

Vitrages et systèmes verriers

Décembre 2011 – V3

Titre fiche

DOUBLE VITRAGE FAIBLEMENT EMISSIF

PRESENTATION DU PRODUIT ET CONTEXTE D'UTILISATION

Sur un bâtiment, les vitrages constituent le point faible de l'isolation thermique. Après plusieurs siècles d'utilisation du simple vitrage, le double vitrage est apparu lorsqu'on a pris conscience de la nécessité de bien isoler les bâtiments. Le principe du double vitrage est d'insérer une lame d'air ou de gaz de 6 à 20 mm d'épaisseur entre deux feuilles de verre scellées en usine. L'air ayant une conductivité thermique très inférieure à celle du verre (air : 0.024 W/m.K, verre : 1 W/m.K), l'isolation thermique du vitrage est renforcée.

Au cours des dix dernières années, la résistance des vitrages a encore été augmentée d'une part, par l'utilisation de gaz plus isolants que l'air (argon : 0.017 W/m.K, krypton : 0.009 W/m.K) et d'autre part, avec l'apparition des couches à faible émissivité. On trouve ce dernier type de vitrage sous le nom de "vitrage faiblement émissif" ou "vitrage à isolation renforcée" (VIR).

Les doubles vitrages traditionnels limitent uniquement les déperditions thermiques par conduction et par convection. Les vitrages faiblement émissifs réduisent en plus les fuites de chaleur par rayonnement. Une de leurs faces internes est recouverte d'une fine couche transparente d'oxydes métalliques qui abaisse l'émissivité du verre, c'est-à-dire sa capacité à rayonner de la chaleur.

FABRICANTS

En PACA :

[Emaver](#) (83) (distributeur St gobain)

[Maccario](#) (13)

[Vitrage cote d'azur](#) (06)

[Sigma](#) (13)

Autres fabricants :

AGC Glass Europe (ex-Glaverbel) (92)

Miroiterie centrale (93)

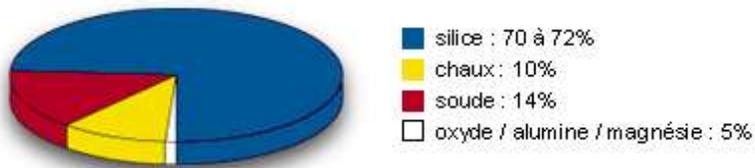
Pilkington (94)

Interpane (Allemagne)

Luxguard (Luxembourg)

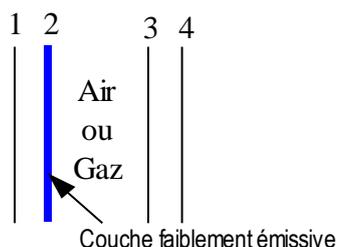
CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

COMPOSITION (de l'intérieur vers l'extérieur)



(Source Saint Gobain)

Le double vitrage faiblement émissif est constitué d'un verre avec couche et d'un verre sans couche. La couche doit être placée à l'intérieur du vitrage. Sa position en face 2 ou 3 n'a pas de conséquence sur la valeur du coefficient Ug. Par contre, si l'on recherche la réduction des apports solaires, il est préférable de mettre la couche en face 2, comme sur le schéma ci-dessous :



Il existe 2 types de couches :

- pyrolytique (ou couche dure) : couche d'oxydes métalliques déposée par pyrolyse à la sortie du four.
- magnétron (ou couche tendre) : superposition de différentes couches de métal et d'oxydes métalliques déposées sous vide par procédé électromagnétique.

(Source : Glaverbe)

CARACTERISTIQUES FONCTIONNELLES

AVIS SOLIDITE / STRUCTURE

Epaisseur des lames de verre : 4 à 10 mm
 Epaisseur de la lame d'air ou de gaz : 6 à 20 mm

Tableau comparatif épaisseur/poids

| Type de verre | Epaisseur (mm) | Poids (Kg/m ²) |
|---------------|----------------|----------------------------|
| 4+12+4 | 20 | 20 |
| 6+12+6 | 24 | 30 |
| 6+15+6 | 27 | 30 |

AVIS MISE EN ŒUVRE

Assemblage : Attention à la position de la couche métallique lors de l'assemblage des verres et du vitrage dans le châssis. Si la couche est placée à l'extérieur, elle se dégradera très rapidement. Un moyen pratique de repérer la couche peu émissive est d'utiliser la réflexion de la flamme d'un briquet sur les 4 faces du double vitrage. La flamme réfléchiée par la couche d'oxydes métalliques sera plus claire que les autres.

Se Conformer à la norme [NF P 78-201, DTU 39](#). A télécharger sur le site de l'Afnor à l'adresse suivante :

http://www.boutique.afnor.org/NEL5DetailNormeEnLigne.aspx?nivCtx=NELZNELZ1A10A101A107&ts=9520178&CLE_ART=FA050352

Retours d'expériences

- **Pose vitrage sur chantier** (source : poseur de menuiserie aluminium) : Il faut effectivement faire attention à mettre la face traitée du bon côté. Le problème ne se pose généralement pas lors de la pose d'une fenêtre classique car le verre est déjà monté, ce qui n'est pas le cas lors de la pose d'un fixe ou d'une allège (sous une fenêtre par exemple). Le fabricant doit indiquer, la plupart du temps par une étiquette, quelle face doit être positionnée vers l'extérieur. Normalement lors de la fabrication des ouvrants, le calage des verres doit être de 5 mm entre le verre et le profilé alu et cela pour les quatre cotés. Ce calage est exigé par les bureaux de contrôle.

Tous les vitrages alu ne doivent en aucun cas être en contact le profilé. Une attention toute particulière doit être prise lors de la pose de fixe et d'allège ainsi que le montage des ouvrants dit "à frappe".

- **Stockage vitrage sur chantier** (source : poseur de menuiserie aluminium) : Un double vitrage a du être changé plusieurs fois car il cassait sans raisons apparentes. La cause fut en réalité un choc thermique provoqué par l'ombre d'un arbre se déplaçant sur le vitrage tout au long de la journée. La différence de température brisa le vitrage.

AVIS REGLEMENTATION / SECURITE / INCENDIE / ERP

Résistance au feu : M0 ininflammable.

Classement européen suivant la norme [NF P 92-507](#)

Lien de téléchargement :

http://www.boutique.afnor.org/NEL5DetailNormeEnLigne.aspx?nivCtx=NELZNELZ1A10A101A107&ts=476716&CLE_ART=FA125326



Cette fiche est le fruit d'un travail collectif et n'engage en rien ses rédacteurs. Elle est libre de droit pour les utilisateurs de l'enviroBOITE.
 Rédacteurs : Groupe Coopératif Matériaux - Mai 2006 / Mise à jour : décembre 2011

CONFORT ET ENERGIE

THERMIQUE

D'une manière générale, plus la surface vitrée augmente, moins le bilan consommation d'énergie de chauffage est bon, et plus la gestion du confort d'été est difficile. L'enjeu consiste à optimiser le taux de surface vitrée dans un premier temps par région et par climat, et ensuite par orientations et par activités des locaux concernés.

Emissivité normale de la couche d'oxydes métalliques : $\epsilon_n = 0.05$ à 0.16 (0.89 pour un verre sans couche)

Le coefficient U_{glass} (U_g) du vitrage dépend de : l'épaisseur des lames de verre, l'épaisseur de la lame d'air ou de gaz, le type de gaz, l'émissivité de la couche d'oxydes métalliques.

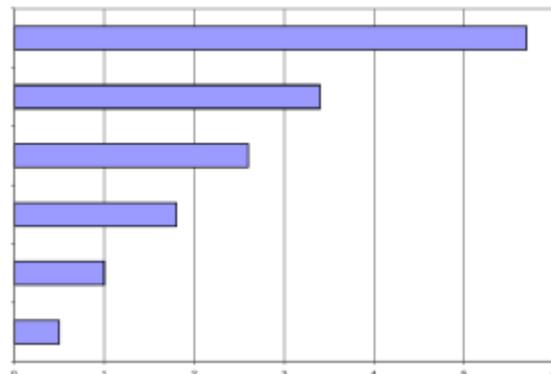
Le tableau ci-dessous donne les valeurs U_{glass} de quelques doubles vitrages, avec et sans couche peu émissive :

| U_g (W/m ² .K) | 44 ² /12/44 ² air | 44 ² /16/44 ² air | 44 ² /12/44 ² argon | 44 ² /16/4 argon | 4/12/4 krypton |
|--|---|---|---|-----------------------------|----------------|
| Avec couche peu émissive $\epsilon_n = 0,05$ | 1.7 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.1 |
| Sans couche peu émissive | 2.7 | 2.6 | 2.7 | 2.6 | / |

Attention : la valeur à prendre en compte lors du choix d'une fenêtre est le coefficient U_{window} , qui est une moyenne du U_{glass} (vitrage) et du U_{frame} (cadre).

Evolution du coefficient de transmission thermique U_{glass} (W/m².K)

- Simple vitrage
- Double vitrage standard : 4-6-4 (1970)
- Double vitrage standard : 4-6-4 (1990)
- Double vitrage peu émissif : 4-14-4 (1990)
- Double vitrage à isolation renforcée VIR, à gaz : 4-14-4 (2000)
- Triple vitrage VIR, à gaz : 4-12-4-12-4 (2000)



(Source : Prebat)

| | Valeur d'isolation thermique U_w | Consommation approximative de fioul per m ² de fenêtre par an |
|--|------------------------------------|--|
| Vieilles fenêtres avec vitrage simple | 4,5 | 50 litres |
| Vieilles fenêtres avec survitrage | 2,9 | 32 litres |
| Vieilles doubles fenêtres | 2,7 | 30 litres |
| Fenêtres en PVC des années 80 avec double vitrage isolant | 2,9 | 32 litres |
| Fenêtres en PVC des années 90 avec double vitrage faiblement émissif | 1,7 | 19 litres |
| Fenêtres en PVC Finstral avec vitrage faiblement émissif en standard | 1,3 | 13 litres |
| Fenêtres à ouvrant couplé Finstral KV et KAV | 1,1 | 12 litres |
| Fenêtres à ouvrant couplé Finstral KV et KAV avec intercalaire de vitrage en acier inoxydable | 1,0 | 11 litres |
| Fenêtres en PVC Finstral avec triple vitrage faiblement émissif 0,6 et intercalaire de vitrage en acier inoxydable | 0,9 | 9 litres |

Figure 1 - Comparaison U_w et consommation équivalente fioul (source Finstral)

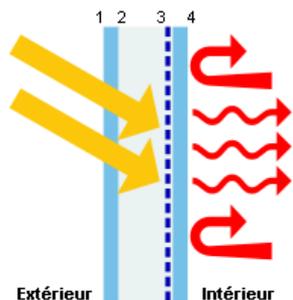
Positionner la couche faiblement émissive

Le facteur solaire FS du vitrage est influencé par la position de la couche.



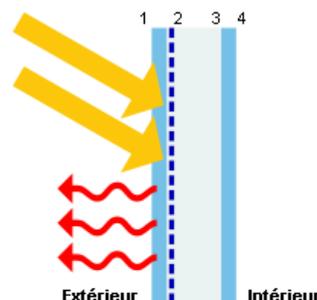
Cette fiche est le fruit d'un travail collectif et n'engage en rien ses rédacteurs. Elle est libre de droit pour les utilisateurs de l'enviroBOITE.
Rédacteurs : Groupe Coopératif Matériaux - Mai 2006 / Mise à jour : décembre 2011

En effet, en plus de sa capacité à inhiber les transferts d'infrarouges à grande longueur d'onde, une couche basse émissivité absorbe aussi une certaine quantité de l'énergie solaire incidente. Cette énergie absorbée est transformée en chaleur, provoquant ainsi un échauffement du vitrage.



Si l'on cherche à laisser passer la chaleur solaire (FS élevé), la couche basse émissivité sera placée sur le verre intérieur du double vitrage (en face 3). La chaleur absorbée par la vitre sera réémise vers l'intérieur. Par contre, elle n'empêche pas le rayonnement solaire de pénétrer dans le bâtiment.

(Source: Ministère de la région Wallone)



Si l'on cherche au contraire à diminuer la chaleur solaire entrante (FS faible), la couche basse émissivité sera placée en face 2, la chaleur absorbée par le vitrage étant alors essentiellement réémise vers l'extérieur. Dans ce cas, on peut adjoindre une couche réfléchissante à la couche basse émissivité pour diminuer encore FS.

ACOUSTIQUE

L'affaiblissement acoustique d'un double vitrage dépend de l'épaisseur totale des deux verres et de l'asymétrie du vitrage : il est donc possible d'améliorer la performance acoustique du vitrage en utilisant des verres d'épaisseur différente et en augmentant la masse totale du verre.

Valeurs minimales d'affaiblissement imposées aux vitrages par la norme EN 12758 :

| Composition | R _w | C | C _{tr} |
|---------------|----------------|----|-----------------|
| 4/ (6-16) /4 | 29 | -1 | -4 |
| 6/ (6-16) /4 | 32 | -2 | -4 |
| 6/ (6-16) /6 | 31 | -1 | -4 |
| 8/ (6-16) /4 | 33 | -1 | -4 |
| 8/ (6-16) /6 | 35 | -2 | -6 |
| 10/ (6-16) /4 | 35 | -2 | -5 |
| 10/ (6-16) /6 | 35 | -1 | -3 |

Notes :

$R_{A, tr} = R_w + C_{tr} =$ ancien R_{route} (protection vis-à-vis d'un bruit de trafic routier)

$R_A = R_w + C =$ ancien $R_{rose -1}$ (protection vis-à-vis des bruits intérieurs aux bâtiments ou des bruits de trafic aérien)

- le terme C correspond à un spectre de bruit pondéré : *bruit rose* où le niveau de pression acoustique est constant dans chaque intervalle de fréquences considéré
- le terme C_{tr} correspond à un spectre de bruit de trafic urbain pondéré : *bruit route* où le niveau de pression acoustique est différent d'une valeur précise par rapport au niveau de pression à 1.000 Hz

Source Maccario : Double vitrage avec face intérieure et extérieure en 44² (4 mm de verre, 2 mm de film plastique et 4 mm de verre). L'isolation acoustique R_w varie de 36 à 38 dB selon l'épaisseur utilisée pour le gaz (norme EN 12758).

VISUEL

Caractéristiques d'un double vitrage clair à isolation renforcée sans contrôle solaire :

Transmission lumineuse : 70 à 81 %

Facteur solaire : 50 à 77 %

Transmission UV : 0 à 20 % suivant l'assemblage (Source : Interpane 2011)

Rendu de couleur en transmission : 95 à 98 (Source : Interpane)

Ces indicateurs permettent au concepteur de sélectionner un vitrage en fonction de ses besoins : il est important, lors du choix du vitrage, de prendre en compte à la fois les caractéristiques thermiques et visuelles : une transmission lumineuse trop faible peut par exemple inciter à allumer la lumière plus souvent.

OLFACTIF

Sans objet



APPROCHE FINANCIERE

INVESTISSEMENT (tarifs novembre 2011)

Le double vitrage faiblement émissif est plus cher au m² que le double vitrage classique mais il est rapidement rentabilisé.

Indications de prix fourniture en double vitrage faiblement émissif (sans contrôle solaire): 15 à 20 € HT / m².

Le surcoût éventuel lié à la performance thermique est largement absorbé par le surcoût lié à des tailles de baies non standard ou nécessitant la mise en œuvre de verre feuilleté.

Le prix peut évoluer en fonction de la quantité de vitrage. Si la commande est importante, le fabricant pourra faire un geste et baisser un peu le prix par exemple.

MISE EN ŒUVRE

Il a également été constaté, sur un panel d'une dizaine d'opérations, que la différence de coût entre un double vitrage 4/12/4 et un double vitrage 4/16/4 (air ou argon) n'est pas significative.

PRESENTATION GRAPHIQUE

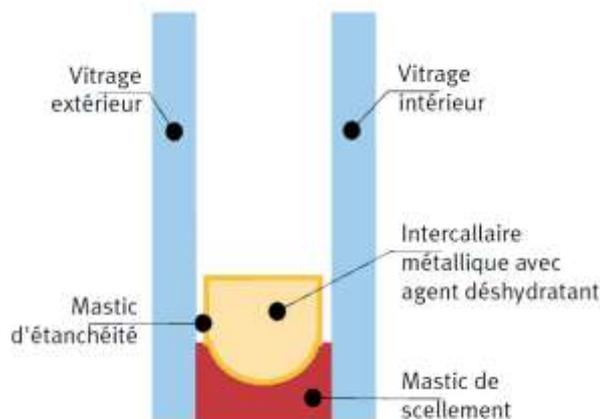


Figure 2 - Schéma d'un double vitrage, vue de coupe

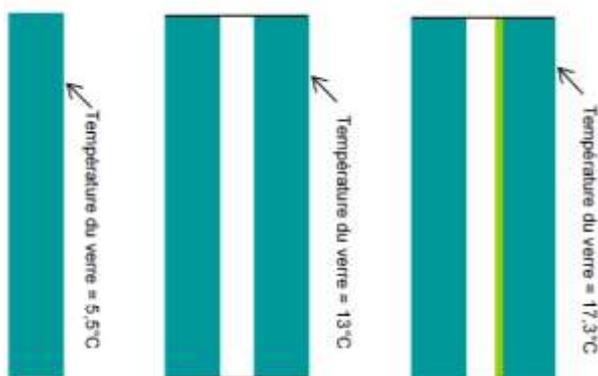


Figure 3 – comparaison température du verre en fonction des vitrages
 $T_{\text{ext}} 0^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{int}} 25^{\circ}\text{C}$ (Source : Laboratoire physique des matériaux de Nancy)



(Source : Glaverbel)

CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES

ORIGINE DES PRODUITS

La production de verre peut se faire à partir de verre recyclé après conditionnement sous forme de calcin. Fondre du calcin pour fabriquer du verre neuf demande moins d'énergie que fondre les matières premières entrant dans la composition du verre. Le recyclage permet donc à la fois de limiter les quantités de déchets, le prélèvement de ressources naturelles et la consommation d'énergie pour la production de verre. On favorisera aussi souvent que possible l'utilisation de verre recyclé.



Cette fiche est le fruit d'un travail collectif et n'engage en rien ses rédacteurs. Elle est libre de droit pour les utilisateurs de l'enviroBOITE.
Rédacteurs : Groupe Coopératif Matériaux - Mai 2006 / Mise à jour : décembre 2011

CARACTERISTIQUES SANITAIRES ET SANTE

La lumière naturelle évite des efforts visuels à l'origine de fatigue, douleurs oculaires, maux de tête, mauvaises postures, baisse de l'attention. La lumière régule les processus métaboliques et immunologiques, influence l'humeur et le comportement.

ELEMENTS D'ACV

Lors de la fabrication du verre, il y a émission de SO_x, NO_x, CO₂. Cependant, les économies de chauffage réalisées grâce au vitrage faiblement émissif se traduisent en diminution des émissions de CO₂, de SO_x, et de NO_x des bâtiments. L'écobilan du CO₂, parallèle à celui de l'énergie, est spectaculaire. Ceux des SO_x et des NO_x sont moins démesurés, mais restent largement positifs.

Procédé nécessitant beaucoup d'énergie. Energie grise pour la fabrication un double vitrage faiblement émissif avec remplissage à l'argon : 178 kWh / m². Pour comparaison, le cadre en PVC demande une énergie grise de 250 kWh / m².

Une fiche sur les caractéristiques environnementales et sanitaires a été faite par l'AIMCC et la chambre syndicale des fabricants de verre plat. Pour consulter les FDES : www.inies.fr/

NUISANCES

En fin de vie, le verre est classé en Déchet Industriel Banal (DIB). La récupération du verre en fin de vie permet son recyclage dans la production du verre (voir "origines des produits").

Exemple de récupération : Chantier de réhabilitation de logements La Paillade à Montpellier : Un atelier démastiquage a été installé pour séparer les vitrages des cadres. Une benne spécifique a permis la collecte du verre, qui a ensuite été conditionné sous forme de calcin et recyclé dans la production du verre.

Pour trouver une filière de recyclage :

- Fédération de la Récupération, du Recyclage et de la Valorisation : www.federec.com/
- [Cyclem](http://www.cyclem.fr/) : Syndicat national pour le recyclage du verre

ENTRETIEN MAINTENANCE

Les vitrages mis en œuvre dans le bâtiment peuvent être agressés de diverses façons : mécaniquement ou chimiquement.

- L'agression mécanique:

Tout produit dont la dureté est supérieure à celle du verre peut provoquer des rayures superficielles. Aussi il est nécessaire de se souvenir de la position du verre dans l'échelle de dureté.

- L'agression chimique:

Dans certains cas, la surface du verre peut être altérée par l'atmosphère (pollution), les eaux de lessivage chargées de composants chimiques issus des matériaux de construction (plâtre, ciment, enduit...), les produits de nettoyage des éléments environnants..., ainsi que les produits de nettoyage du verre si ces derniers sont mal adaptés.

Les vitrages doivent donc être nettoyés régulièrement avec un produit respectant la qualité du vitrage, afin de conserver une bonne transmission lumineuse. On pourra utiliser un produit nettoyant portant le label écologique européen.

Toutefois, il est important de rappeler que les concepteurs devront donc faciliter l'accès aux vitrages afin de permettre le nettoyage.

Durée de vie : > 30 ans.

CONCLUSION

Grâce au dépôt d'une couche d'oxydes métalliques sur l'une des faces intérieures du double vitrage, les pertes de chaleur par émissivité sont fortement réduites. La déperdition totale de chaleur à travers le vitrage est ainsi diminuée de plus de 40 %. Le double vitrage faiblement émissif permet d'augmenter considérablement le niveau d'isolation des baies pour un surcoût modéré.

Cependant, il est important, lors du choix d'un vitrage, de prendre en compte à la fois ses caractéristiques thermiques et lumineuses afin d'assurer une réelle économie d'énergie. Il est également important de considérer l'ensemble de la baie et non pas le vitrage seul : le choix de la menuiserie et des occultations et/ou brise-soleil est lié à celui du vitrage.

L'amélioration des performances thermiques des doubles vitrages est toutefois limitée. Pour obtenir des fenêtres encore plus isolantes, l'utilisation des triples vitrages devrait à l'avenir s'imposer, comme c'est déjà le cas dans plusieurs pays d'Europe. Un triple vitrage (4/16/4/16/4) rempli à l'Argon atteint un U_g de 0.6 W/m².K, soit deux fois moins de pertes qu'avec un double vitrage.



*Cette fiche est le fruit d'un travail collectif et n'engage en rien ses rédacteurs. Elle est libre de droit pour les utilisateurs de l'enviroBOITE.
Rédacteurs : Groupe Coopératif Matériaux - Mai 2006 / Mise à jour : décembre 2011*

Retours d'expériences

● **L'évolution du vitrage** (source : poseur de menuiserie aluminium) : il y a 25 ans, il n'existait qu'un seul type de double vitrage. Aujourd'hui il existe une infinité de double vitrage faiblement émissif ou sans, avec protection acoustique... Le retour des clients est toujours positif. En effet le passage d'un vitrage simple sur une fenêtre ancienne au double vitrage amène un confort thermique considérable. Ce type de vitrage est encore plus performant lorsqu'il est associé avec un profilé à rupture de pont thermique et pourquoi pas un feuilleté pour une meilleure isolation acoustique. Le choix d'un vitrage se fait en prenant en considération toutes les conditions d'utilisations du vitrage ainsi que son environnement. Le vitrage sera différent pour une maison en campagne éloignée de la route et abritée par des arbres qu'un appartement orienté plein sud avec vue sur le boulevard. Il faut donc faire attention au bruit, au climat, à l'ensoleillement tout au long de l'année etc. Dans le sud de la France, le double vitrage faiblement émissif est largement suffisant pour assurer un confort thermique à ses utilisateurs, il n'est pas nécessaire d'installer un triple vitrage.

BIBLIOGRAPHIE

www.verreonline.fr : tout savoir sur le verre

www.federec.com/ : Fédération de la Récupération, du Recyclage et de la Valorisation

« **Le guide de l'habitat sain** », Drs Suzanne et Pierre DEOUX, Medieco Editions

Logiciels d'aide au choix des vitrages :

- **Vitrages Décision** (CEBTP) : caractéristiques thermiques et lumineuses en fonction de l'association de verres et lame de gaz, casse thermique, vitrages ventilés, règles neige et vent...
- **Window Information System** (Windat – University College Dublin) : <http://www.windat.org/> (téléchargement gratuit) : caractéristiques thermiques et lumineuses en fonction de l'association de verres et lame de gaz.
- Logiciels fabricants disponibles gratuitement : caractéristiques thermiques et lumineuses en fonction de l'association de verres et lame de gaz.

www.emaver.com/ : site du fabricant **Emaver**

www.miroiterie-centrale.fr/ : site du fabricant **Miroiterie centrale**

www.maccariovitrage.com/ : site du fabricant **Maccario**

www.vitragecotedazur.com/ : site du fabricant **Vitrage cote d'azur**

www.interpane.net : site du fabricant **Interpane**

www.agc-glass.eu : site du fabricant **AGC Glass Europe** (ex-Glaverbel)

www.pilkington.com : site du fabricant **Pilkington**

www.saint-gobain-glass.com/fr : site du fabricant **Saint-Gobain**

www.verreonline.fr : site d'information : « portail français du verre »

www.infovitrail.com : site d'information sur le verre

www.inies.fr/ : fiches de déclarations sanitaires et environnementales

www.verreonline.fr/enviro/org.php Syndicat national pour le recyclage du verre

