

Guide de choix des éco-matériaux "Les menuiseries"














Septembre 2008

Sommaire

SOMMAIRE.....	2
GRILLE DE LECTURE	3
INTRODUCTION.....	3
LES MENUISERIES TRADITIONNELLES.....	5
MENUISERIES EN BOIS	6
MENUISERIES EN PVC	8
MENUISERIES EN ALUMINIUM	10
MENUISERIES MIXTES (BOIS ET ALUMINIUM)	11
LES VITRAGES	13
LE SIMPLE-VITRAGE	14
LE DOUBLE-VITRAGE	14
<i>Les double-vitrages à faible émissivité.....</i>	<i>15</i>
<i>Les vitrages à isolation renforcée (VIR).....</i>	<i>16</i>
LE TRIPLE-VITRAGE	16
COMMENT RECONNAITRE LE TYPE DE VITRAGE ?	17
TABLEAU RECAPITULATIF	18
<i>Sites internet des principaux fabricants de verre</i>	<i>18</i>
ALTERNATIVES ECOLOGIQUES	19
LES MENUISERIES LABELLISEES	20
LES MENUISERIES ECO-CONÇUES	21
POSE DES VITRAGES EN FONCTION DE L'ORIENTATION.....	22
SOURCES.....	23

Grille de lecture

Dans ce guide de choix seront présentées les menuiseries dites traditionnelles, puis les différents types de vitrages. Enfin, une troisième partie expliquera quel type de vitrage utiliser afin de bénéficier des apports solaires passifs ; elle proposera également des alternatives écologiques au choix des fenêtres traditionnelles. **Dans ce guide de choix, les menuiseries seront caractérisées selon plusieurs critères représentés par les symboles ci-dessous :**

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

Introduction

Les fenêtres et baies vitrées sont, d'un point de vue thermique, le maillon faible de la paroi extérieure. Rien qu'à travers elles, se perdent plus de 10% de la chaleur. Mais, dans le même temps, elles laissent pénétrer le rayonnement solaire qui participe à chauffer l'habitation.

La composition d'une fenêtre joue sur la solidité de celle-ci mais également sur ses performances isolantes (thermique et acoustique). La fenêtre est composée de deux éléments distincts : l'ouvrant (cadre comportant les vitrages) et le dormant (cadre fixé dans le mur).

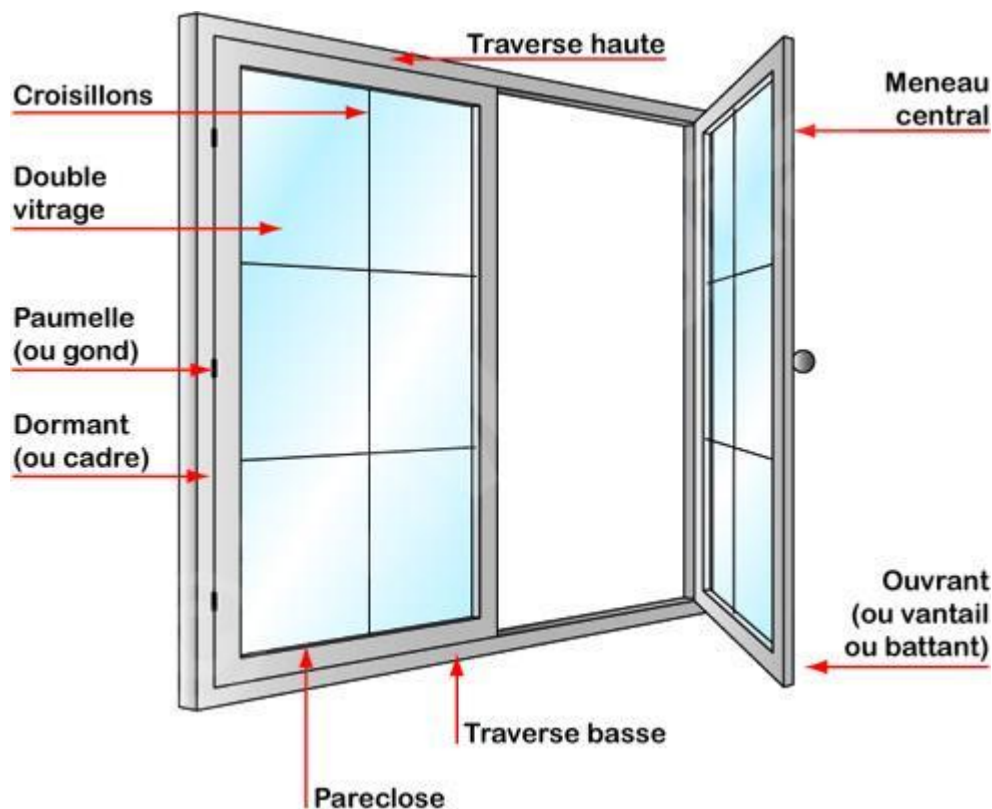


Figure 1 : structure d'une fenêtre

Source : <http://fenetre.comprendrechoisir.com>

Plusieurs éléments de celle-ci jouent donc sur les prix et les capacités isolantes de la fenêtre :

- le matériau utilisé dans les cadres et la qualité de l'éventuel rupteur thermique ;
- la nature du vitrage ;
- les joints ;
- les feuillures.

Coefficient de transmission thermique












Le coefficient de transmission surfacique U (exprimé en W/m^2K) correspond au pouvoir isolant du vitrage. Cette valeur (U_w) dépend de ce coefficient associé au type de vitrage utilisé (U_g) et de châssis U_f . Pour calculer le coefficient de transmission surfacique de la fenêtre entière, il suffit d'appliquer cette formule : $U_{fen\hat{e}tre} = 0.3 \times U_{ch\hat{a}ssis} + 0.7 \times U_{vitrage} + 3 \times 0.05$ ou 0.07 (selon que le vitrage ait un $U >$ ou $< 2W/m^2K$).




Par exemple, pour obtenir une maison passive il est nécessaire de poser des vitrages dont le U_w est inférieur à $0,8 W/m^2K$

$U_{g (glass)}$ coefficient de transmission thermique du vitrage
 $U_{f (frame)}$ coefficient de conductibilité thermique du dormant de la fenêtre
 $U_w (window)$ = coefficient de conductibilité thermique de la fenêtre complète













Les menuiseries traditionnelles



Menuiseries en bois

	Attention à utiliser des bois non exotiques et issus de forêts labellisées « gestion durable » (label PEFC ou FSC).
	Le recyclage des menuiseries en bois est pratiquement impossible à ce jour à cause du mélange de bois peints, de silicone et mastics.
	Ces menuiseries ont un bon éco-bilan du fait de l'utilisation quasi-exclusive de bois qui est une ressource renouvelable. Leur production consomme 30 fois moins d'énergie que les fenêtres en PVC et 50 fois moins que celles en aluminium.
	Côté noble et chaleureux du matériau.
	Contrairement aux menuiseries en PVC ou aluminium, les fenêtres en bois ne doivent pas forcément être remplacées dans leur totalité en cas de défaut de fonctionnement.
	Les menuiseries en bois nécessitent un entretien important : la pose d'une lasure tous les 2 ans et d'une peinture tous les dix ans.
	Coût élevé (cf : €)
	Pour être stable et durable, le bois doit être traité avec des traitements fongicides, insecticides et hydrofuges au moment de sa fabrication.
€	Pour une menuiserie croisée oscillo-battant 2 vantaux de 1m sur 1m15, comportant un vitrage 4-16-4 à faible émissivité, il faut compter 400€ environ.
	<ul style="list-style-type: none"> - Le bois émet des COV et contamine donc l'air intérieur ; - Les produits utilisés pour les traitements fongicides ou insecticides peuvent également émettre des COV. - Lors de la mise en œuvre de la fenêtre, attention aux poussières de bois pouvant provoquer des maladies de peau, des irritations des muqueuses et des voies respiratoires supérieures.
	La durabilité des menuiseries en bois dépend de la nature du bois utilisé. la durée de vie typique d'une menuiserie est estimée en moyenne à 30 ans.
	$\Lambda = 0,15$ à $0,23$ en fonction de l'essence utilisée














	Le bois est à l'origine un très bon régulateur hygrométrique avec un coefficient « mu » d'hygroscopicité =40
	Etant ignifugé, les menuiseries en bois sont classées M2 à M3 (moyennement à facilement inflammable) en terme de comportement au feu.
	
Marques commerciales	Lapeyre Site Lapeyre rubrique fenêtres Fabricants signataires de la charte qualité Menuiseries 21 http://www.menuiseries21.com/index21.htm Tryba Site Tryba-rubrique fenêtres

Menuiseries en PVC












	Le châssis de la fenêtre PVC est équipé de renforts métalliques. Les menuiseries en PVC représentent près de 57% du marché.
	Le PVC est recyclable en lui-même mais n'est que peu recyclé en réalité.
	Le PVC est résistant aux UV (il ne se décolore pas), aux chocs, à la déformation avec le temps et à la pluie.
	Les menuiseries en PVC ne nécessitent aucun entretien particulier. Leur surface rend difficile la prolifération bactérienne ou fongique.
	Coût modéré ; attention cependant aux premiers prix pouvant être synonyme de mauvaise qualité.
	La combinaison de profilés PVC et d'un double vitrage permet d'obtenir un affaiblissement acoustique de la fenêtre jusqu'à $R_w = 47$ décibel (essai CSTB).
	Produit issu de la pétrochimie, la fabrication du PVC utilise des ressources non renouvelables.
	Le PVC étant moins rigide que l'aluminium ou le bois, il ne convient pas à la pose de baies vitrées.
€	Pour une menuiserie croisée oscillo-battant 2 vantaux de 1m sur 1m15, comportant un vitrage 4-16-4 à faible émissivité, il faut compter 330€ environ.
	<ul style="list-style-type: none"> - A l'origine de phénomènes parasites pour les appareils, en effet le PVC accumule les charges électriques. Ce phénomène met la poussière en suspension et favorise donc la contamination bactérienne ; - 30% des fabricants utilisent des additifs toxiques à base de métaux lourds pour la stabilisation du PVC.
	Durée de vie typique estimée à 30 ans.
	<p>λ PVC = 0,17 W/m.K</p> <p>Performance thermique de la menuiserie PVC : U_f = de 1,3 à 1,8 W/m².K (calcul selon les règles Th U3-1)</p>
	Le PVC est totalement imperméable à l'eau (coefficient « mu » d'hygroscopicité =

	50 000)
	Le PVC est classé M1 à M2 (moyennement à difficilement inflammable) à cause de la présence de chlore. En cas d'incendie, le PVC émet des fumées toxiques contenant de l'acide chlorhydrique et des dioxines. Les menuiseries en PVC sont toutes fois dangereuses en cas d'incendie car les ouvrants et les dormants ont tendance à se coller ?
	
Marques commerciales	Lapeyre Site Lapeyre rubrique fenêtres Tryba Site Tryba-rubrique fenêtres

Menuiseries en aluminium

	La fenêtre est composée d'un châssis en aluminium. Ce matériau est de plus en plus utilisé dans l'architecture contemporaine.
	L'aluminium est recyclable à 100%
	Les menuiseries en Aluminium très résistantes à la pluie et aux aléas climatiques puisqu'elles ne rouillent pas.
	Ce matériau est rigide et résistant, il peut donc être utilisé dans les baies vitrées. On peut réaliser des profilés minces ce qui permet d'augmenter le passage de lumière.
	L'aluminium étant un matériau conduisant très bien la chaleur, il est indispensable que ces menuiseries soient équipées d'un rupteur de pont thermique.
	Coût plus élevé que celui du PVC (cf : €)
	A moins d'utiliser de l'aluminium recyclé, la production de ce matériau est très gourmande en énergie.
€	Pour la pose d'un châssis ouvrant à la française en aluminium à 2 vantaux de 1 m sur 1,15m, il faut compter 215€ environ.
	Au niveau sanitaire, l'aluminium est un matériau sain : en effet, il n'émet ni COV, ni particules, ni fibres. De plus, il ne favorise pas le développement de micro-organismes et de champignon. Cependant, il peut influencer l'environnement électromagnétique de l'habitation.
	Durée de vie de l'aluminium éloxé estimé à 50 ans
	$\lambda=200$ à 236
	$U_f \approx 2$
	L'aluminium est totalement imperméable à l'eau et la vapeur d'eau. Coefficient « mu » de résistance à la diffusion de vapeur d'eau = ∞ .
	Les menuiseries en aluminium sont classées MO (incombustibles).
	
Marques commerciales	Lapeyre Site Lapeyre rubrique fenêtres Tryba Site Tryba-rubrique fenêtres

Menuiseries mixtes (bois et aluminium)

	Les fenêtres mixtes sont composées de bois à l'intérieur et d'aluminium à l'extérieur.
	Ces menuiseries sont difficilement recyclables
	Ce type de fenêtre supprime les problèmes d'entretien tout en permettant de garder le cachet du bois à l'intérieur.
	Ce matériau est rigide et résistante, il peut donc être utilisé dans les baies vitrées. On peut réaliser des profilés minces ce qui permet d'augmenter le passage de lumière.
	Type de menuiserie le plus cher (cf : €)
	L'aluminium étant un matériau conduisant très bien la chaleur, il est indispensable que ces menuiseries soient équipées d'un rupteur de pont thermique.
	A moins d'utiliser de l'aluminium recyclé, la production de ce matériau est très gourmande en énergie.
€	Pour une menuiserie croisée oscillo-battant 2 vantaux de 1m sur 1m15, comportant un vitrage 4-16-4 à faible émissivité, il faut compter 550€ environ.
	<ul style="list-style-type: none"> - Au niveau sanitaire, l'aluminium est un matériau sain : en effet, il n'émet ni COV, ni particules, ni fibres. De plus, il ne favorise pas le développement de micro-organismes et de champignon. Cependant, il peut influencer l'environnement électromagnétique de l'habitation. - Le bois émet des COV et contamine donc l'air intérieur ; - Les produits utilisés pour les traitements fongicides ou insecticides peuvent également émettre des COV.
	Durée de vie typique estimée à 50 ans.
	
	L'aluminium est totalement imperméable à l'eau et la vapeur d'eau. Coefficient « mu » de résistance à la diffusion de vapeur d'eau =∞. Quant au bois il reste un très bon régulateur hygrométrique avec un coefficient « mu » d'hygroscopicité =40



Face au feu, les deux composantes se comportent différemment face au feu : en effet, le bois est moyennement à facilement inflammable, quant à l'aluminium, il est incombustible.



Marques
commerciales

Lapeyre [Site Lapeyre rubrique fenêtres](#)

Les vitrages

En plus des menuiseries, il est important de prendre en compte le type de vitrage posé lors de la construction ou réhabilitation d'un logement. En effet, il faut savoir que les vitrages peuvent être responsables jusqu'à 30% des déperditions thermiques d'une habitation.

Le simple-vitrage

Le simple vitrage n'est maintenant plus d'actualité du fait de sa faible capacité isolante que ce soit au niveau thermique qu'au niveau phonique. En effet, il n'est composé que d'une lame de verre de quelques millimètres d'épaisseur.

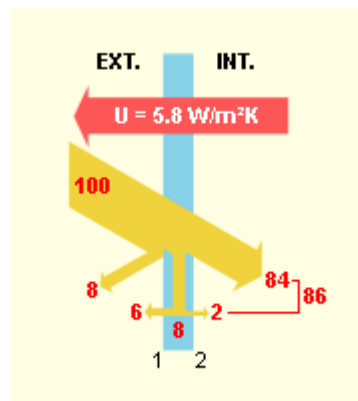


Figure 2 : Performances du simple-vitrage
Source : www.energie.wallonie.be

Le double-vitrage

Le double-vitrage voit son isolation thermique augmenter de plus de 50% par rapport à celle du simple-vitrage. Ceci est dû à sa structure emprisonnant une lame d'air de 6 à 20 mm d'épaisseur entre deux lames de verre. De plus, le double-vitrage renforce l'isolation acoustique en jouant le rôle de « masse-ressort-masse » ; la présence d'air ralentit les ondes acoustiques. L'isolation acoustique peut-être améliorée en composant le vitrage de deux plaques de verre d'épaisseur différentes ; en effet, elles ont donc une fréquence de résonance différente et couvre les faiblesses de l'autre lors de l'atteinte de la fréquence critique.

Les caractéristiques du double-vitrage sont notées comme ceci :

$$\begin{array}{c}
 \text{Épaisseur de la} \\
 \text{première lame de verre} \left\{ \begin{array}{c} 4 - \underbrace{16} - 4 \end{array} \right\} \text{Épaisseur de la seconde} \\
 \text{Épaisseur de la lame} \\
 \text{D'air centrale}
 \end{array}$$

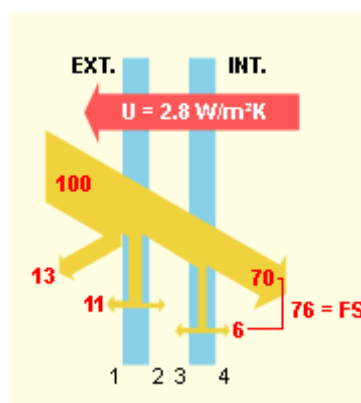


Figure 3 : Performances du double-vitrage
Source : www.energie.wallonie.be

Les double-vitrages à faible émissivité

Certains vitrages « à faible émissivité » comportent une microcouche d'oxydes métalliques comme l'or ou l'argent (quelques micromètres seulement). Cette couche permet de stopper la fuite de rayons infrarouges allant de l'intérieur vers l'extérieur de l'habitation. Il existe deux procédés pour apposer cette couche d'oxydes : la pulvérisation cathodique pour obtenir une couche d'oxydes tendre et la pyrolyse pour obtenir une couche dure. Les couches tendres sont plus isolantes que les « dures » mais laissent moins entrer les rayons du soleil (facteur solaire) à l'intérieur de l'habitation.

On peut également disposer la couche peu émissive de deux manières différentes afin d'obtenir le facteur solaire désiré.

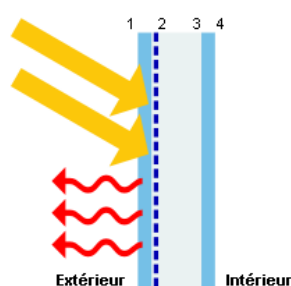


Figure 4 : Cas d'une couche d'oxyde peu émissive apposée sur la plaque de verre extérieure

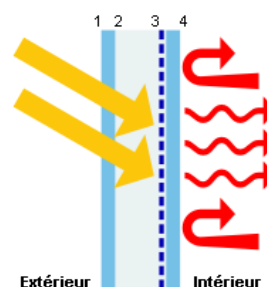


Figure 5 : Cas d'une couche d'oxyde peu émissive apposée sur la plaque de verre intérieure

Source : www.energie.wallonie.be

Avec la couche d'oxydes située sur la plaque de verre intérieure, la chaleur absorbée par la vitre sera réémise à l'intérieur (facteur solaire élevée). Au contraire, si l'on désire obtenir un facteur solaire faible il sera plus judicieux de placer cette couche d'oxyde sur la plaque de verre extérieure ; celle-ci réémettra la chaleur vers l'extérieur.

Le remplacement des vitrages simples par des doubles-vitrages anti-émissifs permet d'éviter 60 à 70% des déperditions thermiques.

Les vitrages à isolation renforcée (VIR)

En plus de disposer une couche d'oxydes métalliques, il est également possible de remplacer l'air contenu entre les deux vitres par un gaz qui conduit moins la chaleur comme l'argon, le krypton et le xénon. Le SF6 (hexafluorure de soufre) est également utilisé car il est performant au niveau de l'isolation acoustique.

Selon la nature du gaz, l'épaisseur va agir différemment sur le coefficient de transmission thermique (U). Par exemple, le coefficient U de l'air a tendance à diminuer pour une épaisseur supérieure à 18 mm car les molécules sont plus mobiles et conduisent donc mieux la chaleur. Pour les gaz tels l'argon ou le krypton, le coefficient U reste constant après 16 mm d'épaisseur.

Les VIR constituaient 46% du marché français du vitrage en 2004 et cette part est en progression.

Le triple-vitrage



Figure 6 : Coupe dans un châssis Finstral
Source : www.lamaisonpassive.be

Le triple-vitrage, quant à lui en plein développement, est constitué de deux lames d'air ou de gaz contenues entre trois plaques de verre. Les plaques de verre peuvent également contenir une couche d'oxyde peu émissive. Au niveau du coefficient de transmission thermique, le triple-vitrage a une efficacité 80 % plus élevée que le double-vitrage ordinaire, et 50% plus élevée qu'un vitrage à isolation renforcée.

Les triple-vitrages ont également plusieurs inconvénients : d'abord, il faut prendre en compte le fait que la transmission des rayons du soleil (facteur solaire) sera moins bonne à travers le vitrage du fait de la superposition d'une troisième plaque de verre. De plus, ces vitrages étant plus épais que les double-vitrages, ils nécessitent la pose d'une menuiserie avec un cadre plus épais.

Comment reconnaître le type de vitrage ?

Il existe un moyen simple de savoir à quel type de vitrage nous avons affaire : en effet, il suffit de disposer une flamme devant la vitre.

Tout d'abord, on peut déterminer le nombre de plaques de verres présentes en comptant le nombre de reflets (il y a deux reflets par plaque) ; ensuite, il est facile de détecter la présence ou non d'une couche d'oxyde métallique par le changement de couleur d'un reflet de la flamme.

Exemple :



Deux « couples »
de reflets :
Présence d'un
double vitrage

Troisième reflet
rougeâtre :
présence d'une
couche d'oxyde
métallique sur la
plaque verre
extérieure

Figure 7 : Détermination du type de vitrage

Source : CD2E

Tableau récapitulatif

Tableau comparatif de différents vitrages thermiquement isolants

Les chiffres donnés correspondent à des vitrages existant réellement sur le marché, il en existe beaucoup d'autres.

Type de vitrage	Simple	Double vitrage basique	Double vitrage peu émissif	Double vitrage peu émissif avec gaz rare	Double vitrage peu émissif avec gaz rare et protection solaire	Triple vitrage peu émissif avec gaz rare
Épaisseur en mm du vitrage verre/lame (air ou gaz)/verre	6	4/10/4 (air)	4/12/4 (air)	4/16/4 (argon)	4/16/4 (argon)	4/12/4/12/4 (krypton)
U en W/m ² .°C	5,7	3	1,9	1,2	1,1	0,5
Facteur solaire	82 %	75 %	69 %	78 %	43 %	52 %
Taux de transmission lumineuse	89 %	81 %	69 %	65 %	71 %	72 %
Économie d'énergie par rapport à un simple vitrage en kWh/m ² /an de vitrage	-	298 kWh/m ² soit 29,8 €/m ² *	419 kWh/m ² soit 41,9 €/m ² *	497 kWh/m ² soit 49,7 €/m ² *	508 kWh/m ² soit 50,8 €/m ² *	574 kWh/m ² soit 57,4 €/m ² *
Économie d'énergie par rapport à un double vitrage basique en kWh/m ² /an de vitrage	-	-	121 kWh/m ² soit 12,1 €/m ² *	199 kWh/m ² soit 19,9 €/m ² *	210 kWh/m ² soit 21 €/m ² *	276 kWh/m ² soit 27,6 €/m ² *
Économie d'énergie par rapport à un double vitrage peu émissif avec gaz rare en kWh/m ² /an de vitrage	-	-	-	-	-	77 kWh/m ² soit 7,7 €/m ² *

* Prix calculé selon un tarif du kWh de 0,1 euro

Tableau 1: Tableau comparatif de différents vitrages thermiquement isolants

Source : La maison écologique n°32, page 17

Sites internet des principaux fabricants de verre

Glaverbel : www.glaverbel.com

Guardian Luxboard : www.guardian.com/fr

Pilkington : www.pilkington.com

Saint-Gobain Glass : www.saint-gobain-glass.com

Alternatives "écologiques"

Les menuiseries labellisées

Dans le cadre d'une première démarche pour la pose de fenêtre, nous pouvons nous orienter vers des fenêtres à haute performance énergétique à triple-vitrage ou ITR (Isolant thermique par Réflexion) labellisées par des organismes de certification de performances énergétiques tels que Passivhaus, Minergie ou Effinergie.

Tout d'abord, il existe un réseau de fabricants de matériaux membres de Minergie disponibles à cette adresse : <http://www.minergie.ch/fr/index.php?markt-3>. Concernant les fenêtres, nous pouvons trouver également une liste de fabricants inscrits sur le module « fenêtre », leur fenêtre doit posséder un U_w inférieur à $1\text{W/m}^2\cdot\text{K}$: <http://www.minergie.ch/fr/download/ModuleFenster03.xls>.



Figure 8 : logo pouvant être apposé sur les supports de communication des fabricants de matériaux labellisés par Minergie et membres de l'association

Source : Minergie

Nous pouvons également trouver la liste des fabricants de fenêtres labellisés par le label Passivhaus à cette adresse <http://www.passivhaus.org.uk/index.jsp?id=737>.

Le référentiel de menuiseries d'Effinergie n'est pas encore mis en place.

Les menuiseries éco-conçues

Certaines entreprises de menuiseries en bois ont créé une charte de qualité concernant leurs produits appelée « Menuiseries 21 ».



Figure 9 : Logo de la charte qualité "Menuiseries 21"

Source : www.menuiseries21.com

Avec la création de la charte menuiseries 21, les entreprises s'engagent sur leurs produits au niveau technique mais aussi environnemental.

La charte : <http://www.menuiseries21.com/REGLEMENT-MEN21.pdf>

Pour le côté technique, les produits sont expertisés par le Centre technique du Bois et de l'Ameublement (CTBA).

Les fabricants s'engagent donc à :

- disposer d'un avis technique du CTBA à renouveler tous les 4 ans;
- Afficher sur le produit, les caractéristiques techniques suivantes : perméabilité à l'air (A), étanchéité à l'eau (E), résistance au vent (V), résistance mécanique des vantaux (M), coefficient de transmission thermique (U_w) et l'indice d'affaiblissement acoustique (R_{atr}).

Les produits inscrits à la charte de qualité Menuiseries 21 devront également répondre à plusieurs critères environnementaux définis par l'ADEME :

- Le choix d'essences issues de forêts gérées de façon durable ;
- La réduction du taux moyen de C.O.V par fenêtre fabriquée ;
- La réduction, le tri et la valorisation des déchets d'atelier.

Enfin, les fabricants doivent également attacher une considération à la qualité de leur service en aidant leurs clients à concevoir les menuiseries en fonction de l'architecture de leur maison et donner une notice d'utilisation et d'entretien du produit.

La charte de qualité « Menuiseries 21 » compte actuellement 20 signataires dont deux dans la région Nord-Pas-de-Calais :

- Bouillon SA basé à Montigny-en-Gohelle ;
- Menuiseries du Haut-Pays basé à Preures (62).

La liste des signataires : <http://www.menuiseries21.com/index21.htm>

Pose des vitrages en fonction de l'orientation

Il faut tout d'abord considérer l'usage qui sera fait de la pièce voyant la pose d'une fenêtre ; ainsi dans le cadre d'une chambre à coucher une fenêtre à haut facteur solaire n'est pas à privilégier contrairement à une salle de séjour ou un bureau.

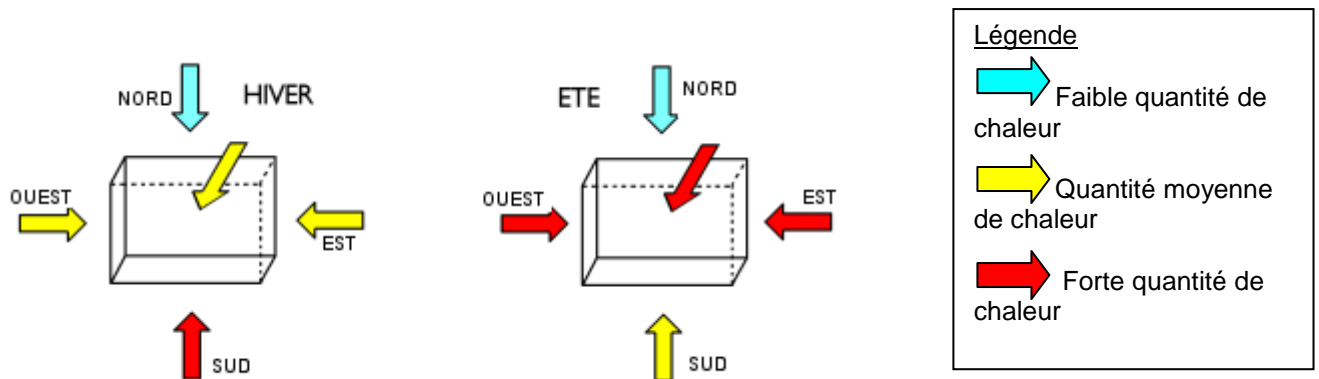


Figure 10 : Quantités d'énergie reçues par chaque façade de l'habitation en hiver et en été

Source : Fiabibat

Nord : Les surfaces vitrées sont à éviter sur cette façade, en effet les apports lumineux sont limités et leur bilan thermique est déficitaire en hiver comme en été. Les vitrages à utiliser sur cette façade sont des vitrages à haute performance thermique

Sud : cette façade bénéficie d'un grand apport solaire du fait de la situation du soleil, aussi il est intéressant de poser le maximum de surface vitrée possible pour bénéficier au mieux des apports solaires passif en été et hiver. Les surchauffes d'été ne sont pas à craindre car le soleil étant haut dans le ciel, les rayons n'ont que peu d'incidence sur les vitres. Il est préférable d'utiliser un vitrage avec un haut facteur solaire pour obtenir la meilleure lumière possible.

Est et Ouest : Ces façades, notamment la façade ouest, conduisent à un inconfort en été (surchauffe) et à un bilan thermique déficitaire en hiver. En effet, c'est dans cette direction que les rayons du soleil couchant frappent au maximum les vitrages après les journées chaudes. De plus, en France, les vents dominants soufflent d'Ouest en Est. Il est donc préférable de modérer la pose de surface vitrée avec la pose de vitrages assez performants thermiquement (peu émissifs avec lame d'argon).

D'après Olivier SIDLER, le triple-vitrage est obligatoire sur toutes les façades mise à part celle orientée vers le sud en rénovation.

Sources

Reuves

BARBEILLON J. (2006). Les vitrages au grand jour, la maison écologique n°32, p 15-25

Ouvrages

COUASNET Y. (2005). *Mémento, propriétés et caractéristiques des matériaux de construction*, 245p.

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

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

Sites internet

COMPRENDRECHOISIR, Comparatif matériaux fenêtre : bois, PVC ou alu ? (juillet 2008)

http://fenetre.comprendrechoisir.com/comprendre/comparatif_materiau_fenetre

IRABOIS, Site de la charte de qualité « Menuiseries 21 »

www.menuiseries21.com (juillet 2008)

LUDER BOIS, comparatif fenêtres

<http://www.luder-bois.ch/Comparatif%20fenêtres.pdf> (juillet 2008)

SNEP (2005), FDES fenêtres et porte-fenêtres en PVC à double vitrage

http://www.inies.fr/documents/produits/Prod89_doc1.pdf (juillet 2008)

BATIPRIX (2007)-*Base de données de prix de la construction*,

www.batiprix.com (juillet 2008)