

Comparaison internationale  
Bâtiment et énergie

**C3 - PAROIS TRANSPARENTES  
A HAUTE PERFORMANCE THERMIQUE  
EN EUROPE DU NORD**

(fenêtres et baies vitrées :  $U < 1 \text{ W/m}^2\text{.K}$ )

**Auteurs : François Olive (francois.olive@cstb.fr)  
avec la participation de Jean-François Arènes**

**Expert : Svend Svendsen (Université Technologique du  
Danemark), Fritz Oetli ( Architecte – POS Architekten –  
Autriche )**

**ADEME**



**PUCA**

plan  
urbanisme  
construction  
architecture

1	ETAPE 1 : CONTEXTE, ANTERIORITES, DYNAMIQUES D'ACTEURS .....	54
1.1	Contexte National et Local :.....	54
1.2	Antériorités et Origines de procédés de haute performance d'isolation thermique appliqués aux fenêtres et baies vitrées :.....	55
1.3	Dynamique des Acteurs.....	57
1.3.1	Acteurs Moteurs et décideurs clés.....	57
1.3.2	Acteurs Résistants à l'Innovation.....	57
2	ETAPE 2 : CONTENU de l'innovation.....	58
2.1	Description de la technologie :.....	58
2.2	Description des produits et modalités d'intégration architecturale.....	58
2.3	Horizon temporel :.....	59
2.3.1	Innovation « mature ».....	59
2.3.2	Innovation « émergente » (expérimentation).....	59
2.3.3	Innovation « à l'horizon » (recherche).....	60
2.4	Champ d'application : .....	60
2.5	Impacts : .....	60
3	ETAPE 3 : MISE EN ŒUVRE .....	61
3.1	Fiabilité de la mise en œuvre sur chantier.....	61
3.2	Spécificité de mise en œuvre.....	61
3.3	Modalités de gestion, d'exploitation et de maintenance des fenêtres à haute performance thermique.....	61
3.4	Incitations réglementaires, fiscales..., modalités de financement.....	61
4	ETAPE 4 : EVALUATION DES RESULTATS FAITE DANS LES PAYS CONCERNES.....	62
4.1	Les performances.....	62
4.1.1	Energie.....	62
4.1.2	Stabilité, Sismique, Feu.....	62
4.1.3	Confort Hygrothermique, Acoustique, Eclairage.....	62
4.1.4	Risques de dégradation des performances après mise en œuvre.....	62
4.1.5	Compatibilité entre performances .....	63
4.2	Les coûts réels .....	64
4.2.1	Coût Initial – Investissement.....	64
4.2.2	Coût Opérationnel - Exploitation – Maintenance.....	65
4.3	Le vécu des utilisateurs – Avis des Acteurs et du Public .....	65
4.3.1	Les propriétaires et gestionnaires .....	65
4.3.2	Les résidents et usagers .....	65
4.4	Vitesse de diffusion dans le pays.....	65
4.4.1	Le Marché – Commercialisation .....	65
4.4.2	Nature et efficacité des incitations.....	65
4.4.3	Actions de diffusion et de sensibilisation.....	65
4.4.4	Volonté d'exportation.....	65
5	ETAPE 5 : REFLEXION CRITIQUE DU CSTB ET DE SES PARTENAIRES SUR LES QUATRES DIMENSIONS ETUDIEES : CONTEXTE, CONTENU, MISE EN ŒUVRE, EVALUATION .....	66
5.1	Points forts, points faibles de l'innovation (méthode SWOT ) .....	66
5.1.1	S : Strength - Forces .....	66
5.1.2	W : Weakness : Faiblesses .....	66
5.1.3	O : Opportunities – Opportunités .....	66
5.1.4	T : Threats – Menaces .....	66
5.2	Points singuliers au contexte du pays.....	67

6	ETAPE 6 : CONDITIONS DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE .....	67
6.1	Les chances de la transposition en France.....	67
6.2	Compatibilité avec le cadre réglementaire et normatif français.....	67
6.3	Quelle dynamique d'acteurs nécessaire.....	67
6.4	Disponibilité en France des techniques concernées et des compétences de pose. ....	67
6.5	Quels types d'incitations envisager .....	67
6.5.1	Réglementation Technique.....	67
6.5.2	Soutien des Collectivités locales .....	68
6.5.3	Fiscalité, Financement.....	68
7	ANNEXE : SOURCES D'INFORMATION.....	69
7.1	Références .....	69
7.2	Experts Consultés :.....	69
7.3	Industriels .....	70
7.4	Données Techniques.....	72

## 1 ETAPE 1 : CONTEXTE, ANTERIORITES, DYNAMIQUES D'ACTEURS

### 1.1 Contexte National et Local :

C'est en Europe du Nord (Pays Scandinaves) et Centrale (Allemagne, Autriche, Suisse ) que le développement des parois transparentes (fenêtres et baies vitrées - vitrages + cadres) avec une isolation thermique haute performance ( $U < 1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ) est le plus significatif.

Ce rapport s'intéresse principalement à l'isolation thermique et par conséquent au coefficient U. En effet, la réduction des pertes constitue un axe majeur pour faire des économies d'énergie. Néanmoins, dans le cadre d'une approche globale du bâtiment, la fenêtre ne devra pas être vue uniquement du point de vue "perte" mais aussi du point de vue "gain", en particulier par la prise en compte des apports solaires et lumineux, sans oublier les performances acoustiques.

Les conditions communes rencontrées, qui ont favorisé leur développement sont les suivantes :

- un climat rigoureux et une saison froide longue ;
- une forte dépendance énergétique vis-à-vis de pays étrangers (à l'exception peut-être de la Norvège qui malgré tout a développé un programme de bâtiments à basse consommation énergétique : le projet *Smart Energy Efficient Building – SmartBygg*) ;
- un coût élevé de mise à disposition de l'énergie (transport, réseaux de distribution) ;
- une forte sensibilisation de la population aux questions environnementales ;
- des codes du bâtiment peu descriptifs, souvent ouverts à l'innovation ;
- un engagement des pouvoirs publics au niveau national ou local (programme nationaux de RD spécifiques avec des budgets conséquents, initiatives locales de promotion de solution écologique et avec une bonne efficacité énergétique). Au niveau local, certaines actions sont menées pour combiner l'efficacité énergétique et les aspects écologiques. Les budgets dédiés à ces activités peuvent être très significatifs à l'échelle de certains pays (Autriche par exemple) ;
- la présence de labels ou de dispositif de certification (Passivhaus, Minergie) pour signaler la performance énergétique des bâtiments et des ouvrages. Ces dispositifs fédèrent des groupes de lobbying et de promotion de l'efficacité énergétique et favorisent la réalisation d'opérations de démonstrations.

Par ailleurs, dans la plupart de ces pays la gestion des ressources et les contraintes environnementales apparaissent comme les principaux moteurs du développement des technologies qui permettent de réduire les besoins en énergie des bâtiments. De plus, tous ces pays se sont engagés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre (accord de Kyoto).

Localement, comme en Autriche où le tourisme est une ressource importante, la préservation des sites naturels conduit à une prise de conscience collective sur la nécessité de préserver l'énergie qui reste le premier producteur de gaz à effet de serre (GES), que ce soit lors de la production, du transport et de sa consommation.

Dans la majorité des pays, le développement des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique reste limité. Le choix d'installer des menuiseries à haute performance reste du domaine volontaire : les réglementations nationales ou locales ne sont pas contraignantes et n'imposent pas des niveaux de performance impliquant des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique ( $U < 1 \text{ W/m}^2 \text{ C}$ ), même si les codes de calcul des performances évoluent sur ce point. Les pionniers dans ce domaine sont l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse. Il faut noter que les codes de calcul et les réglementations sont en évolution régulière dans la plupart des pays et que les produits qui émergent aujourd'hui deviendront la règle demain.

Des certifications ou des labels (volontaires) incitent au développement de baies vitrées à haute performance thermique :

- Passiv haus (Allemagne Autriche),
- Minergie (suisse France).

Ces labels imposent aujourd'hui des niveaux de performance élevés ( $0,8 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$ ) et incitent, les industriels de la fenêtre à proposer des produits adaptés.

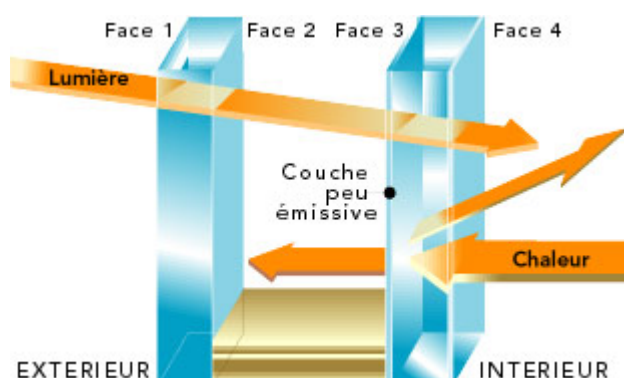
En outre, des associations professionnelles ou écologistes font la promotion des économies d'énergie et de la haute performance énergétique auprès des décideurs publics.

Dans la plupart des pays, des mécanismes d'incitations à économiser l'énergie ont été mis en place. L'incitation prend la forme de primes ou de crédits d'impôt.

Ainsi aux Etats-Unis, l'installation de fenêtres haute performance marquées Energy Star permet de bénéficier d'un crédit d'impôts de 10% du prix d'achat, avec un maximum de 200 \$.

## **1.2 Antériorités et Origines de procédés de haute performance d'isolation thermique appliqués aux fenêtres et baies vitrées :**

Les fenêtres haute-performance sont l'évolution directe des produits existants. Après l'apparition dans les années 1970 du double vitrage pour remplacer le simple vitrage, l'introduction des verres à couche peu émissive (Vitrage à Isolation Renforcée - VIR) de plus en plus performants a marqué une étape importante. Les limites physiques de l'émissivité étant atteintes, pour améliorer encore les performances thermiques, le triple vitrage s'impose.



**Figure 1 : Double Vitrage avec Couche Basse Emissivité : [www.cekal.com](http://www.cekal.com)**

Ces innovations sur le vitrage ont permis de diviser par 6 le coefficient U du vitrage : il est passé de 5,6 (simple vitrage) à  $0,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , voire proche de 0,2 pour les vitrages les plus performants sur le marché. D'autres solutions technologiques sont également en cours d'études, en intégrant des vitrages "sous vide". Ces technologies sont disponibles commercialement mais restent encore confidentielles.

La pénétration des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique est très différente en fonction des pays.

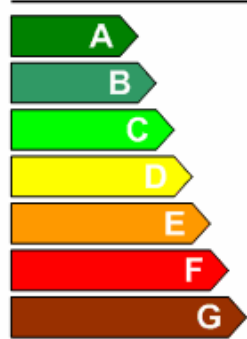


En Finlande depuis les années 1990, les fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique sont devenues peu à peu un standard (tableau 1). On constate le développement en parallèle du double et du triple vitrage mais sans couche basse-émissivité.

Evolution des fenêtres en Finlande		
Période	U fenêtres	Fenêtre typique
< 1970	2,5	double vitrage cadre bois
1970-1980	2,1	double et triple vitrage cadre bois
1980-1990	1,8	double et triple vitrage cadre mixte bois aluminium
1990-2000	1,8	triple vitrage cadre mixte bois aluminium

**Tableau 1: Evolution des fenêtres en Finlande**  
(source VTT Building Technology – projet Sureuro)

Pour compléter le tableau I, il est important d'ajouter que la réduction du coefficient U s'accompagne toujours d'une diminution du Facteur Solaire qui passe de 0,90 pour un simple vitrage à environ 0,5 pour un triple vitrage. La transmission lumineuse est aussi modifiée. C'est pourquoi, au Etats-Unis et au Royaume Uni, le marquage des fenêtres fournit non seulement le coefficient U mais aussi le coefficient g et la transmission lumineuse. En effet, suivant les zones climatiques considérées, le bilan énergétique (pertes/gains) d'une fenêtre sur une période de chauffe est variable, dans certains cas, il peut être positif.<sup>1</sup>

 <b>World's Best Window Co.</b> Millennium 2000+ Vinyl-Clad Wood Frame Double Glazing • Argon Fill • Low E Product Type: Vertical Slider	
ENERGY PERFORMANCE RATINGS	
U-Factor (U.S./I-P)	Solar Heat Gain Coefficient
<b>0.35</b>	<b>0.32</b>
ADDITIONAL PERFORMANCE RATINGS	
Visible Transmittance	Air Leakage (U.S./I-P)
<b>0.51</b>	<b>0.2</b>
Condensation Resistance	
<b>51</b>	<b>—</b>
<small>Manufacturer stipulates that these ratings conform to applicable NFRC procedures for determining whole product performance. NFRC ratings are determined for a fixed set of environmental conditions and a specific product size. NFRC does not recommend any product and does not warrant the suitability of any product for any specific use. Consult manufacturer's literature for other product performance information. www.nfrc.org</small>	

Energy Window	
	<b>E</b>
Energy Index (kWh/m <sup>2</sup> /year) <small>(Energy Index certified by BFRC and based on UK standard window. The actual energy consumption for a specific application will depend on the building, the local climate and the indoor temperature)</small>	<b>-39</b>
The climate zone is:	<b>UK</b>
Thermal Transmittance (U <sub>window</sub> ) Solar Factor (g <sub>window</sub> ) Effective Air Leakage (L <sub>acc20</sub> )	1.8 W/m <sup>2</sup> .K 0.38 W/m <sup>2</sup> .K 0.02 W/m <sup>2</sup> .K
 Reg. No.: <a href="http://www.bfrc.org">www.bfrc.org</a>	
<small>This label is not a statutory requirement. It is a voluntary label provided as a customer service to allow consumers to make informed decisions on the energy performance of competing products.</small>	

<sup>1</sup> : Logements à Faibles Besoins en Energie - Guide de recommandations et d'aide à la conception - Région Rhône-Alpes ADEME - ODH 26 Conseil Général de Savoie - Cabinet Olivier Sidler – Enertech - <http://sidler.club.fr>

**Figure 2 : Les données affichées pour les fenêtres aux Etats-Unis et au Royaume-Unis.**

Au Danemark, en Autriche et en Suisse, la diffusion des produits à forte isolation (fenêtres, baies vitrées) reste fortement dépendante des programmes de certification volontaire et de promotion des bâtiments à faible consommation énergétique.

En Autriche, entre 1998 et 2001, 84 maisons individuelles et appartements ont été construits, évalués et documentés. Ces projets de démonstration ont contribué à l'information et à la promotion de l'efficacité énergétique dans les logements.

Une action importante a été menée par la suite avec un programme fédéral "Bâtiment Durable du Futur", lancé par le ministère pour l'innovation et de la technologie. Actuellement, 151 projets de construction ont été réalisés dans le cadre de la R&D faisant ressortir les aspects économie d'énergie et écologie. Parmi eux, 35 bâtiments de démonstration ont été construits pour favoriser une prise de conscience collective dans ces domaines.

### **1.3 Dynamique des Acteurs**

Les acteurs principaux pour le développement des fenêtres à haute performance thermique sont les suivants :

- les fabricants de verre et les industriels des vitrages,
- les bureaux d'architectes et les bureaux d'études spécialisés,
- les fabricants de matériel spécifique ou destiné aux maisons basse consommation énergétiques ou passives.

Ces acteurs sont soutenus au niveau local par des associations ou des instituts qui ont pour but de contribuer à l'efficacité énergétique et de promouvoir les économies d'énergie. Ainsi, le Passivhaus Institut fournit référentiels techniques, outils logiciels de conception (pour les bureaux d'études), guides de mise en œuvre (isolation, fenêtres, ventilation, ...). En outre, il a mis en place une certification volontaire des bâtiments passifs et des composants, appareils ou systèmes qui leur sont destinés. Par ailleurs, il diffuse l'information au travers de plusieurs sites Internet, des brochures, des guides techniques, des outils logiciels et organise des conférences. En Suisse, l'association Minergie fait aussi un important effort de marketing pour promouvoir sa marque.

#### **1.3.1 Acteurs Moteurs et décideurs clés**

Les acteurs qui accompagnent ce développement sont :

- les gouvernements avec les programmes d'aide à la construction des bâtiments à faible consommation énergétique, en collaboration avec tous les acteurs du bâtiment : banques, architectes, BE, constructeur, promoteurs, etc. ;
- des instituts spécialisés comme l'OIB (Autriche), le Fraunhofer Institut für Solare Energie ou l'Institut für Building Physics (Allemagne) et d'autres organismes (Association, ONG ...) qui développent des projets pilotes pour étendre le standard PassivHaus à travers l'Europe (Benelux, Italie, Irlande ...).
- l'Europe qui a soutenu (6<sup>ième</sup> PCRD - projet CEPHEUS) et soutient encore à travers le programme Intelligent Energy Europe, des projets pour étendre le standard PassiveHaus en Europe (projet PEP) du Nord et du Sud ( projet Passive On )
- les particuliers "pionniers" ou précurseurs, propriétaires de maisons individuelles qui ont toujours un rôle prépondérant pour une prise de conscience collective sur les problèmes environnementaux.

#### **1.3.2 Acteurs Résistants à l'Innovation**

Il n'existe pas d'acteurs résistants au développement des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique. Mais les fabricants de cadres (menuisiers, "gammistes" ...) ne font pas d'effort important de développement particulier de nouveaux produits vraiment adaptés aux vitrages épais et plus faciles à mettre en œuvre. Ils privilégient l'adaptation des cadres existants (augmentation du nombre d'alvéoles pour les cadres PVC ), ce qui peut limiter le gain de performance thermique.

Le frein principal à la diffusion des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique reste la faiblesse des exigences réglementaires en termes de performance énergétique et la forte diffusion du double vitrage à isolation renforcé (VIR) dont les verriers font une très forte promotion et qui répond aux exigences réglementaires vis-à-vis des performances thermiques, dans la majeure partie des pays.

## 2 ETAPE 2 : CONTENU DE L'INNOVATION

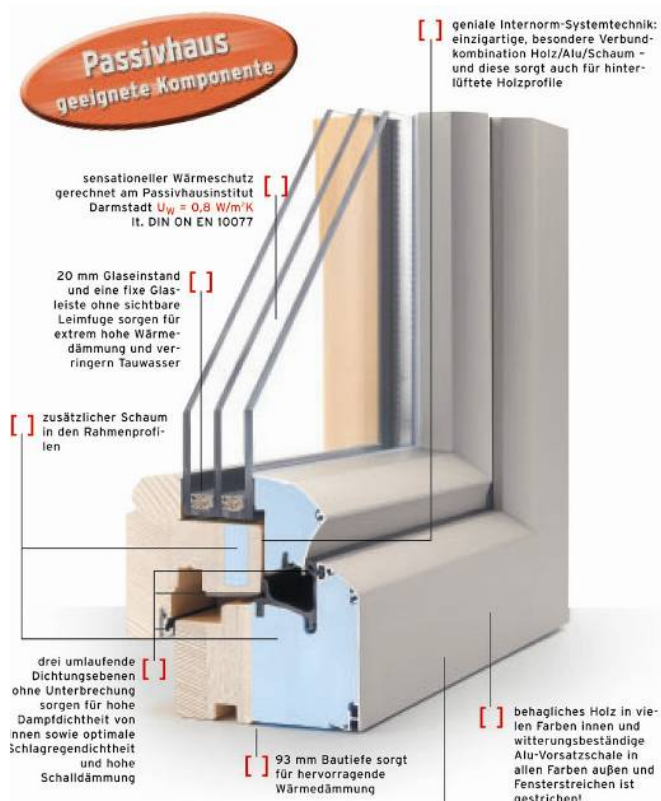
### 2.1 Description de la technologie :

La technologie la plus représentative de la fenêtre haute performance est le triple vitrage (parfois avec gaz rare et couches basse émissivité) avec un cadre mixte (bois-alu) à rupture de pont thermique. A l'heure actuelle à l'exception de la Finlande et des constructions labellisées «PassivHaus» ou «Minergie P», ce type de baies est très rare dans la construction alors que le double vitrage à isolation renforcée constitue un standard dans beaucoup de pays.

Une fenêtre à haute performance thermique est une innovation qui peut-être réalisée avec les technologies disponibles actuellement mais son optimisation est certainement nécessaire : problème de poids, d'intégration et d'encombrement.

### 2.2 Description des produits et modalités d'intégration architecturale

La figure 3 illustre une fenêtre avec triple vitrage, utilisée dans le cadre du programme PassivHaus.





### **Figure 3 : Un exemple de fenêtre haute performance Triple vitrage + Cadre haute performance**

L'intégration d'une telle fenêtre dans une construction neuve ne pose pas de problème particulier. En ce qui concerne la réhabilitation, il est nécessaire de tenir compte, pour intégrer la fenêtre à haute performance thermique, de son épaisseur (en termes de vitrage et de menuiserie) particulièrement importante. Une réhabilitation par changement simple de l'ouvrant n'est pas possible, seule une rénovation lourde (avec changement du cadre, renforcement de l'isolation des parois opaques et installation d'une ventilation) permettra d'atteindre les objectifs.

#### **2.3 Horizon temporel :**

##### **2.3.1 Innovation « mature »**

Les fenêtres à haute performance thermique (triple vitrage) sont des produits actuellement diffusés en Allemagne, Suisse, Autriche et toute l'Europe du nord. Leur développement commercial est lié au développement des maisons passives et des programmes publics similaires. La diffusion d'un tel produit en France ne présente pas de problèmes techniques. Toutefois, ce produit est intimement associé aux immeubles passifs. Son développement serait donc concomitant avec le développement des constructions passives en France.

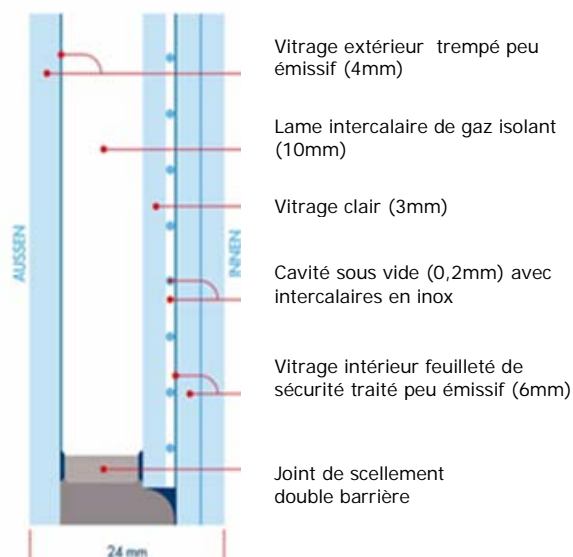
Les industriels qui développent ces solutions, en Suisse et en Allemagne, adhèrent généralement aux labels Minergie et PassivHaus et proposent des produits adaptés à ces labels, par exemple :

- Minergie : 119 industriels participants ou membres dont 18 exclusivement pour le domaine de la fenêtre avec 33 modules "fenêtre" labélisés Minergie,
- PassivHaus : 67 industriels "labélisés" dont 65% concernant les fenêtres.

Pour traiter les problèmes de surchauffe en été, en particulier pour le développement des maisons passives dans l'Europe du Sud, les fenêtres haute-performance sont souvent associés à des protections solaires. Différentes technologies sont disponibles : les stores bannes, les stores intérieurs/extérieurs, voire intégrés dans le double ou triple vitrage.

##### **2.3.2 Innovation « émergente » (expérimentation)**

D'autres solutions pour développer les fenêtres à haute performance thermique sont aujourd'hui à l'étude. Pour réduire l'épaisseur, le triple vitrage avec un vitrage sous vide est en développement chez certains industriels. La figure 4 montre le schéma d'un tel vitrage. Ce vitrage présente l'avantage de rester dans des épaisseurs compatibles avec les cadres utilisés pour les doubles vitrages.



**Figure 4 : Schéma d'un double vitrage intégrant un vitrage sous vide (source VELUX).**

La double fenêtre est une solution qui fait également l'objet d'un regain d'intérêt avec le développement des murs épais (20-30 voire 40 cm d'isolant pour les maisons passive). Sa praticité demeure toutefois un obstacle à son développement. Le développement des murs épais fait que de nouveaux types de cadre (plus minces) sont proposés sur le marché pour conserver une ouverture totale suffisante et éviter l'effet d'ombrage résultant du mur épais.

### **2.3.3 Innovation « à l'horizon » (recherche)**

Plus en amont, des recherches concernant la "fenêtre active multifonctionnelle" sont déjà bien avancées. La fenêtre deviendra un élément intégrant différentes fonctions comme l'isolation thermique et acoustique, la gestion des apports solaires et de l'éclairage naturel (vitrage électrochrome, thermochrome ...), la production d'électricité (PV intégré), l'éclairage (LED ou OLED intégrées), voire la ventilation.

## **2.4 Champ d'application :**

Les fenêtres à haute performance thermique sont destinées aux bâtiments à faible consommation d'énergie et aux maisons passives. Elles sont essentiellement installées en bâtiment neuf, parce que les maisons passives sont très majoritairement des maisons neuves mais leur utilisation peut être étendue à la rénovation lourde. De plus, une fenêtre à haute performance thermique doit être associée à des parois opaques ayant une isolation haute performance pour atteindre une efficacité optimale. C'est rarement le cas dans les immeubles existants si une rénovation lourde n'est pas engagée.

Enfin, les fenêtres avec une isolation thermique haute performance ne sont pas pour l'instant utilisées en tertiaire.

## **2.5 Impacts :**

L'impact le plus important, noté par les occupants, est l'amélioration du confort, en particulier l'hiver avec la réduction de l'effet de paroi froide à proximité du vitrage.

De plus, les couches basses émissivité permettent de réduire les risques de surchauffe l'été. Ce gain est déjà ressenti avec des doubles vitrages à isolation renforcé mais il est meilleur avec des fenêtres à haute performance thermique. Enfin, les pertes thermiques par le vitrage sont réduites de plus de 50%.

Il n'existe pas à notre connaissance d'étude sur la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> (et donc de l'effet de serre engendré) due à l'utilisation de fenêtres à haute performance thermique. Les seules études disponibles ont été réalisées par le GEPVP et concernent l'utilisation des doubles vitrages à isolation renforcé. Une des conclusions de cette étude est que le remplacement en Europe des simples vitrages par des doubles vitrages à isolation renforcé, pourrait faire économiser annuellement 26 million de tonnes équivalent pétrole et réduire l'émission annuelle de CO<sub>2</sub> de 82 million de tonnes.

### **3 ETAPE 3 : MISE EN ŒUVRE**

#### **3.1 Fiabilité de la mise en œuvre sur chantier**

L'offre industrielle dans le domaine de la fenêtre est très flexible et permet généralement toutes les adaptations aussi bien au niveau des dimensions ou des matériaux utilisés (bois, PVC, alu), voire même de la couleur.

La pose d'une fenêtre haute performance n'engendre pas de difficulté supplémentaire par rapport à une fenêtre classique même si l'épaisseur plus importante d'un triple vitrage (et sa masse) peuvent exiger des adaptations (réduction du jour pour renforcer la menuiserie). Les techniques de pose actuelles sont directement adaptables et tous les textes réglementaires ou documents d'application gardent leur validité ; l'exigence la plus importante restant d'assurer une bonne étanchéité à l'air entre la fenêtre et la paroi

#### **3.2 Spécificité de mise en œuvre**

Les composants d'une fenêtre à haute performance énergétique ont un prix élevé, que ce soit pour une installation dans le neuf ou l'existant.

Dans le cas de rénovation lourde (qui s'apparente à de la construction neuve), la mise en œuvre des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique diffère très peu de celle des fenêtres avec vitrage isolant classique. Les documents techniques et réglementaires sont applicables.

Pour la réhabilitation (remplacement de menuiserie), les dimensions (épaisseur notamment) des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique peuvent poser des problèmes d'adaptation. Les documents techniques et réglementaires existant demeurent toutefois applicables.

Une mise en œuvre de qualité est indispensable pour assurer la performance de la fenêtre à haute performance thermique. La plupart des problèmes de performance des fenêtres ont pour origine une mauvaise liaison entre le cadre de la fenêtre et le bâti (passage d'air) du fait d'une mise en œuvre déficiente.

#### **3.3 Modalités de gestion, d'exploitation et de maintenance des fenêtres à haute performance thermique**

L'entretien et la maintenance des fenêtres à haute performance thermique est similaires à celle des vitrages isolants classiques. Le triple vitrage et les vitrages sous vides de par leur conception plus complexes sont toutefois soumis à des contraintes physiques plus fortes qui notamment sollicitent particulièrement les joints.

#### **3.4 Incitations réglementaires, fiscales..., modalités de financement**

Dans la plupart des pays, des aides basées sur les performances thermiques du bâtiment favorisent l'installation de vitrages isolants conformes à la réglementation thermique en vigueur, mais il n'existe pas de mesures spécifiques pour les fenêtres à haute performance thermique.

## **4 ETAPE 4 : EVALUATION DES RESULTATS FAITE DANS LES PAYS CONCERNES**

### **4.1 Les performances**

Les fenêtres à haute performance thermique sont des produits fortement industrialisés. L'évaluation de ces produits fait l'objet de normes européennes largement utilisées. L'évaluation des performances thermiques est réalisée selon les méthodes décrites dans les normes suivantes :

- NF EN 410 - Novembre 1999 : Verre dans la construction - Détermination des caractéristiques lumineuses et solaires des vitrages ;
- NF EN 673 - Août 2001 : Verre dans la construction - Détermination du coefficient de transmission thermique, U - Méthode de calcul ;
- NF EN 674 - Décembre 1998 : Verre dans la construction - Détermination du coefficient de transmission thermique, U - Méthode de l'anneau de garde ;
- NF EN 675 - Décembre 1998 : Verre dans la construction - Détermination du coefficient de transmission thermique, U - Méthode du fluxmètre.

L'évaluation acoustique est réalisée selon les méthodes décrites dans les normes suivantes

- NF EN ISO 140-1/A1 - Juillet 2005 : Acoustique. Mesurage de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction. Partie 1 : spécifications relatives aux laboratoires sans transmissions latérales - Amendement 1 : exigences particulières applicables au cadre de l'ouverture d'essai pour cloisons à doubles parements légers ;
- NF EN ISO 140-3/A1 - Juillet 2005 : Acoustique. Mesurage de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction. Partie 3 : mesurage en laboratoire de l'affaiblissement des bruits aériens par les éléments de construction - Amendement 1 : conditions particulières de montage des cloisons à doubles parements légers.

De plus, chaque élément de la fenêtre fait l'objet de norme d'essais que ce soit :

- le vitrage ;
- les profilés ;
- la quincaillerie.

#### **4.1.1 Energie**

Le GEPVP estime que 20% de l'énergie utilisée pour le chauffage est perdue à travers le vitrage, l'utilisation des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique réduirait ces pertes de plus de 50%.

#### **4.1.2 Stabilité, Sismique, Feu**

Les performances en termes de stabilité au feu et au séisme sont identiques à celles obtenues avec les fenêtres classiques.

#### **4.1.3 Confort Hygrothermique, Acoustique, Eclairage**

La fenêtre joue souvent un rôle actif dans la ventilation et la qualité de l'air. Le cadre est souvent utilisé comme entrée d'air. L'amélioration des performances thermiques, en particulier des températures de surface interne, permet d'éviter ou de retarder la condensation sur le vitrage.

Les performances acoustiques correspondent généralement à la meilleure classe de performance, c'est-à-dire un indice d'affaiblissement routier supérieur à 36 dB.

#### **4.1.4 Risques de dégradation des performances après mise en œuvre**

Si la mise en œuvre ne diffère pas fondamentalement de celle des fenêtres classiques, elle reste primordiale dans la performance effective de la baie installée et dans la pérennité de cette performance. Ce problème est d'autant plus aigu pour les fenêtres à haute performance thermique qui doivent apporter un confort thermique accru.

Les fenêtres à triple vitrage ou double vitrage "sous vide" sont plus complexes que les fenêtres à double vitrage à isolation renforcée. Notamment, les joints qui séparent les vitrages sont susceptibles de se dégrader plus vite que ceux des doubles vitrages car ils sont plus sollicités.

A côté du risque intrinsèque lié à la technologie des vitrages utilisés, le risque principal de dégradation des performances de la fenêtre dans son ensemble portent sur la liaison entre la fenêtre et la paroi opaque. L'étanchéité à l'air entre la fenêtre et le bâti doit être maintenue dans le temps, malgré le surpoids lié au triple vitrage. Le problème à résoudre est donc la liaison et la gestion de l'étanchéité à l'air entre la fenêtre et le bâti. Cette question est d'autant plus importante que la pose d'une fenêtre semble accessible à tout le monde alors que ce domaine ne tolère pas l'a peu près (même s'il existe de très bons bricoleurs).

#### **4.1.5 Compatibilité entre performances**

Une fenêtre est soumise à des contraintes contradictoires, notamment elle doit :

- limiter les apports solaires thermiques en été et les favoriser en hiver,
- permettre à la lumière de pénétrer pour l'éclairage tout en limitant l'éblouissement.

Les caractéristiques des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique doivent être un compromis entre l'isolation thermoacoustique, les apports solaires, le climat et le confort souhaité par l'utilisateur.

Ces fenêtres doivent être associées à une protection solaire externe pour pouvoir moduler les apports solaires en fonction des saisons.

## 4.2 Les coûts réels

### 4.2.1 Coût Initial – Investissement

Le coût d'un double vitrage est de l'ordre de 15 euros / m<sup>2</sup>, celui d'un double vitrage à vitrage à isolation renforcé de 20 euros / m<sup>2</sup>.

Dans le tableau ci-dessous, sont présentés les coûts en Autriche

Cadre	Fenêtre Standard U-value < 1,4 W/m <sup>2</sup> K €/m <sup>2</sup>	Fenêtre Maison Passive U-value < 0,8 W/m <sup>2</sup> K €/m <sup>2</sup>
PVC	190	250
Wood-Aluminium	210	280

Coûts des fenêtres haute-performance en Autriche

(Source: Schöberl, Hutter; Passive house Technologies in Social Housing, Vienna, 2003)

Selon l'ADEME, les triples vitrages et menuiseries correspondantes, développées en Allemagne et en Belgique sont 90% plus chères que les fenêtres standards.

De plus, il semble qu'il existe une grande disparité des prix des vitrages à haute performance thermique en Europe : par exemple, plus du simple au double entre la Suisse et la France.

En France, il n'y a quasiment pas de ligne de production de triple vitrage. Aujourd'hui, une menuiserie française équipée d'un triple vitrage français coûte plus du double d'une menuiserie équipée de double vitrage à isolation thermique renforcée.

Au niveau actuel des prix de l'énergie en Europe, l'économie engendrée par les menuiseries à haute performance énergétique comparativement aux solutions classiques est faible, et induit des temps de retour sur investissement très long (au minimum 30 ans, en passant d'une menuiserie classique - PVC avec double vitrage simple,  $U_w < 2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , 300€ hors pose - à une menuiserie à haute performance énergétique - PVC et triple vitrage haute performance,  $U = 0,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , 500€ hors pose – avec un chauffage électrique).

Même si les prix des énergies augmentent de manière très importante, la « rentabilité » économique du remplacement des menuiseries dans les logements existants demeurent bien faible comparativement, par exemple, au remplacement de la chaudière.

Toutefois, le remplacement de la fenêtre demeure une des premières idées quand il s'agit d'améliorer pour un habitant la performance énergétique de son logement. Le propriétaire et/ou l'utilisateur profite en effet de « co-bénéfices » non énergétiques qu'il valorise clairement si les menuiseries vétustes de son logement sont remplacées :

- meilleur confort : suppression des parois froides, absence de courant d'air ;
- meilleure protection contre le bruit extérieur ;
- meilleure qualité de l'air, meilleure hygrométrie (grâce à l'aération contrôlée) ;
- sécurité accrue, du fait des fenêtres constamment ou très souvent fermées ;
- meilleur revenu locatif (dans le neuf en Suisse, l'aération contrôlée justifie une hausse de 5 % de loyer ; dans l'ancien, de nouvelles fenêtres et une isolation de façade renforcée peuvent justifier 100 à 150 francs suisses de loyer supplémentaire) ;

- meilleur prix à la revente (selon une enquête commune de la Banque cantonale de Zurich et du CEPE de l'EPF Zurich, les maisons Minergie (qui sont équipées de menuiserie avec une bonne performance thermique) se vendent en moyenne 9 % plus cher que des maisons standard dans des localisations similaires ;
- augmentation de la valeur immobilière à terme (selon les experts immobiliers de la Banque cantonale de Zurich, les bâtiments Minergie ont en tendance une valeur immobilière à terme supérieure à celle d'un bien immobilier standard comparable).
- absence d'entretien périodique

#### **4.2.2 Coût Opérationnel - Exploitation – Maintenance**

Le coût d'exploitation et de maintenance d'un triple vitrage et de la menuiserie associée est quasiment nul et ne diffère pas de celui d'un double vitrage et de sa menuiserie.

### **4.3 Le vécu des utilisateurs – Avis des Acteurs et du Public**

#### **4.3.1 Les propriétaires et gestionnaires**

Pas d'éléments sur ce point.

#### **4.3.2 Les résidents et usagers**

D'après les fabricants, que ce soit dans le résidentiel ou le collectif, le retour positif des usagers est essentiellement dû à l'amélioration du confort, aussi bien en hiver (pas de parois froide) qu'en été.

### **4.4 Vitesse de diffusion dans le pays**

#### **4.4.1 Le Marché – Commercialisation**

En Autriche, au Danemark et en Suisse, la commercialisation des fenêtres à haute performance thermique reste liée au développement des maisons à faible consommation énergétique et aux labels qui leur sont associés. Ces maisons représentent aujourd'hui moins de 10 % du marché mais ce marché est en croissance exponentielle.

En Finlande le triple vitrage deviendrait le standard mais pour l'instant aucun chiffre de pénétration du marché n'est disponible.

#### **4.4.2 Nature et efficacité des incitations**

Pas d'éléments sur ce point

#### **4.4.3 Actions de diffusion et de sensibilisation**

Les actions de diffusion et de sensibilisation sont essentiellement centrées autour de deux axes :

- la promotion de la maison à maisons à faible consommation énergétique, portée par les différents labels, les associations et agences de promotion pour l'environnement et les économies d'énergie.
- la promotion de l'amélioration du confort d'été et d'hiver, portée par les industriels.

#### **4.4.4 Volonté d'exportation**

Les industriels étrangers ou français établis à l'étranger ne font pas d'effort particulier pour exporter vers la France des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique.

Selon les fabricants, le marché français n'est pas prêt à accepter les dimensions de menuiserie imposées par la technologie du triple vitrage. En outre, le transport de vitrage à haute performance thermique (triple vitrage ou double vitrage sous vide) est plus difficile que celui des doubles

vitrages classiques, car ils sont plus lourds (triple vitrage) et plus fragiles tant qu'ils ne sont pas montés.

En France, l'effort de communications des industriels porte actuellement sur le double vitrage à isolation thermique renforcé (VIR) qui compte tenu du climat répond aux exigences de la réglementation et peut trouver un marché très important dans la réhabilitation. Néanmoins, des industriels suisses ou allemands sont prêts à répondre à la demande de triple vitrages sur le marché de niche des maisons basse consommations énergétique.

Enfin, une entreprise française propose depuis peu une fenêtre triple vitrage.

## **5 ETAPE 5 : REFLEXION CRITIQUE DU CSTB ET DE SES PARTENAIRES SUR LES QUATRES DIMENSIONS ETUDIEES : CONTEXTE, CONTENU, MISE EN ŒUVRE, EVALUATION**

### **5.1 Points forts, points faibles de l'innovation (méthode SWOT)**

#### **5.1.1 S : Strength - Forces**

Au niveau du produit, les différents points forts des fenêtres haute-performance sont les suivants :

- une mise en œuvre peu différente de celle des menuiseries classiques ;
- une modularité et adaptabilité des éléments au point de vue de la taille, de la forme et de la couleur.
- un potentiel de développement de nouveaux produits associés particulièrement au niveau des cadres (notamment l'intégration de systèmes de ventilation) ;
- un marché français de plus en plus intéressé par les maisons à faible consommation énergétique mais qui offre une plus grande diversité (Zones Climatiques) que les marchés Suisse et Autrichien, voire Allemand ou Scandinave.

#### **5.1.2 W : Weakness : Faiblesses**

Les principaux points faibles français sont :

- un prix élevé,
- des exigences réglementaires insuffisantes,
- le développement commercial des vitrages à isolation renforcé,
- le climat français moins rigoureux que celui des pays du nord de l'Europe.

Le statut juridique de la fenêtre (faisant partie de la façade) qui oblige l'intervention de nombreux acteurs (copropriété, syndic d'immeuble, préfecture, verriers, menuisiers, poseurs, etc.) ainsi que le manque d'information et de lien entre eux, reste un handicap au développement structuré du produit.

#### **5.1.3 O : Opportunities – Opportunités**

Le développement de ce produit pourrait profiter :

- d'un fort lobbying de la part des verriers ;
- de la valorisation des compétences déjà existantes.

#### **5.1.4 T : Threats – Menaces**

La large promotion actuelle et la croissance de la diffusion du double vitrage et des verres à couche (vitrage à isolation renforcée) reste la principale menace au développement actuel ou à court terme des fenêtres et baies vitrées à haute performance thermique.

Le contrôle insuffisant actuellement de la qualité de mise en œuvre des produits est également une menace forte pour le développement des fenêtres et baies à haute performance thermique. La mise



en œuvre est primordiale pour que les consommateurs apprécient véritablement la performance de ces produits par rapport aux produits "standards" actuels.

## **5.2 Points singuliers au contexte du pays**

Les points singuliers ont été listés au paragraphe 1.1. Il est à noter que, mis à part l'Allemagne, les autres pays où se développent les fenêtres à haute performance thermique sont de "petits" pays (Suisse, Autriche, Finlande ...) avec une certaine homogénéité climatique.

# **6 ETAPE 6 : CONDITIONS DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE**

## **6.1 Les chances de la transposition en France**

Comme, il n'existe pas d'obstacles techniques, la transposition en France des fenêtres haute-performance dépendra des évolutions à long terme de la réglementation et de l'implication des industriels dans son développement. Mais à court terme, comme dans les autres pays européens, l'implantation de labels très haute performance énergétique, le développement des maisons passives seront autant de marché (de niche aujourd'hui) potentiels pour les produits à haute performance thermique, qui favoriseront le développement des fenêtres ou baies vitrées à haute performance thermique.

## **6.2 Compatibilité avec le cadre réglementaire et normatif français**

Le cadre normatif et réglementaire français n'offre aucun obstacle à la diffusion des fenêtres haute-performance mais il ne la favorise pas particulièrement.

## **6.3 Quelle dynamique d'acteurs nécessaire**

Les fenêtres à haute performance thermique se développeront en France si une demande forte rencontre une offre à un prix raisonnable. On peut penser que la demande suscitera l'offre, notamment par le biais des constructeurs et/ou promoteurs qui souhaiteront proposer des bâtiments à faibles consommation énergétique à des clients de plus en plus exigeants et séduits par ce type de construction, à la recherche de biens durablement valorisables et confortables.

Parallèlement, les pouvoirs publics doivent également contribuer à développer cette demande exigeante en renforçant l'outil réglementaire.

Enfin, le développement d'indicateurs de performance énergétique des bâtiments (le diagnostic de performance énergétique en France), mettant en avant la performance énergétique des constructions lors des transactions immobilières, permettra également de renforcer cette demande.

Les industriels pour la plupart européens, maîtrisent déjà dans les pays voisins les techniques nécessaires à l'élaboration de fenêtres à haute performance énergétique. Ils sauront répondre rapidement quand la demande se fera de plus en plus sentir.

## **6.4 Disponibilité en France des techniques concernées et des compétences de pose.**

Les techniques concernées existent en Europe, elles sont détenues généralement par de grands groupes qui sont aussi présents en France. Le transfert des techniques ne repose donc que sur la volonté des acteurs industriels, principalement les verriers et dans une moindre mesure les menuisiers, à développer le marché. Il faut noter que ces produits sont déjà disponibles en France à travers les distributeurs qui proposent des produits allemandes ou suisses, mais des PME françaises commencent à se positionner sur le marché.

## **6.5 Quels types d'incitations envisager**

### **6.5.1 Réglementation Technique**

La réglementation thermique qui joue son rôle de "voiture balai" n'est pas suffisamment exigeante aujourd'hui pour imposer les fenêtres à haute performance thermique (mais bien sur ne les interdit pas). Les initiatives locales ou privées pour récompenser le "maillot jaune" du bâtiment à faible consommation énergétique seront autant de mesures incitatives qui aideront les "pionniers" ou précurseurs des bâtiments économes.

### **6.5.2 Soutien des Collectivités locales**

Certaines régions dans le cadre de politique locale en faveur des économies d'énergie proposent des aides financières. La « compétition » régionale ou locale sera aussi un des moteurs du développement de ces technologies.

### **6.5.3 Fiscalité, Financement**

Dans le cadre de la politique nationale française en faveur des économies d'énergie, des aides sous forme de crédit d'impôt existent pour inciter les propriétaires, gestionnaires à réaliser des travaux pour réduire leur consommation.

Tout contribuable, qu'il soit propriétaire-occupant, locataire, usufruitier ou occupant à titre gratuit, qui supporte, pour son habitation principale, des dépenses d'équipements est susceptible de bénéficier d'un crédit d'impôt.

En ce qui concerne les parois vitrées, le taux est de 25% du montant de la dépense d'acquisition. Toutefois, les exigences pour bénéficier du crédit d'impôt si elles poussent à l'installation de menuiseries à isolation renforcée, sont insuffisantes pour inciter à l'installation de fenêtre à haute performance énergétique.

Les caractéristiques exigées sont :

- fenêtres ou porte-fenêtre dont le coefficient de transmission thermique  $U_w$  est inférieur ou égal à  $2\text{W/m}^2\text{K}$  ;
- vitrages à isolation renforcée dont le coefficient de transmission thermique  $U_g$  est inférieur ou égal à  $1,5\text{W/m}^2\text{K}$  ;
- double fenêtre dont le coefficient de transmission thermique  $U_w$  est inférieur ou égal à  $2,4\text{W/m}^2\text{K}$ .

Une même démarche avec des exigences plus fortes ou dont le taux de crédit d'impôt est fonction de la performance effective de la menuiserie installée, permettrait d'inciter à la mise en œuvre de menuiserie à haute performance thermique.

Ce type de crédit d'impôt pourrait également affectée la taxe d'habitation.

Des aides similaires au niveau local sont également envisageables.

## 7 ANNEXE : SOURCES D'INFORMATION

### 7.1 Références

WEBZINE CSTB : Baies et Vitrages - 2006

<http://webzine.cstb.fr/equipbaie/private/exports/09-06-2006.pdf>

Les 10 tableaux qui permettent de comprendre le marché de la fenêtre en France en 2004

BATIM ETUDES - Juin 2005 - SNFA, SNFMI / GEPILB, UFPVC

[http://www.snfa.fr/stock\\_docs/communiqué\\_public\\_etude\\_fenetre\\_2004\\_la\\_clef.pdf](http://www.snfa.fr/stock_docs/communiqué_public_etude_fenetre_2004_la_clef.pdf)

Etude sur le parc fenêtre des logements des particuliers – septembre 2004

[http://www.uf-pvc.fr/img/img\\_metier/renovation\\_logement2004.pdf](http://www.uf-pvc.fr/img/img_metier/renovation_logement2004.pdf)

Etude sectorielle : La baie - Fenêtres, fermetures et vitrages

Janvier 2000 *Etude CSTB réalisée par* Jean-François ARENES - Patrick ELIAS - CSTB

Fenêtre Bois : Performance Thermique Record, FFB, Batimétiers, juin 2006

Low-E Glass in Buildings - Contribution of the flat glass industry towards reducing greenhouse gas emissions & energy consumption in the EU15, **GEPVP**, The European Association of Flat Glass - mars 2005 - [www.gepvp.org](http://www.gepvp.org)

Energy & Environmental Benefits from Advanced Double Glazing in EU Buildings

**GEPVP**, The European Association of Flat Glass - mars 2005 - [www.gepvp.org](http://www.gepvp.org)

Advanced glazing and transparent insulation – EASE project – Education of Architects on Solar Energy & Ecology - [http://www.cenerg.ensmp.fr/ease/tech\\_main.html](http://www.cenerg.ensmp.fr/ease/tech_main.html)

WINDAT project – Windows as a Renewable Energy Source for Europe Windows Energy Data Network - <http://windat.ucd.ie/index.html> et <http://windat.ucd.ie/wis/html/index.html>

Performance, Durability and Sustainability of advanced windows and solar components for building envelopes - <http://www.iea-shc-task27.org>

Smart Energy Efficient Building : SINTEF – NTNU - Norvège

[http://www.ntnu.no/em/fokus/smartbygg/prosjekt\\_rapp.htm](http://www.ntnu.no/em/fokus/smartbygg/prosjekt_rapp.htm)

Efficient Windows Collaborative (EWC)

[www.efficientwindows.org](http://www.efficientwindows.org)

Windows & Daylighting – LBNL – Lawrence Berkeley National Laboratory

<http://windows.lbl.gov/>

British Fenestration Rating Council

[www.bfrc.org](http://www.bfrc.org)

National Fenestration Rating Council

[www.nfrc.org](http://www.nfrc.org)

Minergie – Règlement Fenêtre

[http://www.minergie.ch/download/Reglement\\_fenster.pdf](http://www.minergie.ch/download/Reglement_fenster.pdf)

PassivHaus – Fenêtres – Produits Certifiés – "Zertifizierte Produkte" – "Fensterrahmen"

[www.passiv.de](http://www.passiv.de)

PassivHausFenster

[www.passivhausfenster.at](http://www.passivhausfenster.at)

[www.passivhausfenster.de](http://www.passivhausfenster.de)

Voir aussi les Références Citées dans la Partie Recensement

### 7.2 Experts Consultés :

Svend Svendsen : DTU – Danish Technical University

Department of Civil Engineering

Technical University of Denmark

[www.byg.dtu.dk](http://www.byg.dtu.dk)

Fritz Oetli : pos architekten ZT KEG  
A-1080 Wien \_ Maria Treu Gasse 3 - Autriche  
[www.pos-architekten.at](http://www.pos-architekten.at)

Pierre Jaboyedoff : Sorane SA  
Route du Bois 37  
Case Postale 248  
1024 Ecublens - Suisse

### **7.3 Industriels**

Verriers :

Le portail français du verre  
[www.verreonline.fr](http://www.verreonline.fr)  
Fédération Française des Professionnels du Verre  
[www.ffpv.com](http://www.ffpv.com)  
[www.verre.org](http://www.verre.org)

Saint-Gobain

[www.saint-gobain-glass.com](http://www.saint-gobain-glass.com)

Glaverbel

[www.glaverbel.com](http://www.glaverbel.com)

Pilkington

[www.pilkington.com](http://www.pilkington.com)

Nippon Sheet Glass

<http://www.nsg.co.jp/en/corporate/business/build.html>

<http://www.nsg-spacia.co.jp/>

Guardian

<http://www.guardian.com/fr/index.html>

Velux

[www.velux.com](http://www.velux.com)

Interpane

[http://www.interpane.net/3-68.iplus\\_3S-iplus\\_3CS.html?e=3](http://www.interpane.net/3-68.iplus_3S-iplus_3CS.html?e=3)

Triples Vitrages

[www.sofraver.ch](http://www.sofraver.ch)

[www.glastroesch.ch](http://www.glastroesch.ch)

Fenêtres avec Triple Vitrage

Loewen

[http://french.loewen.com/whyloewen\\_heatsmart\\_frn.htm](http://french.loewen.com/whyloewen_heatsmart_frn.htm)

Bieber

[http://www.bieber-bois.com/dn\\_fenetre\\_triple\\_vitrage/](http://www.bieber-bois.com/dn_fenetre_triple_vitrage/)

Boillon Fermetures

<http://www.boillonfermetures.fr/>

Internorm

<http://www.internorm.fr/>

Tryba

[www.tryba.com](http://www.tryba.com)

Kömmerling-Profine

[www.koemmerling.de](http://www.koemmerling.de)

Double Fenêtre

[www.schwoerer.de](http://www.schwoerer.de)

[www.fiberline.com](http://www.fiberline.com)

Fenêtre Innovante

[www.iku-windows.com](http://www.iku-windows.com)

Associations

EUROACE : European Alliance of Companies for Energy Efficiency in Buildings

[www.euroace.org](http://www.euroace.org)

SNFA : Syndicat National de la construction des Fenêtres, Façades et Activités Associées

[www.snfa.fr](http://www.snfa.fr)

UFPVC : Union Fenêtre PVC

[www.uf-pvc.fr](http://www.uf-pvc.fr)

GEPVP : Groupement Européen des Producteurs de Verre Plat - European Association of Flat Glass Manufacturers

[www.gepvp.org](http://www.gepvp.org)

European Solar Shading Association

[www.es-so.org](http://www.es-so.org)

Union professionnelle belge de Producteurs de volets et protections solaires

[www.verozo.be](http://www.verozo.be)

Association CEKAL pour la certification des vitrages isolants

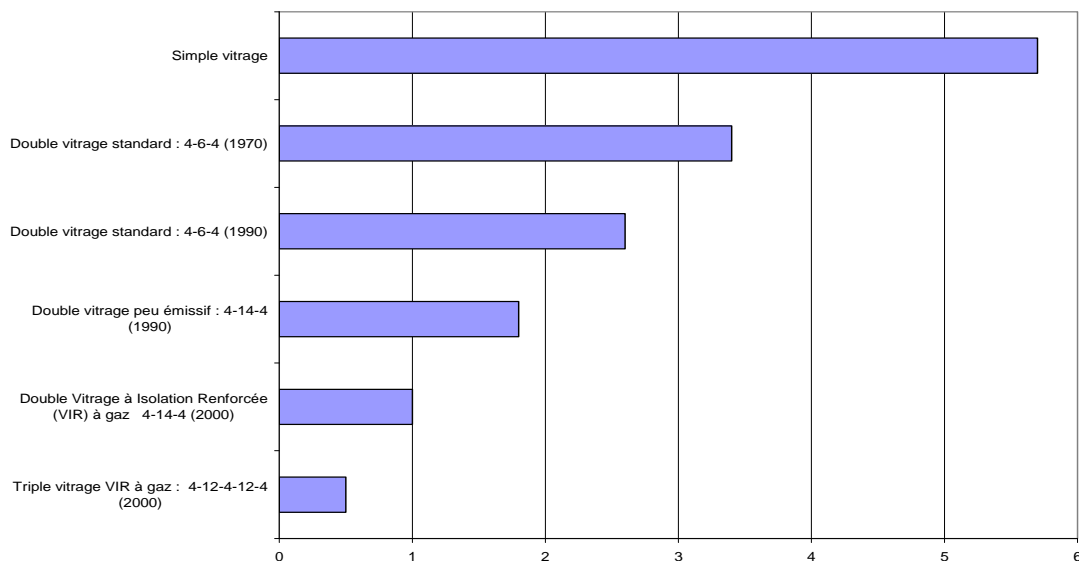
[www.ekal.com](http://www.ekal.com)

Association Française des Organismes de Certification des Matériaux de Construction

<http://afocert.cstb.fr>

## 7.4 Données Techniques

Evolution du Coefficient U ( $W/m^2.K$ ) entre 1970 et 2000



Evolution du coefficient de transmission thermique U ( $W/m^2.K$ )

### Marché

Le tableau ci-dessous décrit le marché de la fenêtre en France. Il confirme que le double vitrage à isolation renforcé est le plus courant.

Matériau	SV	DV clair	DV th renf	DV acou renf.	DV th+acou renf	DV anti-effraction	Total
Bois	24	585	974	64	13	78	1 737
PVC	8	2 876	2 917	449	187	238	6 675
Aluminium	18	739	793	100	142	126	1 917
Mixte Bois-Alu	0	5	118	23	11	2	159
Ensemble	50	4 204	4 802	636	353	444	10 488

Tableau 3 : Marché de la fenêtre en France (en millier de fenêtres)

SV : Simple Vitrage - DV : Double Vitrage  
th : thermique – acou : acoustique – renf : renforcé

**Certification CEKAL : [www.cekal.com](http://www.cekal.com)**

Isolation thermique courante :  $U_g > 2 W/m^2.K$

Isolation thermique renforcée TR :  $U_g \leq 2 W/m^2.K$

Marquage :

- Les vitrages sont marqués TR ( Thermique Renforcée) lorsque la valeur du coefficient  $U_g$  conventionnel de transmission thermique est inférieure ou égale à la limite de  $2 W / (m^2.K)$

- Mode de classement :

Le coefficient de transmission thermique  $U_g$  est calculé à partir des valeurs d'émissivité des produits verriers. Ces calculs sont effectués selon les Règles Th-U et la norme NF EN673.