terre cuite</b>	<b>0,510</b>	<b>mortier ciment</b>	<b>1,000</b>			<b>90</b>
5. <b>enduit min. chaux</b>	<b>1,240</b>					<b>10</b>
6.						
7.						
8.						

Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
<b>10,0%</b>				<b>42,0</b>

Valeur U: **0,198** W/(m²K)

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>36</b>	<b>MM.BE.PAE.01b</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800				20
2.	bloc béton	1,320				140
3.	laine de roche	0,035				160
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.	enduit min.chaux	1,240				10
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>42,0</b>
Valeur U:						<b>0,198</b> W/(m²K)

<b>37</b>	<b>MM.BE.PAB.02</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit plâtre	0,520				20
2.	bloc terre cuite	0,320				140
3.	polyuréthane	0,025				110
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>36,0</b>
Valeur U:						<b>0,192</b> W/(m²K)

<b>38</b>	<b>MM.BE.PAB.02a</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800				20
2.	bloc terre cuite	0,320				140
3.	polystyrène expansé	0,035				150
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>40,0</b>
Valeur U:						<b>0,197</b> W/(m²K)

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>39</b>	<b>MM.BE.BAB.02b</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800				20
2.	bloc terre cuite	0,320				140
3.	laine de roche	0,035				150
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>40,0</b>
Valeur U: <b>0,197</b> W/(m²K)						

<b>40</b>	<b>MM.BE.PAE.02</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit plâtre	0,520				20
2.	bloc terre cuite	0,320				140
3.	polyuréthane	0,025				110
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.	enduit min. ciment	1,500				10
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>37,0</b>
Valeur U: <b>0,192</b> W/(m²K)						

<b>41</b>	<b>MM.BE.PAE.02a</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800				20
2.	bloc terre cuite	0,320				140
3.	polystyrène expansé	0,035				150
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.	enduit min. chaux	1,240				10
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>41,0</b>
Valeur U: <b>0,197</b> W/(m²K)						

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>42</b>	<b>MM.BE.PAE.02b</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800				20
2.	bloc terre cuite	0,320				140
3.	laine de roche	0,035				150
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.	enduit min.chaux	1,240				10
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>41,0</b>
Valeur U:						<b>0,197</b> W/(m²K)

<b>43</b>	<b>MM.BE.PAB.03</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit plâtre	0,520				20
2.	bloc béton cellul.	0,200				150
3.	polyuréthane	0,025				100
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>36,0</b>
Valeur U:						<b>0,195</b> W/(m²K)

<b>44</b>	<b>MM.BE.PAB.03a</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800				20
2.	bloc béton cellul.	0,200				150
3.	polystyrène expansé	0,035				140
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>40,0</b>
Valeur U:						<b>0,196</b> W/(m²K)

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>45</b>	<b>MM.BE.BAB.03b</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800				20
2.	bloc béton cellul.	0,200				150
3.	laine de roche	0,035				140
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>40,0</b>
Valeur U:						<b>0,196</b> W/(m²K)

<b>46</b>	<b>MM.BE.PAE.03</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit plâtre	0,520				20
2.	bloc béton cellul.	0,200				150
3.	polyuréthane	0,025				100
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.	enduit min. ciment	1,500				10
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>37,0</b>
Valeur U:						<b>0,195</b> W/(m²K)

<b>47</b>	<b>MM.BE.PAE.03a</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800				20
2.	bloc béton cellul.	0,200				150
3.	polystyrène expansé	0,035				140
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.	enduit min. chaux	1,240				10
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>41,0</b>
Valeur U:						<b>0,195</b> W/(m²K)

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>48</b>	<b>MM.BE.PAE.03b</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800				20
2.	bloc béton cellul.	0,200				150
3.	laine de roche	0,035				140
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.	enduit min.chaux	1,240				10
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>41,0</b>
Valeur U:						<b>0,195</b> W/(m²K)

<b>49</b>	<b>MM.BE.PAB.04</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit plâtre	0,520				20
2.	bloc silico-calcaire	0,600				150
3.	polyuréthane	0,025				110
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>37,0</b>
Valeur U:						<b>0,199</b> W/(m²K)

<b>50</b>	<b>MM.BE.PAB.04a</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800				20
2.	bloc silico-calcaire	0,600				150
3.	polystyrène expansé	0,035				160
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>42,0</b>
Valeur U:						<b>0,193</b> W/(m²K)

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>51</b>	<b>MM.BE.BAB.04b</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800				20
2.	bloc silico-calcaire	0,600				150
3.	laine de roche	0,035				160
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>42,0</b>
Valeur U:						<b>0,193</b> W/(m²K)

<b>52</b>	<b>MM.BE.PAE.04</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit plâtre	0,520				20
2.	bloc silico-calcaire	0,600				150
3.	polyuréthane	0,025				110
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.	enduit min. ciment	1,500				10
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>38,0</b>
Valeur U:						<b>0,199</b> W/(m²K)

<b>53</b>	<b>MM.BE.PAE.04a</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800				20
2.	bloc silico-calcaire	0,600				150
3.	polystyrène expansé	0,035				160
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.	enduit min. chaux	1,240				10
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>43,0</b>
Valeur U:						<b>0,193</b> W/(m²K)

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>54</b>	<b>MM.BE.PAE.04b</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800				20
2.	bloc silico-calcaire	0,600				150
3.	laine de roche	0,035				160
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.	enduit min.chaux	1,240				10
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>43,0</b>
Valeur U: <b>0,193</b> W/(m²K)						

<b>55</b>	<b>MM.BE.PAB.05</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit plâtre	0,520				20
2.	voile béton armé	1,700				150
3.	polyuréthane	0,025				120
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>38,0</b>
Valeur U: <b>0,190</b> W/(m²K)						

<b>56</b>	<b>MM.BE.PAB.05a</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,800				20
2.	voile béton armé	1,700				150
3.	polystyrène expansé	0,035				160
4.	brique terre cuite	0,510	mortier ciment	1,000		90
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>				<b>42,0</b>
Valeur U: <b>0,199</b> W/(m²K)						

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>57</b>	<b>MM.BE.BAB.05b</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>
2.	<b>voile béton armé</b>					<b>150</b>
3.	<b>laine de roche</b>					<b>160</b>
4.	<b>brique terre cuite</b>	<b>mortier ciment</b>	<b>1,000</b>			<b>90</b>
5.						
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>10,0%</b>			<b>42,0</b>
Valeur U:						<b>0,199</b> W/(m²K)

<b>58</b>	<b>MM.BE.PAE.05</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>enduit plâtre</b>					<b>20</b>
2.	<b>voile béton armé</b>					<b>150</b>
3.	<b>polyuréthane</b>					<b>120</b>
4.	<b>brique terre cuite</b>	<b>mortier ciment</b>	<b>1,000</b>			<b>90</b>
5.	<b>enduit min. ciment</b>					<b>10</b>
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>10,0%</b>			<b>39,0</b>
Valeur U:						<b>0,190</b> W/(m²K)

<b>59</b>	<b>MM.BE.PAE.05a</b>					
N° de la paroi	Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]						
intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,13</b>					
extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,04</b>					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>enduit chaux</b>					<b>20</b>
2.	<b>voile béton armé</b>					<b>150</b>
3.	<b>polystyrène expansé</b>					<b>160</b>
4.	<b>brique terre cuite</b>	<b>mortier ciment</b>	<b>1,000</b>			<b>90</b>
5.	<b>enduit min. chaux</b>					<b>10</b>
6.						
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>10,0%</b>			<b>43,0</b>
Valeur U:						<b>0,199</b> W/(m²K)

MURS EXTERIEURS MASSIFS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

60	MM.BE.PAE.05b				
N° de la paroi	Description de la paroi				
Résistance superficielle [m²K/W]		intérieure R <sub>si</sub> :			0,13
		extérieure R <sub>se</sub> :			0,04
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]
1.	enduit chaux				
	0,800				
2.	voile béton armé				
	1,700				
3.	laine de roche				
	0,035				
4.	brique terre cuite	mortier ciment	1,000		
	0,510				
5.	enduit min.chaux				
	1,240				
6.					
7.					
8.					
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3	
		10,0%			
					Epaisseur [mm]
					20
					150
					160
					90
					10
					Total
					43,0
Valeur U:					0,199 W/(m²K)

# Conception "basse énergie"

## VALEURS U DES MURS A OSSATURE BOIS

Projet: Définition de parois - types Couches à pente intégrée (isolation) et couche d'air immobile -> outils de calcul à droite

61		MO BE BAB 01							
N° de la paroi		Description de la paroi							
Résistance superficielle [m²K/W]		intérieure R <sub>si</sub> :		0,13					
		extérieure R <sub>se</sub> :		0,04					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]			
1. plaque de carton pla.	0,250					13			
2. vide	0,325			lattage	0,130	60	0		
3. panneau OSB	0,130					18	0		
4. laine de roche	0,035	ossature bois	0,130			180	3		
5. panneau bois bituminé	0,052					18			
6. vide ventilé...Ri				lattage+contrelattage		70	0		
7. bardage zinc	113,000								
8.									
		Pourcentage de surface de la section 2		10,0%		Pourcentage de surface de la section 3		10,0%	
						Total		35,9 cm	
						Valeur U:		0,197 W/(m²K)	

62		MO BE BAB 01a							
N° de la paroi		Description de la paroi							
Résistance superficielle [m²K/W]		intérieure R <sub>si</sub> :		0,13					
		extérieure R <sub>se</sub> :		0,04					
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]			
1. plaque fibro-plâtre	0,320					13			
2. vide	0,325			lattage	0,130	60			
3. panneau OSB	0,130					18			
4. laine de bois	0,040	ossature bois	0,130			180			
5. laine de bois	0,040					20			
6. panneau bois bituminé	0,052					18			
7. vide ventilé...Ri				lattage+contrelattage		70			
8. bardage en fibro-ciment									
		Pourcentage de surface de la section 2		10,0%		Pourcentage de surface de la section 3		7,0%	
						Total		37,9 cm	
						Valeur U:		0,193 W/(m²K)	

MURS EXTERIEURS A OSSATURE BOIS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>63</b>	<b>MO BE BAB 01b</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1. lambris bois	0,130					10
2. vide	0,325			lattage	0,130	60
3. panneau OSB	0,130					18
4. cellulose	0,040	ossature bois	0,130			180
5. panneau bois latex	0,050					40
6. vide ventilé...Ri				lattage+contrelattage		70
7. bardage bois						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>10,0%</b>		<b>7,0%</b>	<b>37,8</b> cm
<b>Valeur U:</b>						<b>0,194</b> W/(m²K)

<b>64</b>	<b>MO BE EN 01</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1. pl de carton platre	0,250					13
2. vide	0,325			lattage	0,130	60
3. panneau OSB	0,130					18
4. laine de roche	0,035	ossature bois	0,130			160
5. panneau MDF	0,180					20
6. laine de roche	0,035					30
7. enduit minéral ciment	1,500					10
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>10,0%</b>		<b>6,3%</b>	<b>31,1</b> cm
<b>Valeur U:</b>						<b>0,190</b> W/(m²K)

<b>65</b>	<b>MO BE EN 01a</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1. plaque fibro-plâtre	0,320					13
2. vide	0,325			lattage	0,130	60
3. panneau OSB	0,130					18
4. laine de bois	0,040	ossature bois	0,130			180
5. panneau MDF	0,180					20
6. laine de bois	0,040					30
7. enduit chaux	1,240					10
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
			<b>10,0%</b>		<b>6,3%</b>	<b>33,1</b> cm
lambda 0,0024						<b>Valeur U:</b> <b>0,192</b> W/(m²K)

MURS EXTERIEURS A OSSATURE BOIS  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

66	MO BE EN 01b					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : 0,13						
extérieure R <sub>se</sub> : 0,04						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1. lambris bois	0,130					13
2. vide	0,325			lattage	0,130	60
3. panneau OSB	0,130					18
4. cellulose	0,040	ossature bois	0,130			180
5. panneau MDF	0,180					20
6. laine de bois	0,040					30
7. enduit silicone	1,500					10
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		10,0%				33,1 cm
Valeur U:						0,191 W/(m²K)

# Conception "basse énergie" VALEURS U DES TOITURES

Projet: **Définition de parois - types**

Couches à pente intégrée (isolation) et  
couche d'air immobile -> outils de calcul à droite

1		TP. BE. M.01					
N° de la paroi		Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]		intérieure R <sub>si</sub> :		0,13			
		extérieure R <sub>se</sub> :		0,04			
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
1.	enduit plâtre	0,570				15	
2.	dalle béton	2,500				200	
3.	Béton de pente	1,650				100	
4.	Pare-vapeur PE	0,200				2	
5.	PUR	0,025				120	
6.	Etanchéité bitumeuse	0,230				5	
7.	graviers roulés	2,000				40	
8.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
						48,2 cm	
				Valeur U:		0,193 W/(m²K)	

2		TP. BE. M.01a					
N° de la paroi		Description de la paroi					
Résistance superficielle [m²K/W]		intérieure R <sub>si</sub> :		0,13			
		extérieure R <sub>se</sub> :		0,04			
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
1.	enduit chaux	0,730				15	
2.	dalle béton	2,500				200	
3.	Béton de pente	1,650				100	
4.	Pare-vapeur PE	0,200				2	
5.	laine de roche	0,035				170	
6.	Etanchéité PVC	0,170				5	
7.	graviers roulés	2,000				40	
8.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
						53,2 cm	
				Valeur U:		0,191 W/(m²K)	

TOITURES  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>3</b>	<b>TP.BE.M.01b</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit argile	0,800				15
2.	dalle béton	2,500				200
3.	Béton de pente	1,650				100
4.	Pare-vapeur PE	0,200				2
5.	panneaux liège	0,040				190
6.	Etanchéité EPDM	0,250				5
7.	graviers roulés	2,000				40
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<b>55,2</b> cm
Valeur U: <b>0,195</b> W/(m²K)						

<b>4</b>	<b>TP.BE.M.02</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit plâtre	0,520				10
2.	dalle béton	2,500				200
3.	Béton de pente	1,650				100
4.	Pare-vapeur PE	0,200				2
5.	PUR	0,025				120
6.	Etanchéité bitumeuse	0,230				5
7.	dalles ciment					20
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<b>45,7</b> cm
Valeur U: <b>0,194</b> W/(m²K)						

<b>5</b>	<b>TP.BE.M.02a</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,730				15
2.	dalle béton	2,500				200
3.	Béton de pente	1,650				100
4.	Pare-vapeur PE	0,200				2
5.	laine de roche	0,035				170
6.	Etanchéité PVC	0,170				5
7.	dalles ciment					20
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>6,3%</b>		<input type="text"/>		<b>51,2</b> cm
Valeur U: <b>0,191</b> W/(m²K)						

TOITURES  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>6</b>	<b>TP.BE.M.02b</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit argile	0,800				15
2.	dalle béton	2,500				200
3.	Béton de pente	1,650				100
4.	Pare-vapeur PE	0,200				2
5.	panneaux liège	0,040				190
6.	Etanchéité EPDM	0,250				5
7.	dalles ciment					20
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>6,7%</b>				<b>53,2</b> cm
<b>Valeur U: 0,196</b> W/(m²K)						

<b>7</b>	<b>TP.BE.M.03</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit plâtre	0,520				10
2.	dalle béton	2,500				200
3.	Béton de pente	1,650				100
4.	Pare-vapeur PE	0,200				2
5.	PUR	0,025				120
6.	Etanchéité bitumeuse	0,230				5
7.	lambourdes bois					80
8.	terrasse bois exotique					20
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
						<b>53,7</b> cm
<b>Valeur U: 0,194</b> W/(m²K)						

<b>8</b>	<b>TP.BE.M.03a</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit chaux	0,730				15
2.	dalle béton	2,500				200
3.	Béton de pente	1,650				100
4.	Pare-vapeur PE	0,200				2
5.	laine de roche	0,035				170
6.	Etanchéité PVC	0,170				5
7.	lambourdes bois					80
8.	terrasse bois exotique					20
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
				<b>10,0%</b>		<b>59,2</b> cm
<b>Valeur U: 0,191</b> W/(m²K)						

TOITURES  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>9</b>	<b>TP.BE.M.03b</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,13</span>						
extérieure R <sub>se</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,04</span>						
0,0744						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	enduit argile	0,800				15
2.	dalle béton	2,500				200
3.	Béton de pente	1,650				100
4.	Pare-vapeur PE	0,200				2
5.	panneaux liège	0,040				190
6.	Etanchéité EPDM	0,250				5
7.	lambourdes bois					80
8.	terrasse bois exotique					20
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">10,0%</span>		<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">10,0%</span>		<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">61,2</span> cm
				Valeur U: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,196</span> W/(m²K)		

<b>10</b>	<b>TP.BE.O.01</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,13</span>						
extérieure R <sub>se</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,04</span>						
0,9						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	pl de carton platre	0,250				13
2.	pare vapeur PE					
3.	laine de roche	0,035	ossature bois	0,130		160
4.	panneau multiplex	0,170				20
5.	PUR	0,025				25
6.	Etanchéité bitumeuse	0,230				5
7.	graviers roulés	2,000				40
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">10,0%</span>		<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">10,0%</span>		<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">26,3</span> cm
				Valeur U: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,195</span> W/(m²K)		0,07809335

<b>11</b>	<b>TP.BE.O.01a</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,13</span>						
extérieure R <sub>se</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,04</span>						
1,152						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	pl de fibro platre	0,320				13
2.	pare vapeur PE					
3.	laine de bois	0,040	ossature bois	0,130		160
4.	panneau OSB	0,130				20
5.	laine de roche	0,035				40
6.	Etanchéité PVC	0,170				5
7.	graviers roulés	2,000				40
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">6,7%</span>		<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"></span>		<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">27,8</span> cm
				Valeur U: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,195</span> W/(m²K)		

TOITURES  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>12</b>	<b>TP.BE.O.01b</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,13</span>						
extérieure R <sub>se</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,04</span>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	lambris bois	0,130				13
2.	pare vapeur PE					
3.	flocons cellulose	0,040	ossature bois	0,130		160
4.	panneau OSB	0,130				20
5.	liège	0,040				50
6.	Etanchéité EPDM	0,250				5
7.	graviers roulés	2,000				40
8.						
Pourcentage de surface de la section 2			Pourcentage de surface de la section 3			Total
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">10,0%</span>			<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">10,0%</span>			<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">28,8</span> cm
Valeur U: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,196</span> W/(m²K)						

<b>13</b>	<b>TV.BE.DS.01</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,13</span>						
extérieure R <sub>se</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,04</span>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	pl de carton platre	0,250				13
2.	vide	0,325		lattage	0,130	60
3.	panneau OSB	0,130				20
4.	pare-vapeur					2
5.	EPS	0,035	ossature bois	0,130		200
6.						
7.						
8.						
Pourcentage de surface de la section 2			Pourcentage de surface de la section 3			Total
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">10,0%</span>			<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">6,0%</span>			<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">29,5</span> cm
Valeur U: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,194</span> W/(m²K)						

<b>14</b>	<b>TV.BE.DS.01a</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,13</span>						
extérieure R <sub>se</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,04</span>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	pl de fibro platre	0,320				13
2.	vide	0,325		lattage	0,130	60
3.	panneau OSB	0,130				20
4.	pare-vapeur					2
5.	laine de bois	0,040	ossature bois	0,130		200
6.	panneau bois bituminé	0,052				18
7.						
8.						
Pourcentage de surface de la section 2			Pourcentage de surface de la section 3			Total
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">10,0%</span>			<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">6,0%</span>			<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">31,3</span> cm
Valeur U: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,197</span> W/(m²K)						

TOITURES  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>15</b>	<b>TV.BE.DS.01b</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	lambris bois	0,130				10
2.	vide	0,325		lattage	0,130	60
3.	panneau OSB	0,130				20
4.	pare-vapeur					2
5.	cellulose	0,040	ossature bois	0,130		200
6.	panneau bois latex	0,050				18
7.						
8.						
Pourcentage de surface de la section 2			Pourcentage de surface de la section 3			Total
<b>10,0%</b>			<b>6,0%</b>			<b>31,0</b> cm
<b>Valeur U: 0,195</b> W/(m²K)						

<b>16</b>	<b>TV.BE.DS.02</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	pl de carton platre	0,250				13
2.	vide	0,325		lattage	0,130	60
3.	panneau OSB	0,130				20
4.	pare-vapeur					2
5.	EPS	0,035	ossature bois	0,130		190
6.	panneau multiplex	0,170				20
7.						
8.						
Pourcentage de surface de la section 2			Pourcentage de surface de la section 3			Total
<b>10,0%</b>			<b>6,0%</b>			<b>30,5</b> cm
<b>Valeur U: 0,198</b> W/(m²K)						

<b>17</b>	<b>TV.BE.DS.02a</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	pl de fibro platre	0,320				13
2.	vide	0,325		lattage	0,130	60
3.	panneau OSB	0,130				20
4.	pare-vapeur					2
5.	laine de bois	0,040	ossature bois	0,130		210
6.	panneau multiplex	0,170				20
7.						
8.						
Pourcentage de surface de la section 2			Pourcentage de surface de la section 3			Total
<b>10,0%</b>			<b>6,0%</b>			<b>32,5</b> cm
<b>Valeur U: 0,199</b> W/(m²K)						

TOITURES  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>18</b>	<b>TV.BE.DS.02b</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	lambris bois	0,130				10
2.	vide	0,325		lattage	0,130	60
3.	panneau OSB	0,130				20
4.	pare-vapeur					2
5.	cellulose	0,040	ossature bois	0,130		210
6.	panneau multiplex	0,170				20
7.						
8.						
Pourcentage de surface de la section 2			Pourcentage de surface de la section 3			Total
<b>10,0%</b>			<b>6,0%</b>			<b>32,2</b> cm
<b>Valeur U: 0,197</b> W/(m²K)						

<b>19</b>	<b>TV.BE.SR.01</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	pl de carton platre	0,250				13
2.	vide	0,325		lattage	0,130	230
3.	pare-vapeur					2
4.	PUR	0,025	ossature bois	0,130		140
5.						
6.						
7.						
8.						
Pourcentage de surface de la section 2			Pourcentage de surface de la section 3			Total
<b>10,0%</b>			<b>10,0%</b>			<b>38,5</b> cm
<b>Valeur U: 0,194</b> W/(m²K)						

<b>20</b>	<b>TV.BE.SR.01a</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	pl de fibro platre	0,320				13
2.	vide	0,325		lattage	0,130	60
3.	panneau OSB	0,130				20
4.	pare-vapeur					2
5.	laine de bois	0,040	ossature bois	0,130		200
6.	panneau bois bituminé	0,052				18
7.						
8.						
Pourcentage de surface de la section 2			Pourcentage de surface de la section 3			Total
<b>10,0%</b>			<b>10,0%</b>			<b>31,3</b> cm
<b>Valeur U: 0,197</b> W/(m²K)						

TOITURES  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>21</b>	<b>TV.BE.SR.01b</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W]		intérieure R <sub>si</sub> :				<b>0,13</b>
		extérieure R <sub>se</sub> :				<b>0,04</b>
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>lambris bois</b>					<b>13</b>
2.	<b>vide</b>			<b>lattage</b>	<b>0,130</b>	<b>60</b>
3.	<b>panneau OSB</b>					<b>20</b>
4.	<b>pare-vapeur</b>					<b>2</b>
5.	<b>cellulose</b>	<b>ossature bois</b>	<b>0,130</b>			<b>200</b>
6.	<b>panneau bois latex</b>					<b>18</b>
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<b>10,0%</b>		<b>10,0%</b>		<b>31,3</b> cm
Valeur U:				<b>0,194</b>		W/(m²K)

# Conception "basse énergie"

## VALEURS U DES DALLES DE SOL

Projet: **Définition de parois - types**

Couches à pente intégrée (isolation) et  
couche d'air immobile -> outils de calcul à droite

<b>1</b>		<b>DM BE SR HU 01</b>				
N° de la paroi		Description de la paroi				
Résistance superficielle [m²K/W]		intérieure R <sub>si</sub> :		0,13		
		extérieure R <sub>se</sub> :		0,04		
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	vinyle					5
2.	chape					70
3.	pare-vapeur PE					1
4.	PUR					110
5.	dalle béton armé					200
6.	béton maigre					100
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		10,0%				<b>48,6</b> cm
				Valeur U:		<b>0,200</b> W/(m²K)

<b>2</b>		<b>DM BE SR HU 01a</b>				
N° de la paroi		Description de la paroi				
Résistance superficielle [m²K/W]		intérieure R <sub>si</sub> :		0,13		
		extérieure R <sub>se</sub> :		0,04		
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	carrelage grès					10
2.	chape					70
3.	pare-vapeur PE					1
4.	laine de roche					160
5.	dalle béton armé					200
6.	sable					100
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
						<b>54,1</b> cm
				Valeur U:		<b>0,196</b> W/(m²K)

DALLES DE SOL  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>3</b>	<b>DM BE SR HU 01b</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>pierre reconstituée</b>	<b>1,200</b>				<b>10</b>
2.	<b>chape</b>	<b>0,370</b>				<b>70</b>
3.	<b>pare-vapeur PE</b>	<b>0,200</b>				<b>1</b>
4.	<b>liège</b>	<b>0,040</b>				<b>180</b>
5.	<b>dalle béton armé</b>	<b>1,700</b>				<b>200</b>
6.	<b>sable</b>	<b>2,000</b>				<b>100</b>
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<b>56,1</b> cm
Valeur U: <b>0,198</b> W/(m²K)						

<b>4</b>	<b>DM BE SR SE 01</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>carrelage grès</b>	<b>1,200</b>				<b>10</b>
2.	<b>chape</b>	<b>0,370</b>				<b>70</b>
3.	<b>pare-vapeur PE</b>	<b>0,200</b>				<b>1</b>
4.	<b>PUR</b>	<b>0,025</b>				<b>110</b>
5.	<b>dalle béton armé</b>	<b>1,700</b>				<b>200</b>
6.	<b>béton maigre</b>	<b>1,000</b>				<b>100</b>
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<b>49,1</b> cm
Valeur U: <b>0,200</b> W/(m²K)						

<b>5</b>	<b>DM BE SR SE 01a</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <b>0,13</b>						
extérieure R <sub>se</sub> : <b>0,04</b>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>linoléum</b>	<b>0,170</b>				<b>10</b>
2.	<b>chape</b>	<b>0,370</b>				<b>70</b>
3.	<b>pare-vapeur PE</b>	<b>0,200</b>				<b>1</b>
4.	<b>laine de roche</b>	<b>0,035</b>				<b>160</b>
5.	<b>dalle béton armé</b>	<b>1,700</b>				<b>200</b>
6.	<b>sable</b>	<b>2,000</b>				<b>100</b>
7.						
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<b>54,1</b> cm
Valeur U: <b>0,194</b> W/(m²K)						

DALLES DE SOL  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>6</b>	<b>DM BE SR SE 01b</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,13</span>						
extérieure R <sub>se</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,04</span>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	plancher bois	0,180				10
2.	chape	0,370				70
3.	pare-vapeur PE	0,200				1
4.	liège	0,040				180
5.	dalle béton armé	1,700				200
6.	sable	2,000				100
7.						
8.						
Pourcentage de surface de la section 2			Pourcentage de surface de la section 3			Total
<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 15px;"></span>			<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 15px;"></span>			<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><b>56,1</b></span> cm
Valeur U: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><b>0,196</b></span> W/(m²K)						

<b>7</b>	<b>DM BE SS HU 01</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,13</span>						
extérieure R <sub>se</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,04</span>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	vinyle	0,250				5
2.	chape	0,370				70
3.	dalle béton armé	1,700				200
4.	pare-vapeur PE	0,200				1
5.	PUR	0,025				110
6.	béton maigre	1,000				50
7.	sable	2,000				150
8.						
Pourcentage de surface de la section 2			Pourcentage de surface de la section 3			Total
<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 15px;"></span>			<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 15px;"></span>			<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><b>58,6</b></span> cm
Valeur U: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><b>0,199</b></span> W/(m²K)						

<b>8</b>	<b>DM BE SS HU 01a</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,13</span>						
extérieure R <sub>se</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,04</span>						
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	carrelage grès	1,200				10
2.	chape	0,370				70
3.	dalle béton armé	1,700				200
4.	pare-vapeur PE	0,200				1
5.	laine de roche	0,035				160
6.	béton maigre	1,000				50
7.	sable	2,000				150
8.						
Pourcentage de surface de la section 2			Pourcentage de surface de la section 3			Total
<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 15px;"></span>			<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 15px;"></span>			<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><b>64,1</b></span> cm
Valeur U: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><b>0,193</b></span> W/(m²K)						

DALLES DE SOL  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>9</b>	<b>DM BE SS HU 01b</b>
N° de la paroi Description de la paroi	
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,13</span>	
extérieure R <sub>se</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,04</span>	

Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>pierre reconstituée</b>	1,200				20
2.	<b>chape</b>	0,370				70
3.	<b>dalle béton armé</b>	1,700				200
4.	<b>pare-vapeur PE</b>	0,200				1
5.	<b>liège</b>	0,040				180
6.	<b>béton maigre</b>	1,000				50
7.	<b>sable</b>	2,000				150
8.						

Pourcentage de surface de la section 2	Pourcentage de surface de la section 3
<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 20px;"></span>	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 20px;"></span>

<b>67,1</b>	cm
-------------	----

**Valeur U: 0,195 W/(m²K)**

<b>10</b>	<b>DM BE SS SE 01</b>
N° de la paroi Description de la paroi	
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,13</span>	
extérieure R <sub>se</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,04</span>	

Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>carrelage grès</b>	1,200				10
2.	<b>chape</b>	0,370				70
3.	<b>dalle béton armé</b>	1,700				200
4.	<b>pare-vapeur PE</b>	0,200				1
5.	<b>PUR</b>	0,025				110
6.	<b>béton maigre</b>	1,000				50
7.	<b>sable</b>	2,000				150
8.						

Pourcentage de surface de la section 2	Pourcentage de surface de la section 3
<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 20px;"></span>	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 20px;"></span>

<b>59,1</b>	cm
-------------	----

**Valeur U: 0,199 W/(m²K)**

<b>11</b>	<b>DM BE SS SE 01a</b>
N° de la paroi Description de la paroi	
Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R <sub>si</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,13</span>	
extérieure R <sub>se</sub> : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,04</span>	

Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	<b>linoléum</b>	0,170				10
2.	<b>chape</b>	0,370				70
3.	<b>dalle béton armé</b>	1,700				200
4.	<b>pare-vapeur PE</b>	0,200				1
5.	<b>laine de roche</b>	0,035				160
6.	<b>béton maigre</b>	1,000				50
7.	<b>sable</b>	2,000				150
8.						

Pourcentage de surface de la section 2	Pourcentage de surface de la section 3
<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 20px;"></span>	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 20px;"></span>

<b>64,1</b>	cm
-------------	----

**Valeur U: 0,191 W/(m²K)**

DALLES DE SOL  
Calcul du coefficient U - épaisseur d'isolant

<b>12</b>	<b>DM BE SS SE 01b</b>					
N° de la paroi Description de la paroi						
Résistance superficielle [m²K/W]		intérieure R <sub>si</sub> :				<b>0,13</b>
		extérieure R <sub>se</sub> :				<b>0,04</b>
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
1.	plancher bois					10
2.	chape					70
3.	dalle béton armé					200
4.	pare-vapeur PE					1
5.	liège					180
6.	béton maigre					50
7.	sable					150
8.						
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<b>66,1</b> cm
Valeur U:					<b>0,194</b>	W/(m²K)



# **Annexe 4**

## **Performances environnementales des matériaux de construction**

Energie grise

Effet de serre

Acidification

Ozone troposphérique

Durée de vie moyenne

**MATERIAUX DE CONSTRUCTION**  
Performances environnementales

<b>Matériaux et composants</b>	<b>Densité</b> $\rho$ <b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Energie grise</b> <i>fabrication</i> <b>MJ/kg</b>	<b>NRE</b> <i>fabrication</i> <b>MJ/kg</b>	<b>Energie grise</b> <i>élimination</i> <b>MJ/kg</b>	<b>Effet de serre</b> <i>fabrication</i> <b>kg CO2 eq/kg</b>	<b>Effet de serre</b> <i>élimination</i> <b>kg CO2 eq/kg</b>	<b>Acidification</b> <i>fabrication</i> <b>kg SO2 eq/kg</b>	<b>Ozone troposph.</b> <i>fabrication</i> <b>kg H2C2 eq/kg</b>	<b>Durée de vie</b>  <b>an</b>
<b>GRANULATS</b>									
sable de rivière/mer	2000	0,0587	0,0541	0,235	0,00239	0,0118	0,00004	0	> 50
sable de carrière	2000	0,0587	0,0541	0,235	0,00239	0,0118	0,00004	0	> 50
gravier de rivière/mer	2000	0,136	0,1	0,177	0,00426	0,00937	0,00004	0	> 50
gravier de carrière	2000	0,0587	0,0541	0,177	0,00239	0,00937	0,00004	0	> 50
<b>BETON COULE ET CIMENT</b>									
béton maigre	[2000 à 2200] <b>2000</b>	0,374	0,351	0,177	0,05	0,0088	0,00019	0,00001	> 50
béton normal armé (dalles)	2400	0,61	0,56	0,201	0,11	0,0104	0,00021	0,00001	> 50
béton normal armé (charges élevées)	2400	0,96	0,89	0,201	0,134	0,0104	0,0003	0,00001	> 50
ciment portland CEM I	900 à 1900	3,78	3,5	/	0,83	/	0,0013	0,00004	> 50
chape de compression sur hourdis	1700	1,292	1,088	0,196	0,17	0,00953	0,00306	0,0000085	> 50
chape ciment	1700	1,292	1,088	0,196	0,17	0,00953	0,00306	0,0000085	> 50
<b>BETON PREFABRIQUE</b>									
hourdis en béton	1800	0,8	0,8	/	0,13	/	0,00041	0,00001	> 50
<b>BLOCS DE MACONNERIE</b>									
bloc de béton lourd	2400	0,8	0,75	0,201	0,12	0,00935	0,00028	0,00001	> 50
bloc de béton semi-lourd	2000	0,8	0,75	0,201	0,12	0,00935	0,00028	0,00001	> 50
bloc de béton léger (argile expansé)	1200	5,15	4,94	0,188	0,429	0,00897	0,00262	0,00004	> 50
bloc de terre cuite plein	1000	2,85	2,58	0,188	0,238	0,00867	0,00064	0,00004	> 50
bloc de terre cuite creux	650	2,85	2,58	0,188	0,238	0,00867	0,00064	0,00004	> 50
bloc silico-calcaire	1800	1,4	1,28	0,177	0,13	0,0088	/	/	> 50
bloc béton cellulaire	[600 à 800] <b>650</b>	3,49	3,25	0,188	0,411	0,00897	0,00075	0,00003	> 50
<b>MORTIERS</b>									
mortier de ciment (ciment portland)	1700	1,52	1,31	0,196	0,2	0,00953	0,00036	0,00001	> 50
mortier bâtard (chaux et ciment)	1800	1,38	1,29	/	0,19	/	0,00029	0,00001	> 50
mortier colle	1600	24,9	/	0,127	1,1	0,00495	/	/	> 50

**MATERIAUX DE CONSTRUCTION**  
Performances environnementales

<b>Matériaux et composants</b>	<b>Densité <math>\rho</math> kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Energie grise fabrication MJ/kg</b>	<b>NRE fabrication MJ/kg</b>	<b>Energie grise élimination MJ/kg</b>	<b>Effet de serre fabrication kg CO2 eq/kg</b>	<b>Effet de serre élimination kg CO2 eq/kg</b>	<b>Acidification fabrication kg SO2 eq/kg</b>	<b>Ozone troposph. fabrication kg H2C2 eq/kg</b>	<b>Durée de vie  an</b>
<b>METAUX</b>									
acier d'armatures	7850	13,3	12,8	0	1,54	0	0,00715	0,00089	> 50
profilé d'acier	7850	16,5	15,9	0	0,904	0	/	/	> 50
profilés d'acier inoxydable	7850	82,47	74,05	0	4,53	0	0,02643	0,00117	> 50
profilés d'aluminium (30% recycl.)	2800	157	132	0	9,27	0	0,0545	0,00476	> 50
tôle d'aluminium	2800	148	124	0	8,85	0	0,0421	0,00028	> 50
tôle d'aluminium anodisé	2800	116,9	97,4	/	7,26	/	0,043	0,00028	> 50
tôle d'aluminium thermolaqué	2800	117,2	97,7	/	7,25	/	0,0425	0,00028	> 50
tôle d'acier zingué	7800	54,9	53,8	0	3,16	0	0,0158	0,00083	> 50
tôle de cuivre	8900	60,9	54,4	0	3,22	0	0,168	0,00032	> 50
tôle de zinc	7200	84,5	81,1	0	4,93	0	0,0435	0,00035	> 50
<b>BOIS DE STRUCTURE</b>									
poutre bois massif résineux européen	600	24,6	3,2	0,109	-1,36	0,00747	0,00082	0,00006	> 50
poutre bois massif feuillus européen	800	23,6	2,7	0,109	-1,36	0,00747	0,00082	0,00006	> 50
poutre en lamellé-collé	500	32,8	7,98	0,157	-0,98	0,108	0,0022	0,0000003	> 50
poutre en lamellé-collé résistant à l'eau	500	33,5	8,72	0,157	-0,98	0,00747	/	/	> 50
lattage en bois résineux européen	600	24,6	3,28	0,109	-0,98	0,00747	0,0022	0,00015	30
lattage en bois feuillus européen	800	23,6	2,71	0,109	-0,98	0,00747	0,0022	0,00015	30
<b>PANNEAUX A PARTICULES</b>									
panneau multiplex	700	42,3	8,9	0,144	-1,29	0,0991	0,00175	0,00012	30
panneau OSB	500	36,4	13,8	0,165	-1,25	0,114	0,00338	0,00000003	30
panneau MDF	800	39,5	14,3	0,164	-1,27	0,113	0,00198	0,00000006	30
panneau à particules tendre	300	41	13,19	0,164	-0,09	0,113	0,00198	0,00000005	30
panneau à particules dur	900	39,9	12,7	0,164	-1,68	0,113	0,00188	0,00000005	30
panneau de fibres liées au bitume	300	41,6	19,9	/	-0,06	/	0,00928	0,00000007	30
panneau de fibres liées au ciment	1200	30,4	21,6	/	0,88	/	0,00809	0,00000001	30
<b>BOIS DE BARDAGE</b>									
bois de bardage résineux européen	600	24,6	3,2	0,109	-1,36	0,00747	0,00082	0,00006	30
bois de bardage feuillus européen	800	23,6	2,7	0,109	-1,36	0,00747	0,00082	0,00006	30
<b>REVETEMENT DE SOL EN BOIS</b>									
plancher massif - résineux européen	600	24,6	3,2	0,109	-1,36	0,00747	0,00082	0,00006	30
plancher massif - feuillus européen	800	23,6	2,7	0,109	-1,36	0,00747	0,00082	0,00006	30
plancher multicouches - européen	540	31	9,94	0,301	0,505	0,203	0,00452	0,00000004	30

**MATERIAUX DE CONSTRUCTION**  
Performances environnementales

Matériaux et composants	Densité $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Energie grise <i>fabrication</i> MJ/kg	NRE <i>fabrication</i> MJ/kg	Energie grise <i>élimination</i> MJ/kg	Effet de serre <i>fabrication</i> kg CO2 eq/kg	Effet de serre <i>élimination</i> kg CO2 eq/kg	Acidification <i>fabrication</i> kg SO2 eq/kg	Ozone troposph. <i>fabrication</i> kg H2C2 eq/kg	Durée de vie  an
<b>ISOLANT THERMIQUE ET ACOUSTIQUE - base minérale</b>									
laine de roche	[15 à 200] <b>100</b>	22,6	21,7	0,248	1,46	0,00998	0,00852	0,00015	30
laine de verre	[10 à 120] <b>60</b>	48,66	43,15	0,248	1,49	0,00998	0,00723	0,00011	30
verre cellulaire - panneaux	[100 à 150] <b>120</b>	26,3	21,8	0,248	1,26	0,00998	0,0033	0,00008	30
verre cellulaire - en vrac	150								30
perlite expansée - panneaux	[140 à 240] <b>145</b>	16,8	16,28	0,248	0,99	0,00998	0,00236	0,00014	30
perlite expansée - en vrac	[30 à 150] <b>90</b>	16,8	16,28	0,248	0,99	0,00998	0,00236	0,00014	30
billes d'argile expansée	[200 à 400] <b>300</b>	4,4	2,5	/	0,33	/	0,00215	0,00004	30
<b>ISOLANT THERMIQUE ET ACOUSTIQUE - base synthétique</b>									
polystyrène expansé	[10 à 50] <b>30</b>	106	105	0,27	4,01	3,15	0,02216	0,00667	30
polystyrène expansé graphité		/		/	/	/	/	/	30
polystyrène extrudé	[20 à 65] <b>35</b>	93,4	92,4	0,27	3,73	3,15	0,02515	0,00271	30
polyuréthane - panneau	[20 à 65] <b>40</b>	103	100	1,38	4,21	2,47	0,0668	0,0048	30
mousse phénolique - panneau	[20 à 50] 35	/	/	/	/	/	/	/	30

**MATERIAUX DE CONSTRUCTION**  
Performances environnementales

Matériaux et composants	Densité $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Energie grise fabrication MJ/kg	NRE fabrication MJ/kg	Energie grise élimination MJ/kg	Effet de serre fabrication kg CO2 eq/kg	Effet de serre élimination kg CO2 eq/kg	Acidification fabrication kg SO2 eq/kg	Ozone troposph. fabrication kg H2C2 eq/kg	Durée de vie  an
<b>ISOLANT THERMIQUE ET ACOUSTIQUE - fibres végétales</b>									
matelas de fibres de bois	75	25,62	4,62	/	-1,33	/	0,00206	0,00008	30
panneaux de fibres de bois	[150 à 250]	41	17,9	/	-0,09	/	0,00954	0,00000005	30
<b>160</b>									
matelas de cellulose	70	21,2	15,4	/	1,61	/	0,0123	0,00127	30
cellulose en vrac	[20 à 60]	9,72	7,08	0,294	0,27	0,024	0,00264	0,0003	30
<b>30</b>									
panneau de liège	120	52,3	25	0,165	-0,71	0,114	0,0029	0,0001	30
liège en vrac	100	/	25	/	/	/	/	/	30
matelas en fibres de coco	[50 à 140]	54,1	34,9	/	0,56	/	0,0363	0,00019	30
<b>100</b>									
panneau de fibres de chanvre	[20 à 70]	41,8	25,7	/	0,21	/	0,01312	0,00024	30
<b>45</b>									
panneau de fibres de lin	25	50,5	33,2	/	0,22	/	0,00764	0,00027	30
<b>ISOLANT THERMIQUE ET ACOUSTIQUE - fibres animales</b>									
laine de mouton	[30 à 90]	27,6	8,8	/	-0,24	/	0,0034	0,0004	30
<b>60</b>									
plumes de canard	?	/	/	/	/	/	/	/	30
<b>ETANCHEITE</b>									
Etanchéité bitumineuse plastomère APP	1150	51,12	49,97	0,608	1,02	2,34	0,00726	0,00041	10 à 30
Etanchéité bitumineuse élastomère SBS	1150	51,12	49,97	0,608	1,02	2,34	0,00726	0,00041	10 à 30
Etanchéité résines réticulées EPDM	1200	91,8	89,8	0,248	2,67	0,00998	/	/	10 à 30
Etanchéité résines thermoplastiques PVC	1300	67,61	65,39	12,5	2,36	2,28	0,0133	0,00015	10 à 30
Voile de polyéthylène PE	950	95,4	103,1	0,259	2,86	3	0,0284	0,0167	10 à 30
Voile de polypropylène PP	600	104,2	93,5	/	3,35	/	0,0488	0,00582	10 à 30
<b>PARE-VAPEUR</b>									
film de polyéthylène PE	850	92,6	89,5	0,394	2,66	2,82	0,0269	0,00072	30
voile de verre bitumineux	1200	44,1	/	0,618	0,634	2,34	/	/	30
bitume armé	1150	53,7	/	0,618	1,14	2,34	/	/	30
bitume polymère APP	1100	45,4	44,7	0,608	0,845	2,34	0,00726	0,00041	30
bitume armé + film aluminium	1250	54,4	54	0,618	1,35	2,34	0,0114	0,00041	30
<b>FREINE-VAPEUR</b>									
film de polyéthylène PE	850	92,6	89,5	0,394	2,66	2,82	0,0269	0,00072	30
papier kraft	1200	79,8	30,1	0,294	1,7	0,024	/	/	30

**MATERIAUX DE CONSTRUCTION**  
Performances environnementales

<b>Matériaux et composants</b>	<b>Densité</b> $\rho$ <b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Energie grise</b> <i>fabrication</i> <b>MJ/kg</b>	<b>NRE</b> <i>fabrication</i> <b>MJ/kg</b>	<b>Energie grise</b> <i>élimination</i> <b>MJ/kg</b>	<b>Effet de serre</b> <i>fabrication</i> <b>kg CO2 eq/kg</b>	<b>Effet de serre</b> <i>élimination</i> <b>kg CO2 eq/kg</b>	<b>Acidification</b> <i>fabrication</i> <b>kg SO2 eq/kg</b>	<b>Ozone troposph.</b> <i>fabrication</i> <b>kg H2C2 eq/kg</b>	<b>Durée de vie</b>  <b>an</b>
<b>PAREMENT EXTERIEUR (façade)</b>									
brique de terre cuite	850	2,85	2,58	0,188	0,238	0,00897	0,00064	0,00004	> 50
Pierre naturelle (locale ou Europe)	[2400 à 2800]	0,3	0,3	0,188	0,01	0,00897	0,00009	0,00001	> 50
	<b>2600</b>								
Pierre reconstituée	2000	0,8	0,8	0,188	0,117	0,00897	0,00039	0,00001	> 50
Plaque de fibro-ciment	[1800 à 2000]	10,7	9,11	0,297	0,755	0,0133	0,00555	0,00017	> 50
	<b>1800</b>								
<b>ENDUIT DE FACADE (sur isolant)</b>									
enduit au mortier de ciment	1500	1,66	1,44	0,116	0,213	0,00481	0,00036	0,00001	30
enduit au mortier de chaux	1400	1,72	1,51	0,116	0,19	0,00481	0,00029	0,00001	30
enduit synthétique (silicones/silicates)	1200 à 1500	8,33	7,89	0,119	0,29	0,00495	0,00233	0,00006	30
<b>REVETEMENT DE TOITURE</b>									
ardoise naturelle	2700	0,0284	0,028	0,188	0,00193	0,00897	/	/	> 50
ardoise en fibro-ciment	1800	10,7	9,11	0,297	0,755	0,0133	0,0159	0,00017	> 50
tuile en terre cuite	[1600 à 1800]	4,94	3,84	0,188	0,35	0,00897	0,00046	0,00002	> 50
	<b>1700</b>								
tuile en béton	2300	1,84	1,73	0,188	0,209	0,00897	0,00097	0,00002	> 50
dalle de ciment (lestage toiture terrasse)	1900	0,845	0,771	0,177	0,122	0,0088	0,00043	0,00012	30
<b>CLOISONNEMENT INTERIEUR</b>									
bloc de plâtre	[950 à 1200]	4,86	4,72	0,287	0,22	0,0129	0,00128	0,00002	30
	<b>950</b>								
plaque de carton plâtre	900	6,05	5,73	0,292	0,353	0,0132	0,00125	0,00002	30
plaque de fibro-plâtre	1150	4,86	4,72	0,292	0,27	0,0261	0,00104	0,00002	30
<b>ENDUIT INTERIEUR</b>									
enduit au plâtre	1200	1,72	1,51	0,116	0,08	0,00481	0,00023	0,00001	30
enduit à la chaux	1400	1,61	0,46	/	0,15	/	0,0002	0,00001	30
enduit à l'argile	1800	0,52	0,469	0,116	0,0187	0,00481	0,00007	0,00001	30

**MATERIAUX DE CONSTRUCTION**  
Performances environnementales

Matériaux et composants	Densité $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Energie grise fabrication MJ/kg	NRE fabrication MJ/kg	Energie grise élimination MJ/kg	Effet de serre fabrication kg CO2 eq/kg	Effet de serre élimination kg CO2 eq/kg	Acidification fabrication kg SO2 eq/kg	Ozone troposph. fabrication kg H2C2 eq/kg	Durée de vie  an
<b>REVETEMENT DE SOL DUR</b>									
carrelage grès cérame	2000	14,99	7,6	0,188	0,76	0,00897	0,001	0,00003	> 50
Pierre naturelle (locale ou Europe)	[2400 à 2800]	0,3	0,3	0,188	0,01	0,00897	0,00009	0,00001	> 50
	<b>2600</b>								
Pierre reconstituée	2000	0,8	0,8	0,188	0,117	0,00897	0,00039	0,00001	> 50
<b>REVETEMENT DE SOL SOUPLE</b>									
dalle de liège	400	9,4	9,3	/	-1,26	/	0,004	0,00019	30
linoléum	1200	60,8	41,2	/	0,37	/	0,0152	0,00019	30
vinyle	1500	86,9	84,5	/	3,91	/	0,0264	0,00043	30
tapis-plain synthétique	200	84,5	84,1	/	4,05	/	0,238	0,00037	10

Les valeurs ci-dessus ont été définies selon 3 bases de données existantes:

1. Base de données du logiciel ECOSOFT - [www.ibo.at](http://www.ibo.at)
2. Base de données KBOB - [www.bbl.admin.ch/kbob/](http://www.bbl.admin.ch/kbob/)
2. Base de données ECOINVENT via la publication "Guide de la construction et de la rénovation durables", CRTE, 2008
3. Pour les matériaux non repris dans les trois bases de données précédentes, les valeurs ont été définies selon différentes publications scientifiques dont:
  - Construire, Atlas des matériaux, M.HEGGER, V. AUCH SCHWELK, M.FUCHS, T.ROSENKRANZ, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2009
  - Passivhaus - Bauteilkatalog, Okologish bewertete Konstruktionen, 3ème édition, Springer Wien New-York, 2009
4. La durée de vie a été estimée selon diverses sources dont notamment :
  - Passivhaus - Bauteilkatalog, Okologish bewertete Konstruktionen, 3ème édition, Springer Wien New-York, 2009
  - [www.catalogueconstruction.ch](http://www.catalogueconstruction.ch)

**Remarque:**

Pour certains matériaux, notamment les matières végétales, le potentiel d'effet de serre est négatif. Cela s'explique par le fait que l'on a pris en compte la quantité de CO2 stocké par les matières végétales en croissance (phénomène de la photosynthèse).



# Annexe 5

## Performances environnementales des matériaux de construction

Consommation des ressources

Fraction et classe de déchets

Traitement actuel en fin de vie

Potentiel de recyclage

MATERIAUX DE CONSTRUCTION  
Performances hygrothermiques et environnementales

Matériaux et composants	Densité $\rho$ kg/m³	Matières premières / Ressources utilisées				Type de déchets		Traitement actuel en fin de vie (Belgique)			Recyclage				Durée de vie an
		Matières premières principales	Nature	Caractéristiques	Origine	Fraction	Classe de déchets	Incinération %	Décharge %	Recyclage %	Recycled content (% de la masse)	Potentiel au recyclage	Moyen d'assemblage	Situation de la filière	
<b>GRANULATS</b>															
sable de rivière/mer	2000	sable	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable (si non pollué)	classe 3	0%	50%	50% réutilisation	/	100% (si propre)	/	locale	> 50
sable de carrière	2000	sable	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité limitée	locale	Inerte recyclable (si non pollué)	classe 3	0%	50%	50% réutilisation	/	100% (si propre)	/	locale	> 50
gravier de rivière/mer	2000	gravier	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable (si non pollué)	classe 3	0%	5%	95% réutilisation	/	100% (si propre)	/	locale	> 50
gravier de carrière	2000	gravier	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité limitée	locale	Inerte recyclable (si non pollué)	classe 3	0%	5%	95% réutilisation	/	100% (si propre)	/	locale	> 50
<b>BETON COULE ET CIMENT</b>															
béton maigre	[2000 à 2200] 2000	granulats, sable, ciment, eau	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable	classe 3	0%	5%	95% concassage	24 à 90%	100%	solidarisation sans élément tiers	locale	> 50
béton normal armé (dalles)	2400	granulats, sable, ciment portland, eau, acier	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable métal	classe 3 classe 2	0%	5%	95% concassage ,matière secondaire (acier)	15 à 90%			locale	> 50
béton normal armé (charges élevées)	2400	granulats, sable, ciment portland, eau, acier	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable métal	classe 3 classe 2	0%	5%	95% concassage ,matière secondaire (acier)	24 à 44% (norme belge autorise 20%)	100%	solidarisation sans élément tiers	locale	> 50
ciment portland CEM I	900 à 1900	clinker, sulfate de calcium, argile, calcaire	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable	classe 3							locale	> 50
chape de compression sur hourdis	1700	ciment portland, eau, sable	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable	classe 3	0%	5%	95% concassage	pas de données	100%	solidarisation sans élément tiers	locale	> 50
chape ciment	1700	ciment portland, eau, sable	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable	classe 3	0%	5%	95% concassage	pas de données	100%	solidarisation sans élément tiers	locale	> 50
<b>BETON PREFABRIQUE</b>															
hourdis en béton	1800	granulats, sable, ciment portland, eau, acier	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable	classe 3	0%	5%	95% concassage	24 à 90%	100%	solidarisation sans élément tiers	locale	> 50
<b>BLOCS DE MACONNERIE</b>															
bloc de béton lourd	2400	granulats, sable, ciment portland, eau	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable	classe 3	0%	5%	95% concassage / réutilisation	50 à 93%	100%	mortier / mortier colle	locale	> 50
bloc de béton semi-lourd	2000	granulats, sable, ciment portland, eau	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable	classe 3	0%	5%	95% concassage / réutilisation	50 à 93%	100%	mortier / mortier colle	locale	> 50
bloc de béton léger (argile expansé)	1200	granulats d'argile expansé, sable, ciment Portland, eau	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable	classe 3	0%	5%	95% concassage/ réutilisation	50 à 93%	100%	mortier / mortier colle	locale	> 50
bloc de terre cuite plein	1000	argile, eau, cendres volantes, sable, chaux	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable	classe 3	0%	5%	95% concassage / réutilisation	10 à 30%	100%	mortier / mortier colle	locale	> 50
bloc de terre cuite creux	650	argile, eau, cendres volantes, sable, chaux	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable	classe 3	0%	5%	95% concassage/ réutilisation	10 à 30%	100%	mortier / mortier colle	locale	> 50
bloc silico-calcaire	1500	sable (90%), eau, chaux, additifs	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale / Europe	Inerte recyclable	classe 3	0%	100%	0% (pas de filière en Belgique)	50 à 93%	100%	mortier / mortier colle	Europe	> 50
bloc béton cellulaire	[600 à 800] 650	ciment portland, chaux, sable, eau, additifs	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable	classe 3	0%	100%	0% (pas de filière en Belgique)	50 à 93%	100%	mortier / mortier colle	Europe	> 50
<b>MORTIERS</b>															
mortier de ciment (ciment portland)	1700	gravier, sable, ciment portland, eau	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable	classe 3	0%	5%	95% concassage (associé au bloc)	3 à 70%	100%	solidarisation sans élément tiers	locale	> 50
mortier bâtard (chaux et ciment)	1800	gravier, sable, ciment, chaux, eau	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable	classe 3	0%	5%	95% concassage (associé au bloc)	3 à 70%	100%	solidarisation sans élément tiers	locale	> 50
mortier colle	1600	ciment portland, aggrégats, eau, adjuvants dont résines synthétiques	naturelles et synthétiques, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale et Europe	Synthétique	classe 2	0%	5%	95% concassage (associé au bloc)	pas de données	pas de données	solidarisation sans élément tiers	pas de données	> 50

**MATERIAUX DE CONSTRUCTION**  
Performances hygrothermiques et environnementales

Matériaux et composants	Densité $\rho$ kg/m³	Matières premières / Ressources utilisées				Type de déchets		Traitement actuel en fin de vie (Belgique)			Recyclage				Durée de vie an
		Matières premières principales	Nature	Caractéristiques	Origine	Fraction	Classe de déchets	Incinération %	Décharge %	Recyclage %	Recycled content (% de la masse)	Potentiel ou recyclage	Moyen d'assemblage	Situation de la filière	
<b>METAUX</b>															
acier d'armatures	7850	déchets de fonte et d'acier	issue du recyclage	présentes en quantité importante	locale et/ou Europe	Métal recyclable (product. acier)	classe 2	0%	0%	100% matière première	100%	100%	solidarisation sans élément tiers	locale	> 50
profilé d'acier	7850	soit fer, carbone et métaux additifs, soit déchets fonte et acier	issue du recyclage	présentes en quantité importante	locale et/ou Europe	Métal recyclable (product. acier)	classe 2	0%	0%	100% matière première	60%	100%	fixation mécan. et/ou soudure	locale	> 50
profilés d'acier inoxydable	7850	fer, chrome, nickel, molybdène	issues du recyclage et/ou naturelles	présentes en quantité importante et/ou limitée	Europe Monde	Métal recyclable (aciérie électrique)	classe 2	0%	0%	100% matière première	75%	100%	fixation mécan. et/ou soudure	locale	> 50
profilés d'aluminium (30% recycl.)	2800	aluminium, magnésium, manganèse, silicium	issues du recyclage et/ou naturelles	présentes en quantité importante et/ou limitée	Europe Monde	Métal recyclable (product. aluminium)	classe 2	0%	0%	100% matière première	44%	100%	fixation mécan. et/ou soudure	locale	> 50
tôle d'aluminium	2800	aluminium, magnésium, manganèse, silicium	issues du recyclage et/ou naturelles	présentes en quantité importante et/ou limitée	Europe Monde	Métal recyclable (product. aluminium)	classe 2	0%	0%	100% matière première	73%	100%	fixation mécan. et/ou soudure	locale	> 50
tôle d'aluminium anodisé	2800	aluminium, magnésium, manganèse, silicium; acides inorganiques	issues du recyclage et/ou naturelles	présentes en quantité importante et/ou limitée	Europe Monde	Métal recyclable (product. aluminium)	classe 2	0%	0%	100% matière première	73%	100%	fixation mécan. et/ou soudure	locale	> 50
tôle d'aluminium thermolaqué	2800					Métal recyclable (product. aluminium)	classe 2	0%	0%	100% matière première	73%	100%	fixation mécan. et/ou soudure	locale	> 50
tôle d'acier zingué	7800	acier, zinc, dégraissants	issues du recyclage et/ou naturelles	présentes en quantité importante et/ou limitée	Europe Monde	Métal recyclable (product. aluminium)	classe 2	0%	0%	100% matière première	73%	100%	fixation mécan. et/ou soudure	locale	> 50
tôle de cuivre	8900	Le cuivre est présent à l'état natif dans l'écorce terrestre	naturelle, non renouvelable	présente en quantité limitée	Pologne, Amérique sud et nord,	Métal recyclable	classe 2	0%	0%	100% matière première	60%	100%	fixation mécan. et/ou soudure	locale	> 50
tôle de zinc - titane	7200	zinc, cuivre, titane, aluminium	issues du recyclage et/ou naturelles	présentes en quantité importante et/ou limitée	Europe Monde	Métal recyclable (product. zinc)	classe 2	0%	0%	100% matière première	31%	100%	fixation mécan. et/ou soudure	locale	> 50
<b>BOIS DE STRUCTURE</b>															
poutre bois massif résineux européen	600	bois résineux	naturelle, renouvelable (30 ans: bois de struct.)	présente en quantité importante	locale et/ou Europe	Bois recyclable (si non traitée)	classe 2	50% valor. énergétique	0%	50% valor. matière	0% matière brute	100%	fixation mécanique	locale	> 50
poutre bois massif feuillus européen	800	bois feuillus	naturelle, renouvelable (30 ans: bois de struct.)	présente en quantité importante	locale et/ou Europe	Bois recyclable (si non traitée)	classe 2	50% valor. énergétique	0%	50% valor. matière	0% matière brute	100%	fixation mécanique	locale	> 50
poutre en lamellé-collé	500	bois résineux, colle polyuréthane, colle résine urée (3% de la masse)	naturelle renouvelable (bois)et synthétique non renouvelable (colle)	présente en quantité importante	locale et/ou Europe	Bois recyclable	classe 2	50% valor. énergétique	0%	50% valor. matière					> 50
lattice en bois résineux européen	600	bois résineux	naturelle, renouvelable (30 ans: bois de struct.)	présente en quantité importante	locale et/ou Europe	Bois recyclable (si non traitée)	classe 2	50% valor. énergétique	0%	50% valor. matière	0% matière brute	100%	fixation mécanique	locale	30
lattice en bois feuillus européen	800	bois feuillus	naturelle, renouvelable (30 ans: bois de struct.)	présente en quantité importante	locale et/ou Europe	Bois recyclable (si non traitée)	classe 2	50% valor. énergétique	0%	50% valor. matière	0% matière brute	100%	fixation mécanique	locale	30

Matériaux et composants	Densité ρ kg/m³	Matières premières / Ressources utilisées				Type de déchets		Traitement actuel en fin de vie (Belgique)			Recycled content (% de la masse)	Recyclage			Durée de vie an
		Matières premières principales	Nature	Caractéristiques	Origine	Fraction	Classe de déchets	Incinération %	Décharge %	Recyclage %		Potentiel au recyclage	Moyen d'assemblage	Situation de la filière	
<b>PANNEAUX A PARTICULES</b>															
panneau multiplex	780	bois résineux, liant	issue du recyclage et/ou naturelle renouvelable	présente en quantité importante	locale et/ou Europe	Bois non recycl. (valoris. Énergét.)	classe 2	100% valor. énergétique	0%	0%	64 à 90%	fixation mécanique		30	
panneau OSB	500	bois résineux, liant (résine synthétique)	issue du recyclage et/ou naturelle renouvelable	présente en quantité importante	locale (Belgique et Luxembourg)	Bois non recycl. (valoris. Énergét.)	classe 2	100% valor. énergétique	0%	0%	pas de données	fixation mécanique		30	
panneau MDF	800	bois résineux, liant (résine synthétique)	issue du recyclage et/ou naturelle renouvelable	présente en quantité importante	locale et/ou Europe	Bois non recycl. (valoris. Énergét.)	classe 2	100% valor. énergétique	0%	0%	60 à 90%	fixation mécanique		30	
panneau à particules tendre	300	Déchets de scieries (résineux)	issue du recyclage et/ou naturelle renouvelable	présente en quantité importante	locale et/ou Europe	Bois recyclable (selon le liant)	classe 2					fixation mécanique		30	
panneau à particules dur	900	Déchets de scieries (résineux)	issue du recyclage et/ou naturelle renouvelable	présente en quantité importante	locale et/ou Europe	Bois recyclable (selon le liant)	classe 2					fixation mécanique		30	
panneau de fibres liées au bitume	300	déchets de scieries (résineux), 5% de bitume, 1% paraffine	issue du recyclage et/ou naturelle renouvelable	présente en quantité importante	locale et/ou Europe	Bois non recycl. (valoris. Énergét.)	classe 2	100% valor. énergétique	0%	0%		fixation mécanique		30	
panneau de fibres liées au ciment	1200	déchets de scieries (résineux), ciment, chaux, eau	issue du recyclage et/ou naturelle renouvelable	présente en quantité importante	locale et/ou Europe	Bois non recycl.	classe 2					fixation mécanique		30	
<b>BOIS DE BARDAGE</b>															
bois de bardage résineux européen	600	bois résineux	renouvelable (30 ans pour bois de structure)	présente en quantité importante	locale et/ou Europe	Bois recyclable (si non traitée)	classe 2	50% valor. énergétique	0%	50% valor. matière	0% matière brute	100%	fixation mécanique		30
bois de bardage feuillus européen	800	bois feuillus	renouvelable (30 ans pour bois de structure)	présente en quantité importante	locale et/ou Europe	Bois recyclable (si non traitée)	classe 2	50% valor. énergétique	0%	50% valor. matière	0% matière brute	100%	fixation mécanique		30
<b>REVETEMENT DE SOL EN BOIS</b>															
plancher massif - résineux européen	600	bois résineux	renouvelable (30 ans pour bois de structure)	présente en quantité importante	locale et/ou Europe	Bois recyclable (si non traitée)	classe 2	50% valor. énergétique	0%	50% valor. matière	0% matière brute	100%	mécanique et/ou collage		30
plancher massif - feuillus européen	800	bois feuillus	renouvelable (30 ans pour bois de structure)	présente en quantité importante	locale et/ou Europe	Bois recyclable (si non traitée)	classe 2	50% valor. énergétique	0%	50% valor. matière	0% matière brute	100%	mécanique et/ou collage		30
plancher multicouches - européen	540													30	
<b>ISOLANT THERMIQUE ET ACOUSTIQUE - base minérale</b>															
laine de roche	[15 à 200] 100	roche volcanique (97%), liants, additifs	issue du recyclage et/ou naturelle non renouvel.	présente en quantité importante	Europe	Isolant minéral (recyclage possible)	classe 2	50% valor. énergétique	50%	0%	25 à 50%	100%	mécanique et/ou collage	Europe	30
laine de verre	[10 à 120] 60	sable, carbonate de sodium, dolomie, calcaire, liants, additifs	issue du recyclage et/ou naturelle non renouvel.	présente en quantité importante	Europe	Isolant minéral (recyclage possible)	classe 2	50% valor. énergétique	50%	0%	30 à 80%	100%	mécanique et/ou collage	Europe	30
verre cellulaire - panneaux	[100 à 150] 120	verre recyclé, oxyde de fer, carbonate de sodium, carbone	issue du recyclage et/ou naturelle non renouvel.	présente en quantité importante	locale	Isolant minéral (recyclage possible)	classe 3	0%	5%	95%	66%	100%	mécanique et/ou collage	Europe	> 50
verre cellulaire - en vrac	[130 à 150] 130	verre recyclé, oxyde de fer, carbonate de sodium, carbone	issue du recyclage	présente en quantité importante	Europe Suisse et Allemagne	Isolant minéral (recyclage possible)	classe 3	0%	5%	95%	100%	100%	solidarisation sans élément tiers	Europe	> 50
perlite expansée - panneaux	[140 à 240] 145	perlite brute, hydrofuges, additifs, liants( cellulosiques, au polyuréthane...)	naturelles et synthétiques, non renouvelables	présente en quantité importante	Europe et Amérique	Isolant minéral (recyclage possible)	classe 2	0%	100%	0%	pas de données	100%	collage		> 50
perlite expansée - en vrac	[30 à 150] 90	perlite brute, hydrofuges, additifs, liants( cellulosiques, au polyuréthane...)	naturelles et synthétiques, non renouvelables	présente en quantité importante	Europe et Amérique	Isolant minéral (recyclage possible)	classe 3	0%	5%	95%	pas de données	100%	solidarisation sans élément tiers	locale	> 50
billes d'argile expansée	[200 à 400] 300	argile, eau	naturelle, non renouvelable	présente en quantité importante	locale et/ou Europe	Isolant minéral (recyclage possible)	classe 3	0%	0%	100% réutilisation	pas de données	100%	solidarisation sans élément tiers	locale	> 50

Matériaux et composants	Densité $\rho$ kg/m³	Matières premières / Ressources utilisées				Type de déchets		Traitement actuel en fin de vie (Belgique)			Recyclage				Durée de vie an
		Matières premières principales	Nature	Caractéristiques	Origine	Fraction	Classe de déchets	Incinération %	Décharge %	Recyclage %	Recycled content (% de la masse)	Potentiel au recyclage	Moyen d'assemblage	Situation de la filière	
<b>ISOLANT THERMIQUE ET ACOUSTIQUE - base synthétique</b>															
polystyrène expansé	[10 à 50] 30	styrène, agent gonflant (pentane), ignifuges	synthétique, non renouvelable	présente en quantité limitée	Europe	Isolant synthétique	classe 2			matériau propre réutilisable dans process	< 25%				30
polystyrène expansé graphité															30
polystyrène extrudé	[20 à 65] 35	styrène, agents gonflants (CO2 ou HFC), ignifuges, matériaux de parement éventuels	synthétique, non renouvelable	présente en quantité limitée	Europe	Isolant synthétique	classe 2								30
polyuréthane - panneau	[20 à 65] 40	polyol, isocyanate, agent gonflant (pentane, HFC ou CO2) et additifs, parement	synthétique, non renouvelable	présente en quantité limitée	Europe										30
mousse phénolique - panneau	[20 à 50] 35		synthétique, non renouvelable	présente en quantité limitée	Europe	Isolant synthétique	classe 2								30
<b>ISOLANT THERMIQUE ET ACOUSTIQUE - fibres végétales</b>															
matelas de fibres de bois	75	fibres de bois, liant	issue du recyclage ou naturelle, renouvelable	présente en quantité importante	Europe	Isolant organique (recyclage possible selon liant)	classe 2	95% valorisation énerg.	5%	0%	> 90%	100% selon le liant			30
panneaux de fibres de bois	[150 à 250] 160	fibres de bois (98%), liant naturel, paraffine, colle à dispersion	issue du recyclage ou naturelle, renouvelable	présente en quantité importante	Europe	Isolant organique (recyclage possible selon liant)	classe 2	95% valorisation énerg.	5%	0%	> 90%	100% selon le liant			30
matelas de cellulose	70	déchets de papiers, liant, traitements antifongique, ignifuge, insecticide	issue du recyclage ou naturelle, renouvelable	présente en quantité importante	Europe	Isolant organique (recyclage possible)	classe 2	95% valorisation énerg.	5%	0%					30
cellulose en vrac	[20 à 60] 30	papiers, sulfate de calcium, agents ignifuges, sub. anti moisissures	issue du recyclage, renouvelables	présente en quantité importante	Europe	Isolant organique (recyclage possible)	classe 2				80 à 100%				30
panneau de liège	120	écorce de chêne liège, eau	issue du recyclage et/ou naturelle, renouvelable	présente en quantité limitée	Europe (Portugal)	Isolant organique (recyclable)	classe 2								30
liège en vrac	100	écorce de chêne liège, eau	issue du recyclage, renouvelable	présente en quantité limitée	Europe (Portugal)	Isolant organique (recyclable)	classe 2								30
matelas en fibres de coco	[50 à 140] 120	fibres de coco, liant, agent ignifuge	naturelles, renouvelables	présente en quantité importante	Monde (Inde et Indonésie)	Isolant organique (valoris.énergét.)	classe 2	95% valor. Énergétique	5%	0%					30
panneau de fibres de chanvre	[20 à 70] 45	fibres de chanvre, fibres de polyester, sel de bore (agriculture sans pesticides)	naturelles, renouvelables	présente en quantité limitée	Europe (France)	Isolant organique (non compostable)	classe 2	95% valor. Énergétique	5%	0%					30
panneau de fibres de lin	25	fibres courtes de lin, fibres de polyester, sel de bore (agriculture sans pesticides)	naturelles, renouvelables	présente en quantité limitée	Europe	Isolant organique (non compostable)	classe 2	95% valor. Énergétique	5%	0%					30
<b>ISOLANT THERMIQUE ET ACOUSTIQUE - fibres animales</b>															
laine de mouton	[30 à 90] 60	laine vierge, agent ignifuge et antimite, fibres organiques	naturelle, renouvelable	présente en quantité importante	Europe centrale et Monde	Isolant animal (valoris.énergét.)	classe 2								30
plumes de canard															30

Matériaux et composants	Densité $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Matières premières / Ressources utilisées				Type de déchets		Traitement actuel en fin de vie (Belgique)			Recyclage				Durée de vie an
		Matières premières principales	Nature	Caractéristiques	Origine	Fraction	Classe de déchets	Incinération %	Décharge %	Recyclage %	Recycled content (% de la masse)	Potentiel au recyclage	Moyen d'assemblage	Situation de la filière	
<b>ETANCHEITE</b>															
Etanchéité bitumineuse plastomère APP	1150	bitume, chaux, gravillons, PE, polystyrène	synthétique, non renouvelable	présente en quantité limitée	Europe et Monde	synthétique (recyclage possible)	classe 2	50% (valorisation énerg.)	0%	50% (valorisation mat.)					10 à 30
Etanchéité bitumineuse élastomère SBS	1150	bitume, chaux, gravillons, PE, polystyrène	synthétique, non renouvelable	présente en quantité limitée	Europe et Monde	synthétique (recyclage possible)	classe 2	50% (valorisation énerg.)	0%	50% (valorisation mat.)					10 à 30
Etanchéité résines réticulées EPDM	1200	Ethylène, propylène, diène monomère, noir de carbone,	synthétique, non renouvelable	présente en quantité limitée	Europe et Monde	synthétique (recyclage possible)	classe 2						par collage à froid ou à chaud		10 à 30
Etanchéité résines thermoplastiques PVC	1300	chlorure de polyvinyle, plastifiants, charges, stabilisants, pigments, voile de verre	synthétique, non renouvelable	présente en quantité limitée	Europe et Monde	synthétique (recyclage - matière)	classe 2	25% (centre spécifique)	0%	75% (valorisation matière)	4 à 100%	100%	soudage à air chaud	locale	10 à 30
Voile de polyéthylène PE	950	sous-produit de l'industrie pétrochimique	synthétique, non renouvelable	présente en quantité limitée	Europe et Monde	synthétique (recyclage possible)	classe 2								10 à 30
Voile de polypropylène PP	600	sous-produit de l'industrie pétrochimique	synthétique, non renouvelable	présente en quantité limitée	Europe et Monde										10 à 30
<b>PARE-VAPEUR</b>															
film de polyéthylène PE	850	sous-produit de l'industrie pétrochimique	synthétique, non renouvelable	présente en quantité limitée	Europe et Monde										30
voile de verre bitumineux	1200														30
bitume armé	1150	bitume, chaux, PE, gravillons, polystyrène													30
bitume polymère APP	1100	sous-produit de l'industrie pétrochimique													30
bitume armé + film aluminium	1250														30
<b>FREINE-VAPEUR</b>															
film de polyéthylène PE	850	sous-produit de l'industrie pétrochimique	synthétique, non renouvelable	présente en quantité limitée	Europe et Monde										30
papier kraft	1200														30
<b>PAREMENT EXTERIEUR (façade)</b>															
brique de terre cuite	850	argile, eau, cendres volantes, sable, chaux	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale	Inerte recyclable	classe 3	0%	0%	100% concassage, réutilisation	10 à 30%	100%	mortier	locale	> 50
pierre naturelle (locale ou europe)	[2400 à 2800] 2600	pierre naturelle	naturelle, non renouvelable	présente en quantité importante	locale, Europe, Monde	Inerte recyclable	classe 3	0%	0%	100% concassage, réutilisation	0% matière brute	100%	fixation mécanique et/ou mortier	locale	> 50
pierre reconstituée	2000	granulats de pierre naturelle, liants	issue du recyclage et/ou naturelle, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale / Europe	Inerte recyclable	classe 3	0%	0%	100% concassage, réutilisation		100%	mortier	locale	> 50
plaque de fibro-ciment	[1800 à 2000] 1800	ciment, eau, fibres de cellulose, fibres organiques, additifs	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale / Europe	Considéré comme déchet dangereux	classe 2 (sous certaines conditions)	0%	100%	0%					> 50
<b>ENDUIT DE FACADE (sur isolant)</b>															
enduit au mortier de ciment	1500	ciment, granulats naturel, eau	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale / Europe	Inerte recyclable	classe 3	L'enduit sera associé au support (brique, bloc ou isolant selon le cas) et subira le traitement du support					solidarisation sans élément tiers	locale (pour le concassage)	30
enduit au mortier de chaux	1400	chaux, granulas naturels, eau, résines synthétiques (propr.hydrofuges)	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale / Europe	Inerte recyclable	classe 3	L'enduit sera associé au support (brique, bloc ou isolant selon le cas) et subira le traitement du support					solidarisation sans élément tiers	locale (pour le concassage)	30
enduit à résine synthétique (à base de dispersions polymères)	1200 à 1500	liant (résine synthétiques), matière organiques et inorganiques	naturelles et synthétiques non renouvelables	présentes en quantité importante (granulat) et limitée (résines)	locale / Europe	Synthétique	classe 2	L'enduit sera associé au support (brique, bloc ou isolant selon le cas) et subira le traitement du support					solidarisation sans élément tiers	locale (pour le concassage)	30

Matériaux et composants	Densité $\rho$ kg/m³	Matières premières / Ressources utilisées				Type de déchets		Traitement actuel en fin de vie (Belgique)			Recyclage				Durée de vie an
		Matières premières principales	Nature	Caractéristiques	Origine	Fraction	Classe de déchets	Incinération %	Décharge %	Recyclage %	Recycled content (% de la masse)	Potentiel au recyclage	Moyen d'assemblage	Situation de la filière	
<b>REVETEMENT DE TOITURE</b>															
ardoise naturelle	2700	ardoise naturelle (schiste ardoisier)	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale / Europe	Inerte recyclable	classe 3	0%	5%	95% concassage	0% matière brute	100%	mécanique	locale	> 50
ardoise en fibro-ciment	1800	ciment, eau, fibres de cellulose, fibres organiques, additifs	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale / Europe	Considéré comme déchet dangereux	classe 2 (sous certaines conditions)	0%	100%	0%					> 50
tuile en terre cuite	[1600 à 1800] 1700	argile, eau, cendres volantes, sable, chaux	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale / Europe	Inerte recyclable	classe 3	0%	5%	95% concassage	10 à 30%	100%	mécanique	locale	> 50
tuile en béton	2300	granulats, sable, ciment portland, eau	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	Locale	Inerte recyclable	classe 3	0%	5%	95% concassage	5 à 22%	100%	mécanique	locale	> 50
dalle de ciment (lestage toiture terrasse)	1900	granulats, sable, ciment portland, eau	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	Locale	Inerte recyclable	classe 3	0%	5%	95% concassage	20 à 75%	100%	mécanique	locale	30
<b>CLOISONNEMENT INTERIEUR</b>															
bloc de plâtre	[950 à 1200] 950	gypse naturel et/ou chim., eau, additifs	naturelles et synthétique (sulfogypse), non renouvelables	présentes en quantité limitée (gypse) et importante	Europe	Plâtres et dérivés	classe 2	0%	100%	0%	pas de données	100%	mortier et/ou collage	Europe	30
plaque de carton plâtre	900	gypse naturel et/ou chim., eau, carton, additifs	naturelles et synthétique (sulfogypse), non renouvelables	présentes en quantité limitée (gypse) et importante	Europe	Plâtres et dérivés	classe 2	0%	100%	0% (pas de filière en Belgique, Knauf met en place une filière en Flandre)	36 à 98%	100%	mécanique	Europe	30
plaque de fibro-plâtre	1150	gypse naturel et/ou chim., eau, déchets papier	naturelles et synthétique (sulfogypse), non renouvelables	présentes en quantité limitée (gypse) et importante (papier)	Europe	Plâtres et dérivés	classe 2	0%	100%	0% (pas de filière en Belgique)	5 à 100%	100%	mécanique	Europe	30
<b>ENDUIT INTERIEUR</b>															
enduit au plâtre	1200	gypse ou sulfogypse, granulats naturels, eau, additifs	naturelles et /ou synthétique (sulfogypse), non renouvelables	présentes en quantité limitée (gypse) et importante	Europe	Plâtre et dérivés	classe 2	0%	5%	95% concassage (associé au bloc)	45 à 95%		solidarisation sans élément tiers	locale (pour le concassage)	30
enduit à la chaux	1400	chaux, granulats naturels, eau	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale / Europe	Plâtres et dérivés	classe 2	0%	5%	95% concassage (associé au bloc)	70%		solidarisation sans élément tiers	locale (pour le concassage)	30
enduit à l'argile	1800	argile, granulats naturels, eau, additifs	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale / Europe	Plâtre et dérivés	classe 2	0%	5%	95% concassage (associé au bloc)	pas de données		solidarisation sans élément tiers	locale (pour le concassage)	30
<b>REVETEMENT DE SOL DUR</b>															
carrelage grès cérame	2000	silice, feldpaths, argile, kaolin, eau	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale / Europe	Inerte recycl. Réutilisat. poss.	classe 3	0%	5%	95% concassage, récupération	9 à 20%	100%	collage et/ou mortier	locale	> 50
Pierre naturelle (locale ou Europe)	[2400 à 2800] 2600	Pierre naturelle	naturelles, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale / Europe	Inerte recycl. Réutilisat. poss.	classe 3	0%	5%	95% concassage, récupération	0% matière brute	100%	collage et/ou mortier	locale	> 50
Pierre reconstituée	2000	déchets de pierre, liants	issue du recyclage et/ou naturelle, non renouvelables	présentes en quantité importante	locale / Europe	Inerte recycl. Réutilisat. poss.	classe 3	0%	5%	95% concassage, récupération	40 à 80%	100%	collage et/ou mortier	locale	> 50

**MATERIAUX DE CONSTRUCTION**  
Performances hygrothermiques et environnementales

Matériaux et composants	Densité $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Matières premières / Ressources utilisées				Type de déchets		Traitement actuel en fin de vie (Belgique)			Recyclage				Durée de vie an
		<i>Matières premières principales</i>	Nature	Caractéristiques	Origine	Fraction	Classe de déchets	Incinération %	Décharge %	Recyclage %	Recycled content (% de la masse)	Potentiel au recyclage	Moyen d'assemblage	Situation de la filière	
<b>REVETEMENT DE SOL SOUPLE</b>															
dalle de liège	300	écorce de chêne liège, eau	issue du recyclage et/ou naturelle, renouvelable	présente en quantité limitée	Europe (Portugal)	Déchet organique (recyclable)	classe 2	0%	5%	95% récupération, matière première second.	pas de données	100%	collage		30
linoléum	1200	huile de lin, colophone, farine de bois, farine de liège, jute	naturelles et/ou recyclées, renouvelables et non renouvelables	présentes en quantité importante	Europe	Déchet organique (recyclé et compost.)	classe 2				5 à 37%		collage		25
vinyle	1500	PVC, charges minérales (craie, kaolin), additifs, support, protection de surface	synthétique et naturelles, non renouvelables	présentes en quantité limitée (PVC) et importante (charges)	Europe	Synthétique (recyclable)	classe 2	50% valor. énergétique	0%	50% concassage pour réintroduction dans cycle de prod.	25 à 100%	100%	collage		25
tapis-plain synthétique	200	matières synthét. (PP, polyamide,...), caoutchouc, jute, charges, additifs	synthétiques non renouvelables	présentes en quantité limitée	Europe	Synthétique	classe 2	100% valor. énergétique	0%	0%	25%		collage		10

Les informations ont été reprises de différentes publications scientifiques dont:

- Propriétés et caractéristiques des matériaux de construction, Yves COUASNET, Mémento, Le Moniteur, Paris 2007
- Construire, Atlas des matériaux, M. HEGGER, V. AUCH SCHWELK, M. FUCHS, T. ROSENKRANZ, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2009
- Guide de la construction et de la rénovation durable, publication du CRTE, téléchargeable sur le site [www.crte.lu](http://www.crte.lu), 2009
- Passivhaus - Bauteilka - Passivhaus - Bauteilkatalog, Okologish bewertete Konstruktionen, 3ème édition, Springer Wien New-York, 2009

Certaines informations ont également été reprises sur les sites suivants:

- sites de fabricant et producteurs
- [www.sia.ch](http://www.sia.ch) (site des déclarations environnementales suisses)
- [www.inies.fr](http://www.inies.fr) (site des déclarations environnementales françaises)

## **Annexe 6**

### **Polluants atmosphériques et polluants intérieurs**

## 1. Polluants atmosphériques et leurs principaux impacts sur l'environnement et la santé

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), les principaux polluants atmosphériques sont :

- les particules (fines PM 10 et très fines PM 2.5)
- le dioxyde de soufre (SO<sup>2</sup>)
- l'ozone troposphérique (O<sup>3</sup>)
- les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)

Les impacts sur l'environnement et la santé, les seuils max. admissibles et les priorités pour limiter ces polluants sont repris dans le document « Air quality Guidelines, global update 2005 »

L'Union Européenne quant à elle, légifère sur les polluants atmosphériques suivants : dioxyde de soufre, les oxydes d'azote et le dioxyde d'azote, les particules fines et très fines (PM10 et PM2.5), le plomb.

Elle légifère également sur le dioxyde de carbone (voitures, essences, ...), les métaux lourds, les substances appauvrissant la couche d'ozone, les polluants organiques persistants (POP) et les composés organiques volatils (COV), sans donner des seuils maximum admissibles.

Les différents polluants analysés sont les suivants :

Ammoniac NH <sub>3</sub>	
Origine	L'ammoniac est surtout lié aux activités agricoles. En ville, sa présence est notamment liée à l'utilisation de produits de nettoyage, à la décomposition de matières organiques et à l'usage de voitures à catalyseurs. Suite aux différentes directives européennes, les émissions d'ammoniac sont relativement importante comparé aux émissions de SO <sup>2</sup> qui ont sensiblement diminué.
Seuils max. admissibles <sup>1</sup>	Pas de seuils max. admissibles européens et OMS Seuil national à atteindre pour 2010: - 74 kilotonnes
Impact sur l'environnement naturel	Après transformation (nitrates), il contribue à l'acidification de l'environnement (air, sol, eau) et porte préjudice aux écosystèmes : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dépérissement forestier</li> <li>• Acidification des lacs</li> <li>• Atteinte aux chaînes alimentaires aquatiques</li> </ul>
Impact sur l'environnement bâti	Après transformation (nitrates), il contribue à l'acidification de l'environnement (air, sol, eau) et porte préjudice aux bâtiments existants et anciens.
Impact sur la santé	Pas d'impact connu ou avéré sur la santé
Composés organiques volatils hors méthane COV	
Origine	Les composés organiques correspondent à des molécules formées principalement de liaisons entre atomes de carbone et des atomes d'hydrogène. Les composés organiques présents dans l'air ambiant sont divisés en deux catégories : les composés organiques volatils (COV) et les hydrocarbures polyaromatiques ou hydrocarbures aromatiques (HPA ou HAP) Gaz provenant : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transport routier (essence)</li> <li>• Utilisation de solvants dans les procédés industriels ou construction (colles, vernis, peintures)</li> <li>• Processus de combustion</li> </ul> Les plus connus sont les BTX : benzène, toluène, xylène. Ce sont également les plus toxiques.
Seuils max. admissibles	Europe (directive 2000/69/CE) : - Valeur limite <sup>2</sup> pour le benzène : 5µg/m <sup>3</sup> Seuil national à atteindre pour 2010: - 139 kilotonnes

<sup>1</sup> Seuils max. admissibles : selon les valeurs guide de l'OMS et la directive européenne 2001/88/CE

<sup>2</sup> Valeur limite : niveau fixé sur base de connaissances scientifiques dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé et/ou l'environnement

Impact sur l'environnement naturel	Les COV interviennent dans la formation d'ozone troposphérique et contribuent au phénomène de pluies acides qui attaquent les végétaux
Impact sur l'environnement bâti	Les COV interviennent dans la formation d'ozone troposphérique et contribuent au phénomène de pluies acides qui attaquent les bâtiments et monuments
Impact sur la santé	Les impacts varient selon le type de COV et l'exposition : <ul style="list-style-type: none"> <li>• sinusite, maux de tête, eczéma, fatigue</li> <li>• effet sur la reproduction et le développement foetal (toluène)</li> <li>• provoque la leucémie (benzène)</li> </ul>
<b>Dioxyde de carbone</b> <b>CO<sub>2</sub></b>	
Origine	Gaz émis lors de la combustion de matières fossiles pour le transport, le chauffage et les activités industrielles. Gaz également émis lors du processus de respiration de tout organisme vivant.
Gaz associés – réchauffement climatique	Gaz associés – Equivalent CO <sup>2</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li>- CO<sup>2</sup> - équivalent = 1</li> <li>- CH<sub>4</sub> - équivalent = 21</li> <li>- N<sub>2</sub>O - équivalent = 310</li> <li>- HCFs - équivalent &gt;140 et &lt;11700</li> <li>- PFCs - équivalent &gt;6500 et &lt;9200</li> <li>- SF<sub>6</sub> - équivalent = 23900</li> </ul>
Seuils max. admissibles	/
Impact sur l'environnement naturel	Le dioxyde de carbone, présent dans l'air ambiant n'a pas d'impact sur l'environnement naturel. Il est cependant responsable, en grand partie, de l'augmentation du phénomène « effet de serre » et du réchauffement climatique
Impact sur l'environnement bâti	Pas d'impact connu ou avéré
Impact sur la santé	Pas d'impact connu ou avéré
<b>Dioxyde de soufre</b> <b>SO<sub>2</sub></b>	
Origine	Gaz provenant essentiellement de la combustion de matières fossiles (charbon, pétrole) et dans une moindre mesure de procédés industriels.
Seuils max. admissibles	Europe : <ul style="list-style-type: none"> <li>- moyenne horaire (1h) sur l'année : 350µg/m<sup>3</sup></li> <li>- moyenne journalière (24h) : 125µg/m<sup>3</sup></li> <li>- protection des écosystèmes : 20µg/m<sup>3</sup></li> <li>- seuil d'alerte (taux max sur 3heures) : 500µg/m<sup>3</sup></li> </ul> OMS : <ul style="list-style-type: none"> <li>- moyenne journalière (24h) : 20µg/m<sup>3</sup></li> <li>- moyenne sur 10 minutes : 500µg/m<sup>3</sup></li> </ul> Seuil national à atteindre pour 2010: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 99 kilotonnes</li> </ul>
Impact sur l'environnement naturel	En présence d'eau, le dioxyde de soufre forme de l'acide sulfurique (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) qui contribue à l'acidification de l'environnement avec pour conséquences : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dépérissement forestier</li> <li>• Acidification des lacs</li> <li>• Atteinte aux chaînes alimentaires aquatiques</li> </ul>
Impact sur l'environnement bâti	En présence d'eau, le dioxyde de soufre forme de l'acide sulfurique (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) qui contribue à la dégradation de certains bâtiments et monuments
Impact sur la santé	Gaz irritant, des expositions courtes à des valeurs élevées ou des expositions prolongées à des valeurs plus faibles peuvent provoquer : <ul style="list-style-type: none"> <li>• bronchites chroniques, asthme, grippe</li> <li>• augmentation des affections respiratoires</li> <li>• augmentation de la mortalité</li> </ul>
<b>Oxydes d'azote</b> <b>NO<sub>x</sub></b>	
Origine	Gaz émis essentiellement par des processus de combustion à haute température (transport, chauffage,...)

	<p>On le retrouve sous forme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• NO (90%) – monoxyde d'azote</li> <li>• NO<sub>2</sub> (10%) – dioxyde d'azote</li> </ul> <p>Facteurs de conversion :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1ppm de NO<sub>2</sub> = 1880µg/m<sup>3</sup></li> <li>- 1ppm de NO = 1230µg/m<sup>3</sup></li> </ul>
Seuils max. admissibles	<p>Europe :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- moyenne horaire (1h d'exposition) : 200µg/m<sup>3</sup> - NO<sub>2</sub></li> <li>- moyenne annuelle : 40µg/m<sup>3</sup> - NO<sub>2</sub></li> <li>- protection des écosystèmes : 30µg/m<sup>3</sup></li> <li>- seuil d'alerte (taux max sur 3heures) : 500µg/m<sup>3</sup>- NO<sub>2</sub></li> </ul> <p>OMS :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- moyenne horaire (1h d'exposition) : 200µg/m<sup>3</sup>- NO<sub>2</sub></li> <li>- moyenne annuelle : 40µg/m<sup>3</sup>- NO<sub>2</sub></li> </ul> <p>Seuil national à atteindre pour 2010 ( NOx):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 176 kilotonnes</li> </ul>
Impact sur l'environnement naturel	NO : intervient dans la formation d'ozone troposphérique et contribue ainsi à l'acidification de l'environnement (air, sol, eau)
Impact sur l'environnement bâti	NO : intervient dans la formation d'ozone troposphérique et contribue ainsi à l'acidification de l'environnement et à la dégradation de certains bâtiments ou monuments
Impact sur la santé	<p>NO : pas d'impact avéré sur la santé</p> <p>NO<sub>2</sub> est responsable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• diminution de la fonction pulmonaire</li> <li>• irritation de l'alvéole pulmonaire</li> <li>• aggravation des maladies respiratoires chroniques</li> </ul>
<b>Ozone troposphérique</b>	
<b>O<sub>3</sub></b>	
Origine	La pollution par l'ozone au niveau du sol résulte d'un mécanisme complexe. L'ozone troposphérique est un polluant secondaire, massivement formé à partir de polluants « précurseurs », sous l'effet du rayonnement solaire (UV) ; il s'agit notamment des oxydes d'azote NOx
Seuils max. admissibles	<p>Europe : selon la directive 2002/3/CE – valeur cible et non seuil max</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- moyenne journalière (8heure max) : 120µg/m<sup>3</sup></li> <li>- protection des écosystèmes : 18.000µg/m<sup>3</sup>h (moyenne sur 5 ans)</li> </ul> <p>OMS :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- moyenne journalière (8 heures max.) : 100µg/m<sup>3</sup></li> <li>- une exposition journalière à 360µg/m<sup>3</sup> peut provoquer une diminution de plus de 15% de la fonction respiratoire (30% chez les personnes sensibles) et une diminution des performances physiques ;</li> <li>- une exposition journalière à 240µg/m<sup>3</sup> peut provoquer une diminution de la fonction respiratoire entre 5 et 15%, des maux de tête, irritations des yeux, du nez et de la gorge ;</li> <li>- une exposition journalière à 160µg/m<sup>3</sup> peut provoquer une diminution de 5% de la fonction respiratoire</li> </ul>
Impact sur l'environnement naturel	<p>L'ozone, en tant que superoxydant, est un polluant majeur de l'air, nocif pour la santé des animaux et des plantes</p> <p>En quantité très élevée, l'ozone contribue à l'acidification de l'environnement (air, sol, eau) et porte atteinte aux écosystèmes.</p>
Impact sur l'environnement bâti	Pas d'impact connu ou avéré sur le bâti
Impact sur la santé	<p>Gaz irritant, provoquant à partir de concentrations de 150 à 200µg/m<sup>3</sup> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• irritations oculaires et pharyngées</li> <li>• diminution de la fonction respiratoire (sujets sains et asthmatiques)</li> <li>• potentialisation des effets allergènes</li> </ul> <p>Gaz à potentialité cancérigène</p>
<b>Particules en suspension incluant</b>	

particules fines PM <sub>10</sub> et très fines PM <sub>2,5</sub>	
Origine	<p>« Particules » ou « poussières » est un terme générique désignant toutes les particules en suspension dans l'air ambiant. Ce terme recouvre une vaste gamme de tailles et de compositions physico-chimiques. Cependant on distingue trois types différents de particules :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les particules totales : ensemble des particules dans l'air</li> <li>- les particules fines (PM10) : les particules de diamètre inférieur à 10µm</li> <li>- les particules très fines (PM2.5) : les particules de diamètre inférieur à 2.5µm</li> </ul> <p>Les PM10 sont essentiellement des particules issues de l'abrasion mécaniques de matières solides (frottement, construction/démolition, traitements des sols,...)</p> <p>Les PM2.5 sont de deux types :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les PM2.5 primaires, particules carbonées provenant de la combustion du bois, du charbon et des gaz d'échappement (diesel)</li> <li>- les PM2.5 secondaires, provenant de réactions chimiques entre gaz émis dans l'atmosphère (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COV)</li> </ul>
Seuils max. admissibles	<p>Europe :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- moyenne journalière (24h) : 50µg/m<sup>3</sup> - PM10</li> <li>- moyenne annuelle : 40µg/m<sup>3</sup> - PM10 (2010 – seuil passe à 20µg/m<sup>3</sup>)</li> <li>- pas de données pour les PM2.5</li> </ul> <p>OMS :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- moyenne journalière (8h d'exposition) : 50µg/m<sup>3</sup> - PM10</li> <li>- moyenne journalière (8h d'exposition) : 25µg/m<sup>3</sup> - PM2.5</li> <li>- moyenne annuelle : 20µg/m<sup>3</sup> - PM10</li> <li>- moyenne annuelle : 10µg/m<sup>3</sup> - PM2.5</li> </ul>
Impact sur l'environnement naturel	Les poussières et particules absorbent et diffusent la lumière, limitant ainsi la visibilité. Elles peuvent avoir une odeur désagréable.
Impact sur l'environnement bâti	Dépôt de poussières entraînant des salissures et autres dégradations
Impact sur la santé	<p>Les grosses particules (diamètre &gt; 10µm) n'ont qu'un faible impact sur la santé : elles se déposent très rapidement sur le sol ou sont arrêtés au niveau du nez et ne pénètrent pas dans l'organisme.</p> <p>Les particules fines et très fines pénètrent plus ou moins profondément dans l'organisme en fonction de leur taille (PM10 : voies respiratoires supérieures et moyennes, PM2.5 : alvéoles pulmonaires)</p> <p>Les deux catégories sont responsables de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- irritations des voies respiratoires</li> <li>- altération de la fonction respiratoire surtout chez l'enfant</li> <li>- augmentation fréquence et intensité des crises d'asthme</li> </ul> <p>De plus, leur toxicité peut être augmentée du fait que les particules servent souvent de support à d'autres polluants, notamment les métaux lourds et les HAP.</p>
Polluants organiques persistants POP	
Origine	<p>Les polluants organiques persistants (POP) sont des molécules définies par les propriétés suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Toxicité : elles présentent un ou plusieurs impacts nuisibles prouvés sur la santé humaine et l'environnement.</li> <li>- Persistance dans l'environnement : ce sont des molécules qui résistent aux dégradations biologiques naturelles.</li> <li>- Bioaccumulation : les molécules s'accumulent dans les tissus vivants et les concentrations augmentent donc le long de la chaîne alimentaire.</li> <li>- Transport longue distance : de par leurs propriétés de persistance et de bioaccumulation, ces molécules ont tendance à se déplacer sur de très longues distances et se déposer loin des lieux d'émission, typiquement des milieux chauds (à forte activité humaine) vers les milieux froids (en particulier l'Arctique).</li> </ul>

	<p>Ces polluants ont deux origines principales :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La production de produits chimiques, en particulier, celle des pesticides, des PCB et de l'Hexachlorocyclohexane<sup>3</sup>,</li> <li>- La production non-intentionnelle, en particulier par combustion. Cette deuxième origine concerne principalement les dioxines, les furanes et les Hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP).</li> </ul> <p><i>La convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants est un accord international visant à interdire certains produits polluants. La convention a été signée le 22 mai 2001 dans la ville éponyme. Elle compte 124 membres et 151 pays ont signé.</i></p> <p><i>La convention interdit un certain nombre de substances chimiques très polluantes : l'aldrine, le chlordane, la dieldrine, l'endrine, l'heptachlore, l'hexachlorobenzène, le mirex le toxaphène, les polychloro-biphényles (PCB).</i></p> <p><i>Elle restreint très fortement l'utilisation du DDT.</i></p>
Seuils max. admissibles	?
Impact sur l'environnement naturel et la santé	<p>Les Polluants Organiques Persistants (POPs) présentent des effets toxiques sur la santé humaine et sur la faune, et sont associés à une vaste gamme d'effets nuisibles : dégradation du système immunitaire, effets sur la reproduction et sur le développement et propriétés cancérogènes. De par leur nature persistante, ces molécules présentent potentiellement la particularité de provoquer des perturbations par une exposition chronique même à de faibles concentrations. En outre, de par leur propriété de bioaccumulation, les impacts sur la faune et la santé humaine peuvent être observés à proximité mais aussi très loin des sources d'émission.</p>

<sup>3</sup> Hexachlorocyclohexane : « L'hexachlorocyclohexane ou HCH (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>6</sub>) est un composé chimique faisant partie de la famille des organochlores. Il existe sept isomères de cette substance: l'alpha (α), le beta (β), le gamma (γ), le delta (δ), le lambda (λ), l'épsilon (ε) et le nu (ν) hexachlorocyclohexane. Les trois derniers sont obtenus à l'état de traces lors de la synthèse du lindane (c'est-à-dire le produit dans lequel l'isomère gamma du HCH représente au moins 99%). Le HCH se présente sous l'aspect d'un solide blanc cristallin qui se dégage dans l'air par des vapeurs incolores avec une légère odeur de moisissures (ATSDR, 2005a). Seul le lindane (γ-HCH) est utilisé pour ses propriétés insecticides, les autres isomères sont dits « inactifs ». En agriculture, le lindane est utilisé contre les organismes suceurs et rongeurs, il est également employé pour ses propriétés antiparasitaires dans les mesures d'hygiène humaine et vétérinaire (PARNA, 2006). » Source <http://rsde.ineris.fr>

## 2. Polluants intérieurs et leurs principaux impacts sur l'environnement et la santé

Les différents polluants analysés sont les suivants :

### 2.1. Polluants chimiques

Monoxyde de carbone CO	
Origine	Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore, inodore et insipide. Sous-produit de combustion incomplète des matières fossiles dans les systèmes de production de chaleur, essentiellement lorsque les systèmes de production de chaleur et d'ECS sont mal installés, non entretenus, raccordés à une mauvaise cheminée.
Seuils max. admissibles	Europe (directive 2000/69/CE) : - Valeur limite pour une exposition journalière (8h) : 10 µg/m <sup>3</sup> OMS : - Valeur guide pour une exposition de 15min : 100 000µg/m <sup>3</sup> - Valeur guide pour une exposition de 30min : 60 000µg/m <sup>3</sup> - Valeur guide pour une exposition de 1h : 30 000µg/m <sup>3</sup> - Valeur guide pour une exposition de 8h : 10 000µg/m <sup>3</sup>
Impact sur la santé	Respirer du monoxyde carbone peut avoir des conséquences importantes sur la santé. En effet, le CO a tendance à se fixer sur l'hémoglobine du sang, l'empêchant ainsi de remplir son rôle normal, à savoir alimenter notre organisme en oxygène. De ce fait, l'organisme s'asphyxie lentement. On distingue deux types d'intoxication au CO : aiguës ou chroniques. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aiguës : toute personne qui respire une grande quantité de CO peut, après quelques minutes : ressentir des maux de tête, avoir des vertiges, avoir des nausées, vomir, tomber dans le coma, mourir.</li> <li>• Chroniques : un grand nombre de personnes respirent chaque jour de faibles quantités de CO. Ces doses respirées ne sont pas mortelles mais peuvent être responsables de symptômes assez vagues tels que : maux de tête, faiblesse, difficultés de concentration, lourdeurs d'estomac, ...</li> </ul>
Dioxyde de soufre SO <sub>2</sub>	
Origine	Voir point 1.
Seuils max. admissibles	Pas de seuil max admissibles en intérieur d'habitat. On se référera aux seuils max. admissibles pour la qualité de l'air extérieur
Impact sur la santé	Voir point 1.
Oxydes d'azote NO <sub>x</sub>	
Origine	Voir point 1.
Seuils max. admissibles	Pas de seuil max admissibles en intérieur d'habitat. On se référera aux seuils max. admissibles pour la qualité de l'air extérieur
Impact sur la santé	Voir point 1.
Hydrocarbures : toluènes, benzènes et xylènes (famille des COV)	
Origine	Voir point 1.
Seuils max. admissibles	Pas de seuil max admissibles en intérieur d'habitat. On se référera aux seuils max. admissibles pour la qualité de l'air extérieur
Impact sur la santé	Voir point 1.
Formaldéhyde (famille des COV)	
Origine	Le formaldéhyde est un composé chimique largement utilisé en construction, pour certains meubles et produits (colles, résines, mousses isolantes en polyuréthanes, ...), pour certains textiles et désinfectants, ... Certaines laines de verre ou de roche utilisent

	<p>cette substance comme liant pour les fibres. On le trouve également en grande quantité dans la fumée de cigarette.</p> <p><i>Si le logement est soumis à une température et une humidité élevées, le formaldéhyde présent dans ces matériaux aura tendance à se libérer et, sous forme de gaz, à contaminer l'habitation</i></p>
Seuils max. admissibles	<p>Europe :</p> <p>OMS :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Seuil max. admissible pour une exposition de 30min : 0.1mg/m<sup>3</sup></li> </ul>
Impact sur la santé	<ul style="list-style-type: none"> <li>• maux de tête, vertiges, troubles de la concentration</li> <li>• irritation et obstruction nasale, maux de tête, asthme, sinusite</li> <li>• à long terme, peut provoquer des troubles du sommeil, dépressions</li> <li>• potentiellement cancérigène</li> </ul>

## 2.2. Polluants physiques

Humidité	
Origine	<p>Les sources d'humidité dans l'habitat sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les matériaux pendant 1 à 2 ans après leur mise en œuvre</li> <li>• les pièces « humides » : cuisine, salle de bain, douche, buanderie...</li> <li>• les occupants (40 à 60g/h/pers)</li> <li>• les défauts d'étanchéité et de mise en œuvre provoquant infiltrations et condensations</li> </ul>
Seuils max. admissibles	On préconise un taux d'humidité situé entre 30 et 70%
Impact sur la santé	<p>De faibles niveaux d'humidité (en deçà de 30 %) donnent lieu à certains désagréments au niveau du confort et de la santé :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmentation de l'électricité statique</li> <li>- Gêne et irritation accrue à la fumée de tabac</li> <li>- Augmentation de la concentration en poussières dans l'air, ce qui serait susceptible d'induire une augmentation de la fréquence de maladies respiratoires en hiver lorsque l'humidité de l'air est faible.</li> </ul> <p>De hauts niveaux d'humidité (au-delà 70 % HR) donnent lieu à une croissance microbienne importante et à des condensations sur les surfaces froides, ce qui serait susceptible d'induire une augmentation de la fréquence de maladies respiratoires liées à des problèmes d'allergies.</p>
Radon	
Origine	Le radon est un gaz radioactif provenant de la désintégration du radium ; lui-même sous-produit de la chaîne de désintégration de l'uranium. L'uranium et le radium sont des matières présentes, en quantité très différentes selon la région et le type de roche
Seuils max. admissibles	<p>Belgique :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- valeur limite à 400Bq/m<sup>3</sup></li> </ul>
Impact sur la santé	<p>La plus grande partie du radon qui est inhalée est aussitôt rejetée.</p> <p>Cependant la matière 218Po, un produit de filiation du radon est lui très réactif. Par attraction électrostatique, il s'agglomère aux particules très fines présentes dans l'air ambiant et lorsque ces particules sont inhalées, il se dépose sur les poumons en se désintégrant et en émettant des particules alpha et bêta qui se révèlent nocives.</p> <p>En endommageant la structure interne des cellules, voire en modifiant l'ADN, les risques de dégénérescence et de cancer sont bien réels. D'après certaines études de l'OMS, 6 à 15% des cancers du poumon serait une conséquence de la présence de radon au sein de l'habitat.</p>
Fibres respirables	
Origine	<p>Les fibres respirables sont une sous-branche des particules et poussières.</p> <p>L'OMS définit les fibres respirables comme devant répondre à trois critères :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- longueur &gt; 5µm</li> <li>- diamètre &lt; 3µm</li> <li>- ration longueur / diamètre &lt; 3</li> </ul>

	<p>Les recherches sur la toxicologie des fibres sont apparues avec les problèmes liés à l'utilisation de l'amiante et l'interdiction à l'utiliser. Des fibres de substitution ont remplacé l'amiante et ont été introduites dans de nombreux matériaux.</p> <p>L'INRS classe les fibres selon leur nature chimique – voir <a href="http://www.inrs.fr">www.inrs.fr</a></p>
Seuils max. admissibles	<p>Pour déterminer la toxicologie des fibres, les chercheurs ont émis une série de critères. Ceux-ci ne sont pas encore quantifiés – voir <a href="http://www.inrs.fr">www.inrs.fr</a></p>
Impact sur la santé	<p><b>Plus les fibres sont fines et longues, plus elles peuvent facilement pénétrer profondément dans le poumon, plus l'organisme a des difficultés à les éliminer et plus elles sont dangereuses.</b></p> <p>Par contact, les fibres peuvent irriter la peau et/ou les muqueuses (yeux, nez, bouche...). Cela concerne principalement celles dont le diamètre est supérieur à 4 microns. Selon leur composition chimique ou la présence d'additifs (liants, etc.), les fibres peuvent provoquer des allergies cutanées ou respiratoires.</p> <p>L'inhalation de fibres peut entraîner des réactions inflammatoires tant au niveau des bronches (bronchite) que des alvéoles (alvéolite). En cas de migration jusqu'à la plèvre (enveloppe du poumon), elles peuvent provoquer un épanchement pleural (pleurésie). A la suite d'expositions répétées à certaines fibres, une fibrose pulmonaire peut survenir. Il s'agit d'une transformation du tissu pulmonaire qui conduit à une insuffisance respiratoire. Ce phénomène est irréversible et, dans le cas de certaines fibres, peut continuer à évoluer après la fin de l'exposition. En cas de migration des fibres jusqu'à la plèvre, une fibrose pleurale locale (plaques pleurales) ou diffuse (épaississement pleural diffus) peut également survenir. En général, les plaques pleurales n'entraînent pas de diminution de la capacité respiratoire, contrairement à l'épaississement pleural diffus. La présence de fibres dans les cellules peut perturber les divisions cellulaires et entraîner des mutations de gènes.</p> <p>A long terme, certaines fibres peuvent provoquer des cancers, principalement au niveau du poumon et de la plèvre.</p>

### 2.3. Biocontaminants

Moisissures	
Origine	<p>Champignons microscopiques filamenteux dont le développement est favorisé dans des espaces clos, mal ventilés, chauds et humides (humidité de 80%)</p> <p>Dans une habitation, ils se développeront plus particulièrement au niveau de traces d'humidité (fuite au niveau d'une canalisation, condensation, ...) avec une prédilection pour le papier, le bois, les colles cellulosiques ou le plâtre).</p>
Seuils max. admissibles	<p>On préconise un taux d'humidité situé entre 30 et 70%. De hauts niveaux d'humidité (au-delà 70 % HR) donnent lieu à une croissance microbienne importante et à des condensations sur les surfaces froides</p>
Impact sur la santé	<p>En raison du nombre important d'agents contenus dans les moisissures, les problèmes de santé et leur taux de gravité peuvent être nombreux.</p> <p>Les moisissures peuvent affecter la santé de trois façons différentes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• réactions liées aux COVM (composés organiques volatiles microbiens)</li> <li>• par la production d'allergènes provoquant rhinite, bronchite, asthme</li> <li>• réactions inflammatoires : irritations des yeux, du nez, de la gorge associée à de la fatigue et des maux de tête</li> <li>• réactions infectieuses</li> <li>• toxicité aigüe et chronique</li> </ul>
Poussières et particules fines	
Origine	Voir point 1
Seuils max. admissibles	Voir point 1
Impact sur la santé	Voir point 1
Acariens	
Origine	<p>Les acariens sont des micro-arthropodes différents des insectes et des araignées. La taille des acariens vivant dans les habitations avoisine les 0,5 mm.</p> <p>Une vingtaine d'espèces colonisent nos habitations. Les plus connus sont les acariens des poussières, souvent présents dans les textiles et mobilier. D'autres appelés acariens des</p>

	céréales, se trouvent dans les aliments ou sur les murs, soit en compagnie de moisissures ou simplement au niveau des traces d'humidité
Seuils max. admissibles	/
Impact sur la santé	<p>Les acariens produisent divers allergènes, dont certains sont présents dans les matières fécales de l'acarien, d'autres se trouvent sur le corps même de l'acarien. Les effets sur la santé sont essentiellement de type allergique.</p> <p>Les principales manifestations allergiques sont :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• rhinites</li><li>• dermatites</li><li>• bronchites asthmatiformes</li><li>• asthme</li></ul>

### 3. Références

- Fiches IBGE sur la qualité de l'air et les différents polluants – données de base pour le plan « Air », téléchargeables sur le site [www.ibgebim.be](http://www.ibgebim.be)
- Guide pratique pour la construction et rénovation durables de petits bâtiments, fiches relatives à la santé, IBGE, janvier 2007
- Fiches INRS, téléchargeables sur le site [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)
- « Air Quality Guidelines, Global Update 2005 », publication de l'OMS, téléchargeable sur le site [www.who.int](http://www.who.int)
- Site internet [www.habitat-sante.org](http://www.habitat-sante.org)
- Mémoire de fin d'étude « Relation Matériaux/Santé en Architecture », Damien Léonard, Ecole Polytechnique de Louvain, Département Architecture, septembre 2008
- Guide de l'Habitat sain, Suzanne et Pierre Déoux, Edition MEDIECO, 2004



# **Annexe 7**

## **Comparaison entre isolants**

### **Critères quantitatifs**



# Comparatif entre isolants

Les épaisseurs d'isolants ont été calculées afin d'obtenir une transmission thermique inférieure ou égale à 0,15W/m<sup>2</sup>K

## > Type d'isolants

	[m]	Composants	durée de vie	remplacement	élimination	description technique
1	0.24	polystyrène expansé	30	1	2	Chaque isolant a ses caractéristiques propres. Certains isolants seront utilisés spécifiquement en isolation de dalles de sol, d'autres principalement en isolation de toitures et/ ou de murs extérieurs. D'autres encore seront utilisés en tant qu'isolant phonique, dans les planchers ou cloisons intérieures. Il est impératif de vérifier que son utilisation et sa mise en oeuvre correspondent aux prescriptions du fabricant.
2	0.24	polystyrène extrudé	30	1	2	
3	0.18	polyuréthane	30	1	2	
4	0.24	laine de roche	30	1	2	
5	0.24	laine de verre	30	1	2	
6	0.27	verre cellulaire	> 50	0	1	
7	0.38	perlite expansée	30	1	2	
8	0.82	argile expansée (en vrac)	> 50	0	1	
9	0.27	fibres de bois (matelas)	30	1	2	
10	0.27	fibres de bois (panneaux)	30	1	2	
11	0.27	cellulose (matelas)	30	1	2	
12	0.27	cellulose (en vrac)	30	1	2	
13	0.27	panneaux de liège	30	1	2	
14	0.27	fibres de coco (matelas)	30	1	2	
15	0.27	fibres de chanvre (matelas)	30	1	2	
16	0.27	fibres de lin (matelas)	30	1	2	

## > Illustrations



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14



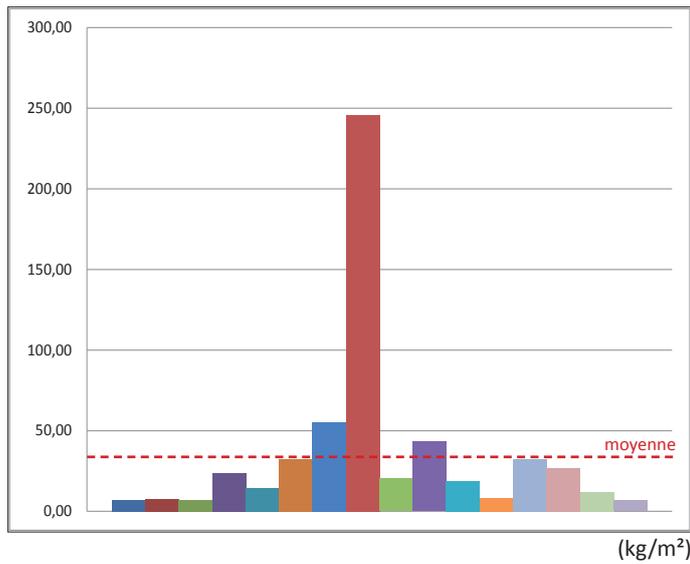
15



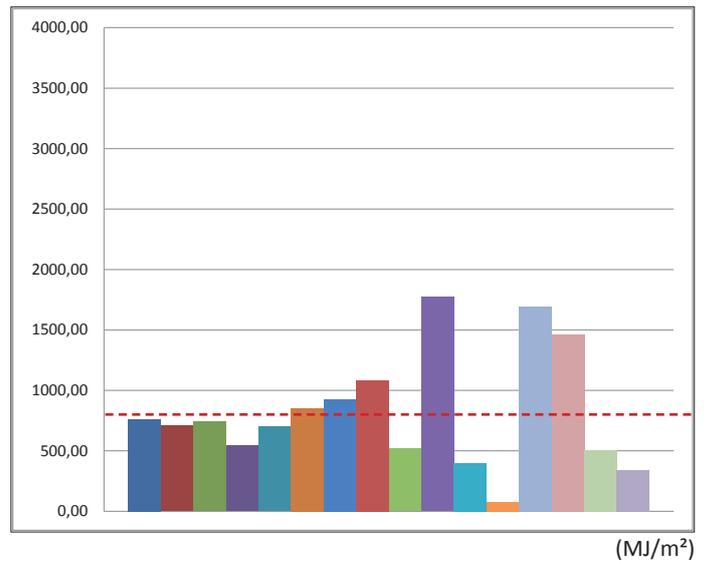
16

## > Profil écologique - phase de fabrication

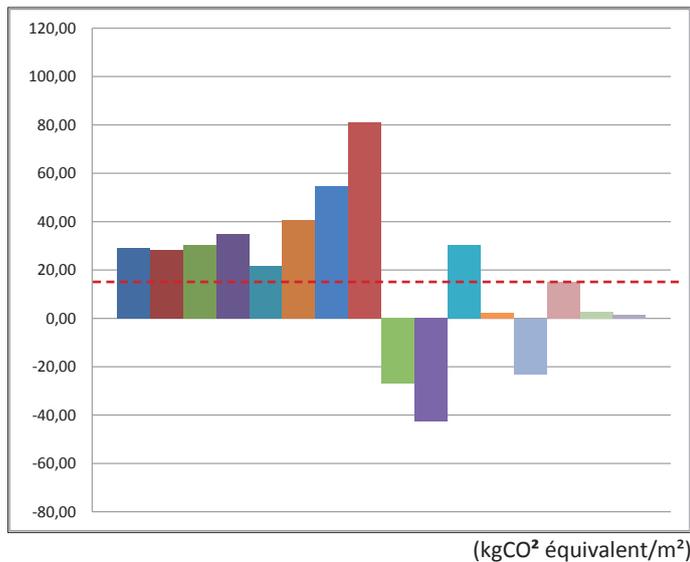
### MATIERE



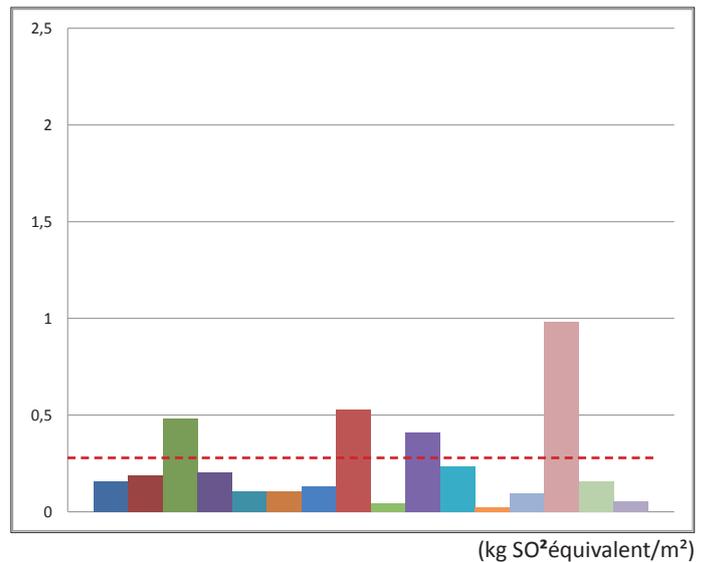
### ENERGIE GRISE



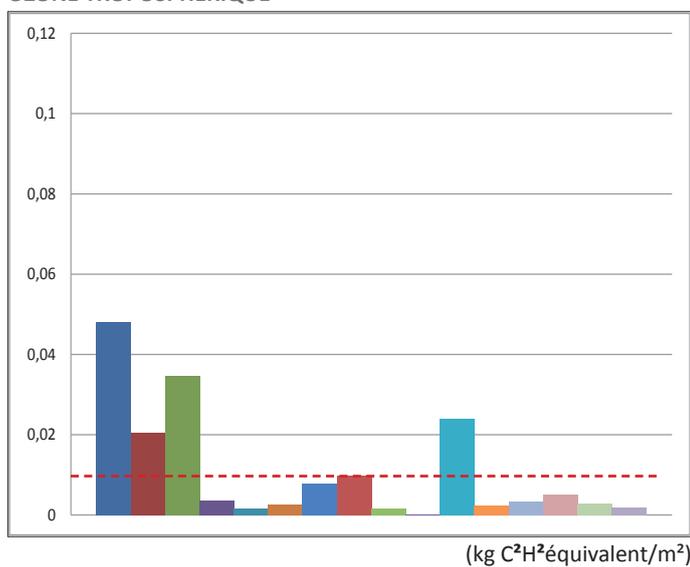
### EFFET DE SERRE



### ACIDIFICATION



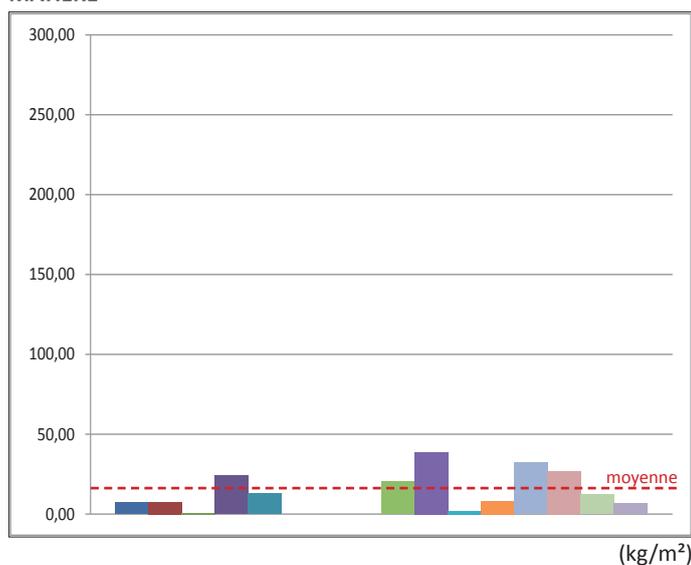
### OZONE TROPOSPHERIQUE



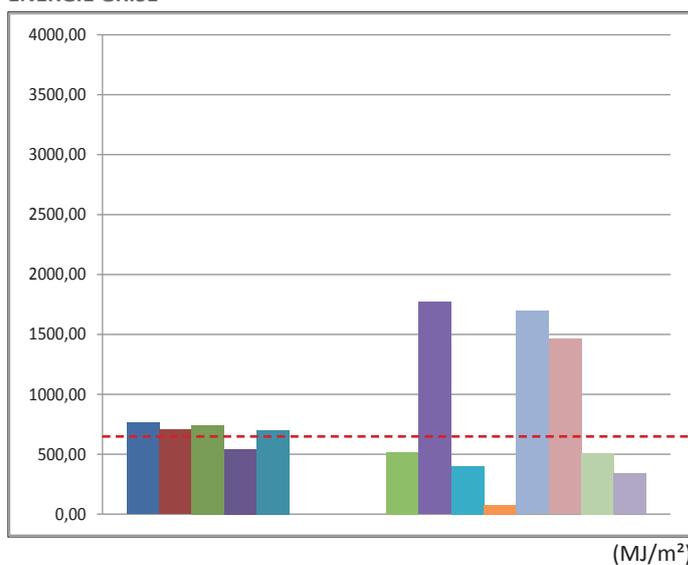
- polystyrène expansé
- polystyrène extrudé
- polyuréthane
- laine de roche
- laine de verre
- verre cellulaire
- perlite expansée
- argile expansée
- fibres de bois - matelas
- fibres de bois - panneaux
- cellulose - matelas
- cellulose - vrac
- panneau de liège
- matelas de coco
- matelas de chanvre
- matelas de lin

### > Profil écologique - phase de remplacement

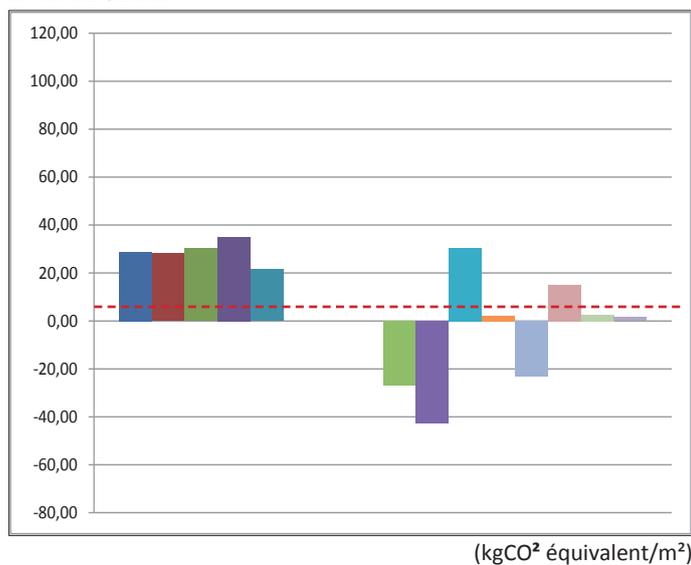
MATIERE



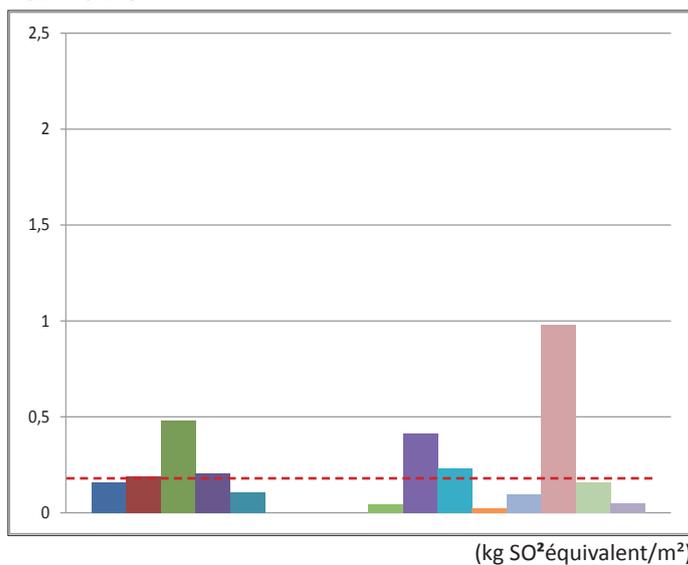
ENERGIE GRISE



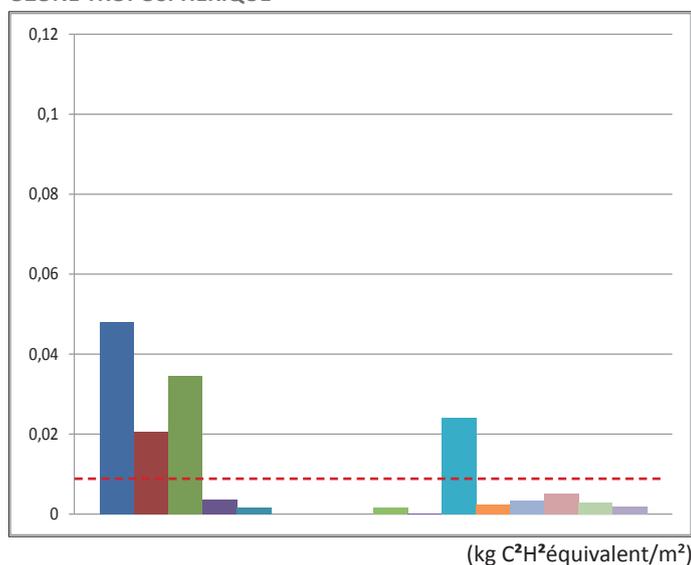
EFFET DE SERRE



ACIDIFICATION



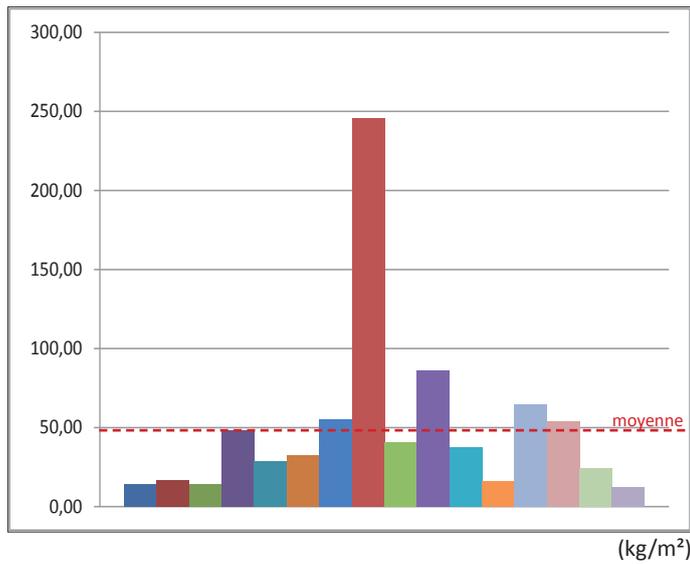
OZONE TROPOSPHERIQUE



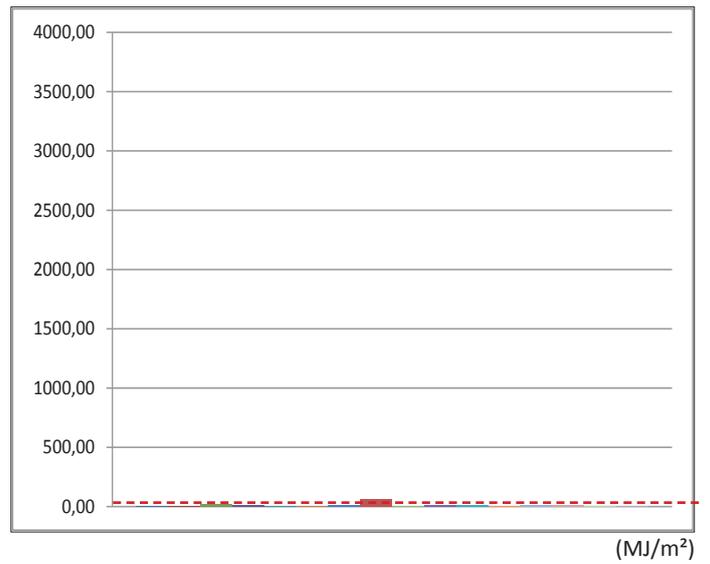
- polystyrène expansé
- polystyrène extrudé
- polyuréthane
- laine de roche
- laine de verre
- verre cellulaire
- perlite expansée
- argile expansée
- fibres de bois - matelas
- fibres de bois - panneaux
- cellulose - matelas
- cellulose - vrac
- panneau de liège
- matelas de coco
- matelas de chanvre
- matelas de lin

## > Profil écologique - phase d'élimination

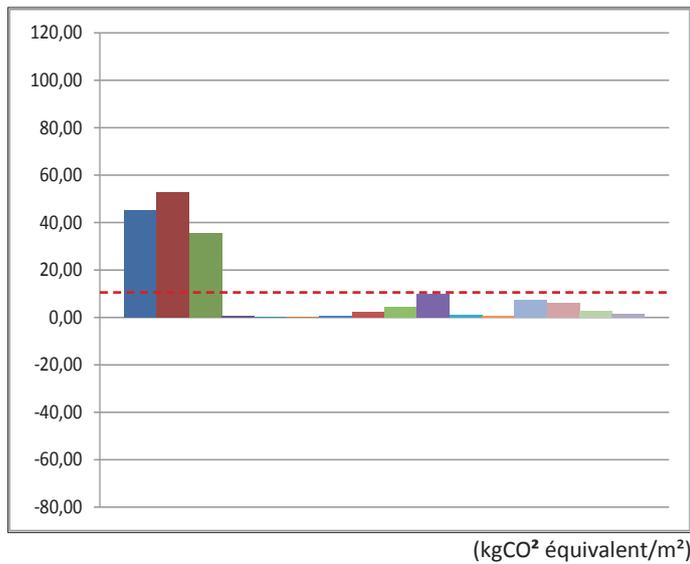
MATERIE



ENERGIE GRISE



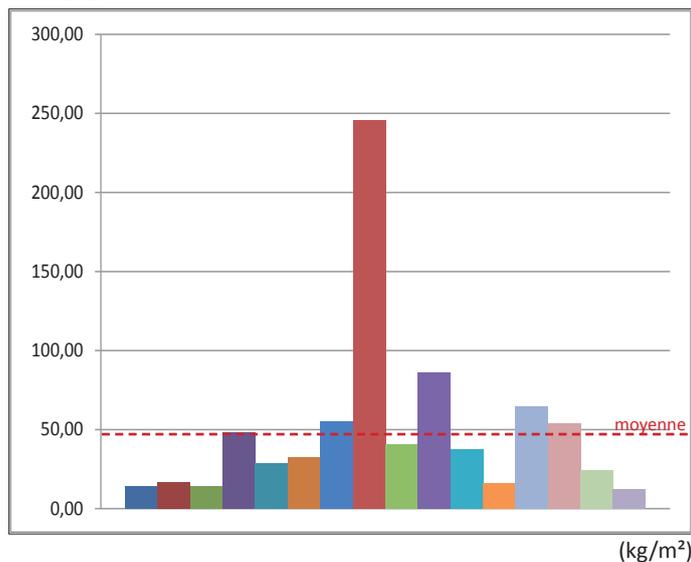
EFFET DE SERRE



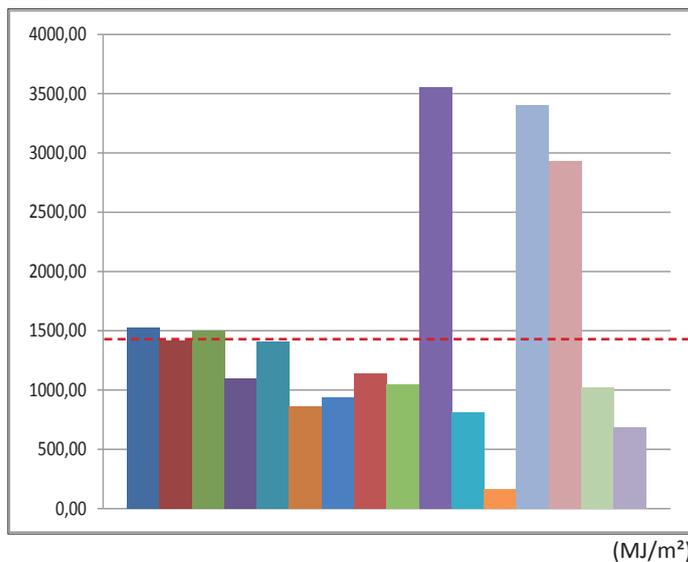
- polystyrène expansé
- polystyrène extrudé
- polyuréthane
- laine de roche
- laine de verre
- verre cellulaire
- perlite expansée
- argile expansée
- fibres de bois - matelas
- fibres de bois - panneaux
- cellulose - matelas
- cellulose - vrac
- panneau de liège
- matelas de coco
- matelas de chanvre
- matelas de lin

### > Profil écologique - bilan des 3 phases

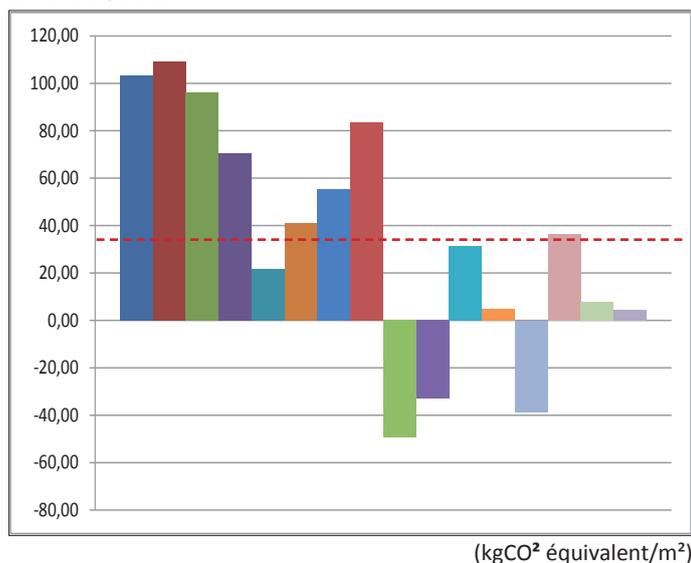
MATIERE



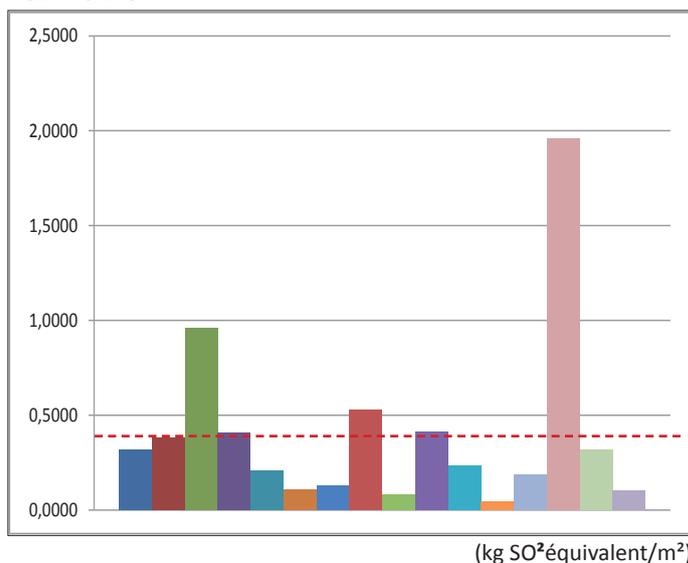
ENERGIE GRISE



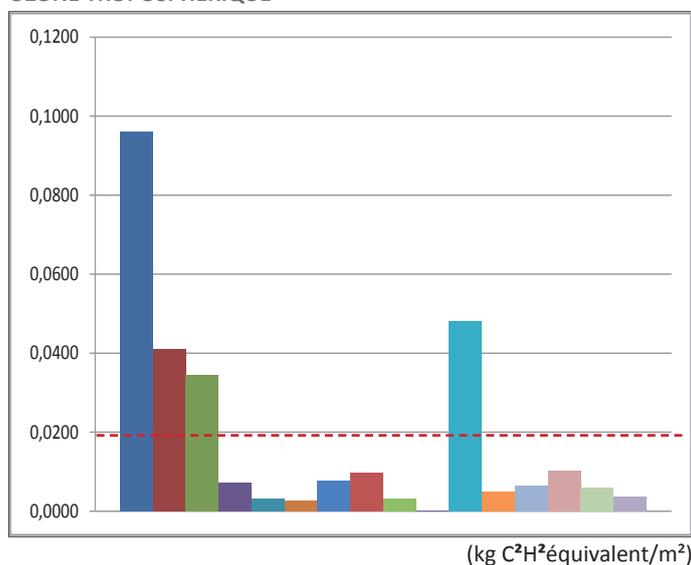
EFFET DE SERRE



ACIDIFICATION



OZONE TROPOSPHERIQUE



- polystyrène expansé
- polystyrène extrudé
- polyuréthane
- laine de roche
- laine de verre
- verre cellulaire
- perlite expansée
- argile expansée
- fibres de bois - matelas
- fibres de bois - panneaux
- cellulose - matelas
- cellulose - vrac
- panneau de liège
- matelas de coco
- matelas de chanvre
- matelas de lin