

## Vitrage Solaire Robin Sun : un nouveau vitrage multifonction

➤ ROBIN SUN SOLAR GLAZING : A NEW MULTIFUNCTION GLAZING

JEAN-MARC  
ROBIN

ROBIN SUN,  
STRASBOURG

BERNARD  
FLAMENT

INSA DE  
STRASBOURG

APRÈS CINQ ANNÉES DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT RÉALISÉS AVEC LE SOUTIEN DE LA RÉGION ALSACE, EN PARTENARIAT AVEC L'INSA DE STRASBOURG, DES PARTENAIRES INDUSTRIELS ET CENTRES D'ESSAIS LEADER EN EUROPE, LA SOCIÉTÉ ROBIN SUN A MIS SUR LE MARCHÉ DÉBUT 2005 UN NOUVEAU VITRAGE MULTIFONCTION : LE VITRAGE SOLAIRE.

After five years of research and development carried out in partnership with the INSA of Strasbourg, industrial partners and testing centers leader in Europe, the company Robin Sun put on the market at the beginning of 2005 a new multifunction glazing: the Solar Glazing.

### PRÉSENTATION DU VITRAGE SOLAIRE

Le Vitrage Solaire Robin Sun est un double vitrage à isolation renforcée, transparent sur 40% de sa surface, cumulant les quatre fonctions suivantes :

- isolation thermique
- éclairage naturel
- contrôle solaire (occultation variable en fonction des saisons)
- capteur solaire thermique.

nium, PVC) compatibles avec son épaisseur (40 mm en standard).

### COMPOSITION ET FONCTIONNEMENT

Sa conception est un compromis entre les performances des différentes fonctions.

La figure 1 donne la composition du Vitrage Solaire Robin Sun.

- d'un verre extérieur extra blanc, trempé, de 4 mm d'épaisseur
- d'un verre intérieur feuilleté type 44-2<sup>1</sup> d'environ 8.8 mm d'épaisseur, dont la face 3 (numérotation des faces en partant de l'extérieur, illustration sur les figures 2 et 3) est recouverte d'un dépôt argentique à faible émissivité (Arcon N41)



Ce vitrage s'intègre en lieu et place des parois opaques (augmentation de l'éclairage naturel) ou de baies vitrées (réduction des apports solaires directs en été). Il s'insère dans des profils de menuiserie (bois, alumi-

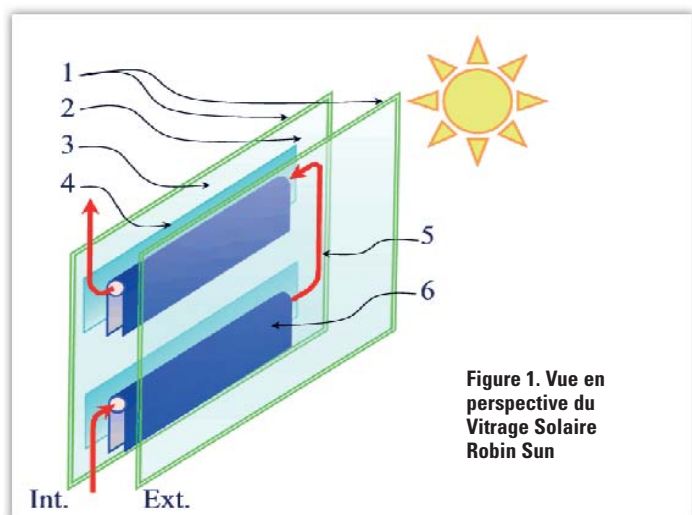


Figure 1. Vue en perspective du Vitrage Solaire Robin Sun

Il se compose dans sa version standard :

**> d'un double vitrage, d'une épaisseur de 39.8 mm, constitué :**

- d'un intercalaire composite (Thermix : thermoplastique à rupture de pont thermique avec âme en inox) de 27 mm

<sup>1</sup> Le verre 44-2 assure en cas de bris la protection contre la chute des personnes lors d'un montage en allège, pour une surface inférieure de 2.5 m<sup>2</sup>.

- remplissage de dessiccants sur 3 des 4 côtés
- remplissage à 90% minimum de krypton
- double étanchéité du vitrage par joint butyle et polyuréthane

**> d'un élément capteur solaire thermique composé :**

- d'un serpentín en cuivre monobloc de diamètre 8\*7 mm
- d'absorbéurs sélectifs en aluminium (Alanod-Mirotherm) épaisseur 0.5 mm, clipsés sur le serpentín et possédant un revêtement sélectif à très faible émissivité
- d'une étanchéité par thermoplastique (joints FEP) qui assure le passage étanche des tuyauteries au travers de l'écarteur (testé et validé suivant la norme NF EN 1279-2)

**> de réflecteurs argentiques** déposés sous vide au droit des absorbéurs sur la face 3, par dessus la couche à faible émissivité. Ils ont pour objectif de détourner une partie du flux solaire au profit des absorbéurs. Réfléchissant également du côté intérieur, ils augmentent la sensation d'espace et reprennent la lumière intérieure tout en masquant l'essentiel de l'élément capteur vu de l'intérieur.

Suivant cette composition, le flux solaire incident traversant le vitrage se décompose en essentiellement trois parties :

- une première partie traverse entièrement le vitrage et constitue un gain passif pour la pièce adjacente
- une seconde partie est réfléchiée par les réflecteurs argentiques sur l'absorbéur sélectif

- une troisième partie, quasiment constante, est directement interceptée par l'absorbéur sélectif.

Les deuxième et troisième composantes constituent le gain solaire actif.

Avec l'augmentation de la hauteur solaire, la première composante diminue au profit de la seconde. Ceci correspond à la fonction contrôle solaire qui favorise ainsi le passage du soleil en hiver ou demi-saison et limite, jusqu'à supprimer, les apports solaires directs en été (occultation totale au-delà de 60° de hauteur solaire). Cet effet est à rapprocher de celui d'un store vénitien.

Trois dimensions standards sont actuellement proposées : largeur 1016 mm, hauteur 732 mm ou 1292 mm ou 1432 mm.

**PERFORMANCES**

Le Vitrage Solaire Robin Sun compose l'enveloppe du bâtiment. Il participe en cela directement à son isolation thermique. Ses fonctions de capteur solaire thermique et de contrôle solaire conduisent à obtenir des effets combinés actifs et passifs.

**Isolation thermique**

L'évaluation du niveau d'isolation thermique a été établie par le calcul de son coefficient de transmission thermique  $U_v$ , compte tenu de son hétérogénéité

définie comme suit :

- une première zone d'aire  $S_1$ , définie au droit du serpentín, caractérisée par un coefficient d'échange  $U_{-1}$
- une deuxième zone d'aire  $S_2$ , définie au droit des ailettes de l'absorbéur, caractérisée par un coefficient d'échange  $U_{-2}$
- une troisième zone, d'aire  $S_3$ , définie au droit de la partie transparente, caractérisée par un coefficient d'échange  $U_{-3}$ .

Compte tenu :

- de la faible conductivité thermique du Krypton ( $0.0093 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ ),
- des faibles émissivités de la face extérieure du verre intérieur (face 3, 4%), et de l'absorbéur sélectif (5%) revêtant les ailettes,
- de la géométrie des ailettes jouant le rôle d'un double écran radiatif, le coefficient de transmission thermique moyen du Vitrage Solaire Robin Sun est de  $0.6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ .

**Contrôle solaire - gain passif**

Le flux solaire net apporté au local, dû à l'éclairage solaire du vitrage, est en fait la somme de trois composantes (figure 3) :

- une première composante qui correspond à la transmission optique
- une deuxième composante qui correspond à la ré-émission thermique par convection et

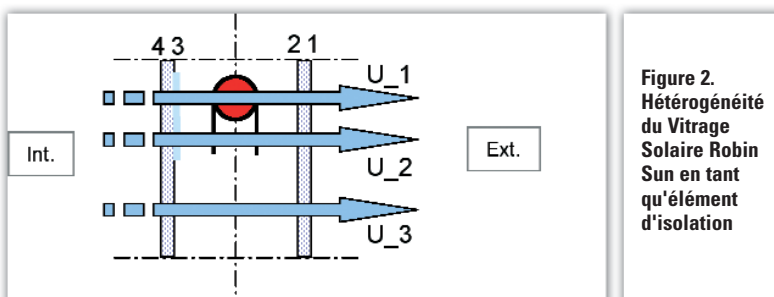


Figure 2. Hétérogénéité du Vitrage Solaire Robin Sun en tant qu'élément d'isolation

rayonnement infrarouge

- une troisième composante qui correspond aux échanges entre l'élément capteur solaire thermique et l'ambiance intérieure.

Cette dernière composante représente les pertes du Vitrage Solaire Robin Sun, dans sa fonction de capteur solaire actif, au travers du verre intérieur.

Les deux premières composantes sont regroupées et s'expriment par l'intermédiaire d'un facteur solaire (noté g) qui représente alors le pourcentage de flux net transmis au local relativement au flux solaire incident.

Les valeurs expérimentales établies par le Fraunhofer-ISE (Institut für Solare Energiesysteme) de Freiburg ont été obtenues conformément au protocole Européen -Altset définissant les conditions de mesures calorimétriques dans les vitrages multifonctions<sup>2</sup>.

L'évolution de g en fonction de l'angle d'incidence est donnée sur le graphe de la figure 4.

### Capteur solaire thermique

La caractérisation en tant que capteur solaire ther-

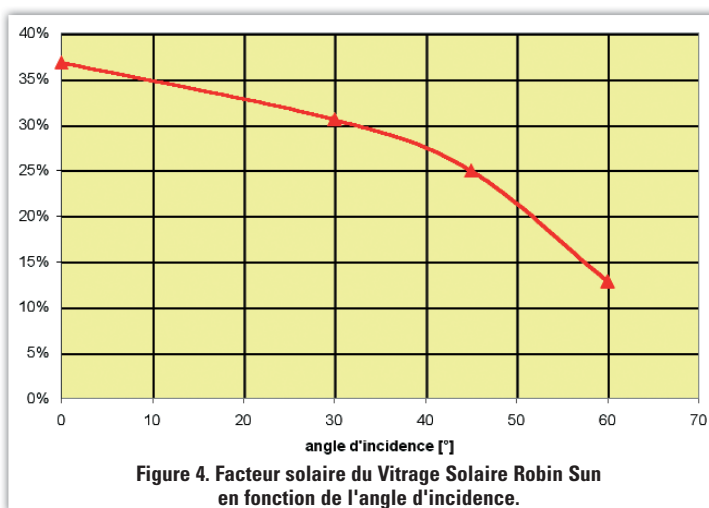


Figure 4. Facteur solaire du Vitrage Solaire Robin Sun en fonction de l'angle d'incidence.

Cette courbe quantifie le rôle des réflecteurs argentiques (face 3), mis en place pour réaliser une occultation en fonction de la hauteur solaire.

Les pertes thermiques de l'élément capteur solaire vers l'ambiance intérieure sont inférieures à 5% du flux solaire incident.

mique a été réalisée par le TZS (Forschungs- und Testzentrum für Solaranlagen) qui est le département mesure de l'ITW (Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik) de Stuttgart, suivant la norme européenne EN 12975-2.

Le Vitrage Solaire Robin Sun possède deux particularités dans sa fonction de capteur solaire thermique, à savoir :

- l'évolution du rendement en fonction de l'angle d'incidence
- l'expression des pertes thermiques.

### Evolution du rendement en fonction de l'angle d'incidence

Les essais ont permis de déterminer :

- le rendement optique ( $\eta_0$ ), pour une incidence normale,
- les coefficients de pertes thermiques,  $a_1$  et  $a_2$ ,
- les facteurs d'angle d'incidence verticaux et

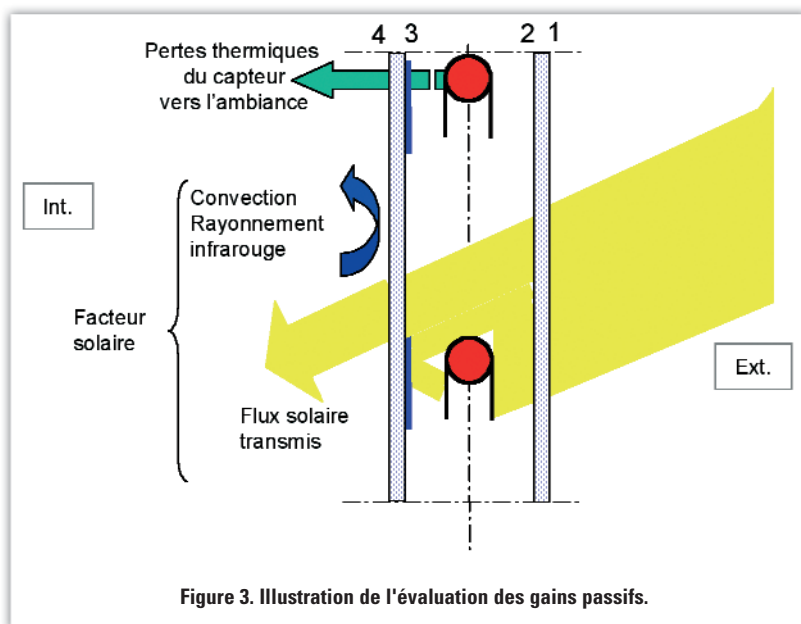


Figure 3. Illustration de l'évaluation des gains passifs.

<sup>2</sup> Famille technologique dont relève le vitrage solaire Robin Sun (complex glazing)

horizontaux.

Ces facteurs d'angle d'incidence ( $K_0$  ou IAM) sont des coefficients correcteurs permettant de calculer le rendement optique pour tous les angles d'incidence solaire.

Ces coefficients ont été déterminés en distinguant :

- les composantes directes et diffuses du rayonnement solaire,
- les composantes *transversale* et *longitudinale* du rayonnement direct incident, comme illustré sur la figure 5.

Les valeurs du coefficient transversal se distinguent de celles d'un capteur solaire plan vitré pour lequel les coefficients transversal et longitudinal sont identiques et typiquement en évolution décroissante tel que décrit ici sur la courbe longitudinale.

Cette spécificité liée à la présence des réflecteurs sur la face 3 (illustration sur les figures 2 et 3) conduit à ce que le Vitrage Solaire Robin Sun (dans sa fonction de capteur solaire thermique)

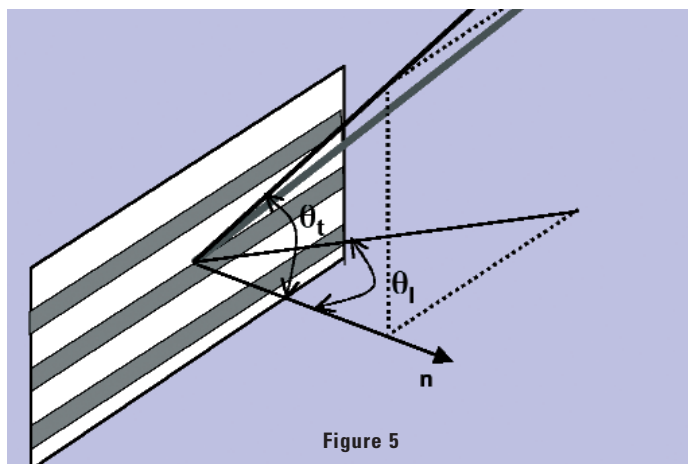


Figure 5

Les coefficients d'angle d'incidence issus des essais sont donnés par les courbes de la figure 6.

a sensiblement la même productivité qu'un capteur solaire plan positionné en façade verticale<sup>3</sup>.

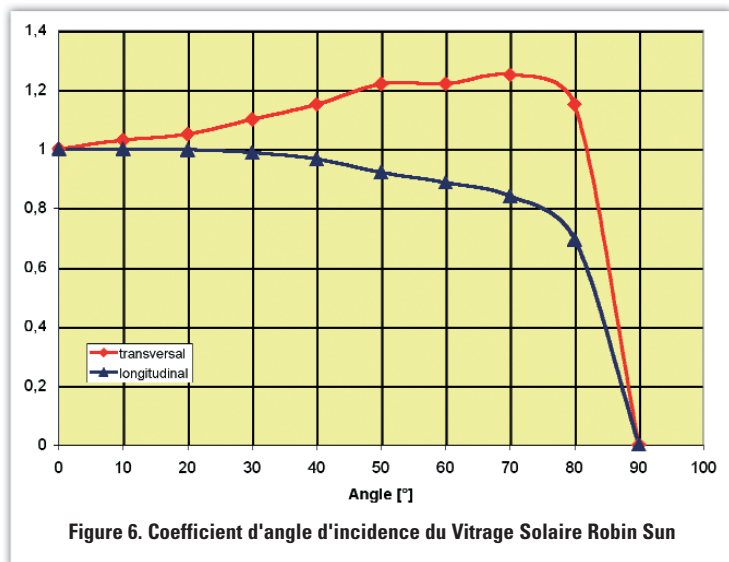


Figure 6. Coefficient d'angle d'incidence du Vitrage Solaire Robin Sun

### Expression des pertes thermiques

Une spécificité du Vitrage Solaire Robin Sun, dans sa fonction de capteur solaire, est d'avoir une de ses faces en contact avec une ambiance intérieure.

Ainsi les pertes thermiques de l'élément capteur solaire du vitrage vers l'ambiance sont un gain d'énergie pour cette ambiance (voir figure 3).

Le caractère isolant du vitrage limite cependant ce gain à quelques % du flux solaire incident.

### Performances globales

Ce produit est un élément de construction à part entière qui possède à la fois une fonction passive et active. C'est-à-dire que l'énergie solaire incidente est utilisée :

- directement par transmission pour constituer un apport gratuit d'énergie,
- pour produire de l'énergie sous forme d'eau chaude.

La répartition des énergies passive et active dépend de la surface de vitrages solaire et de la saison.

La *productivité* globale du Vitrage Solaire Robin Sun est en moyenne sur l'année égale à la productivité du capteur solaire intégré augmentée d'environ 15%.

### EXEMPLES DE PRESCRIPTION

La prescription est actuellement basée sur la fonction capteur solaire thermique du vitrage solaire.

<sup>3</sup> Comparaison sur Nancy avec des capteurs solaires "Viessmann-Vitosol S1.7", orientation Sud, inclinaison verticale.

Elle se limite donc à la détermination des surfaces de Vitrage Solaire Robin Sun en fonction :

- de l'utilisation de l'énergie solaire récupérée (sous forme d'eau chaude) : production d'eau chaude sanitaire, chauffage et production d'eau chaude sanitaire,
- des besoins énergétiques (eau chaude, chauffage).

Les fonctions d'isolation thermique et de contrôle solaire doivent être intégrées dans l'évaluation des besoins énergétiques (chauffage).

Le dimensionnement est basé sur un compromis entre le taux d'économie et le coût d'investissement.

Quel que soit le système, l'orientation à privilégier est le sud.

La surface de vitrage solaire considérée dans la phase dimensionnement est la surface d'ouverture ou surface de clair. L'intégration des vitrages solaires dans une façade doit tenir compte de la dimension des menuiseries associées.

### CAS D'UN CHAUFFE EAU SOLAIRE

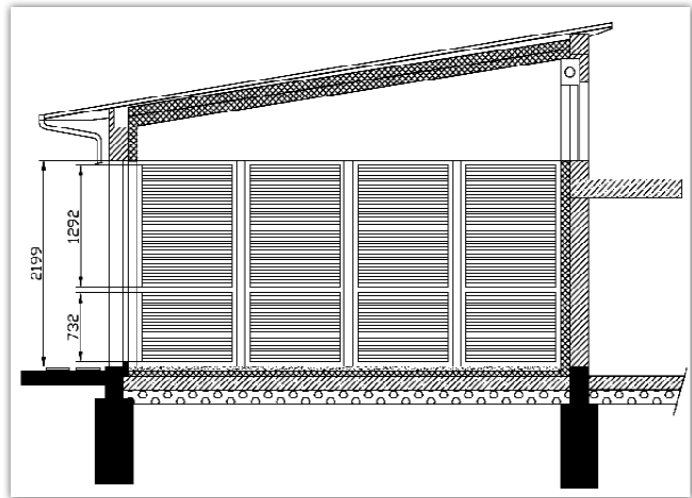
L'utilisation du vitrage pour une production d'eau chaude sanitaire individuelle implique son raccordement à une installation solaire classique constituée pour l'essentiel d'un ballon de stockage (préparateur ECS), d'une station solaire (pompe, régulation, vase d'expansion).

#### Exemple d'étude

Etude réalisée dans le cadre d'une extension de 70 m<sup>2</sup> d'une maison individuelle, base météo Mulhouse (68) :

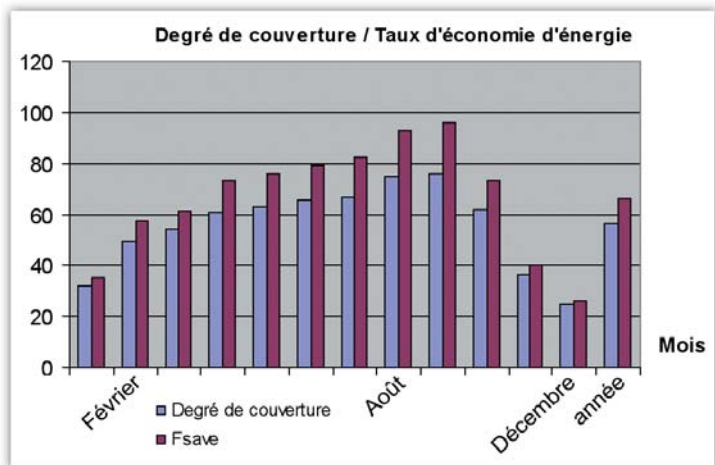
- besoins d'ECS : 150 l/jour à 55°C
- surface de vitrages solaires : 7,7 m<sup>2</sup>
- orientation des vitrages : Sud
- volume de stockage : 300 litres
- résistance d'appoint : 5 kW

a) Vue de l'intégration des vitrages solaires sur la façade sud de l'extension



b) Résultats

- besoins d'énergie pour la production d'eau chaude : 2850 kWh/an
- énergie solaire active valorisée : 1990 kWh/an
- énergie d'appoint consommée : 1500 kWh/an
- taux de couverture et d'économie d'énergie : > 60% par an.



Remarques :

Le taux de couverture est le rapport entre l'énergie solaire valorisée et l'ensemble de la fourniture d'énergie

(appoint + solaire).  
Le taux d'économie d'énergie est le rapport entre l'énergie solaire valorisée et l'ensemble des besoins.

Bien que l'utilisation du Vitrage Solaire Robin Sun, dans ce projet, soit centrée sur l'eau chaude sanitaire, les gains passifs engendrés par le vitrage sont utilisés pour couvrir une partie des besoins de chauffage. La répartition actif/passif est donnée sur le graphe suivant :

basse ( $< 60 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{an}$ ) ou très basse consommation d'énergie,

- pour des bâtiments dotés d'un chauffage à basse température ou d'un gros volume d'accumulation (chauffage bois).

Le dimensionnement d'un système solaire combiné, doit se faire à partir de la connaissance des besoins de chauffage et d'eau chaude du bâtiment.

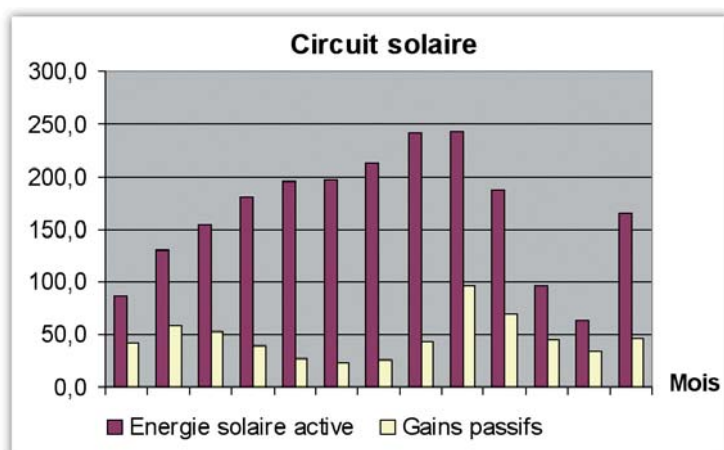
Les besoins de chauffage doivent être évalués en tenant compte des fonc-

tions isolation et contrôle solaire du vitrage solaire Robin Sun.

### Exemple d'intégration architecturale

Ci-dessous un exemple d'intégration de vitrages solaires dans un projet de construction d'un bâtiment tertiaire en région parisienne.

Ce projet d'intégration, d'environ  $30 \text{ m}^2$  de vitrages solaires, est en cours d'étude. Les vitrages solaires seraient associés à un système solaire combiné. Ils permettraient de couvrir plus de 20 % des besoins annuels de chauffage <sup>n</sup>



Les gains passifs représentent 20% de l'énergie solaire totale (passif plus actif) sur l'année, ce taux atteint 30% en hiver et descend à 9% en été. L'évolution de ce ratio illustre bien la gestion des apports solaires directs en fonction des saisons.

### CAS D'UN SYSTÈME SOLAIRE COMBINÉ

Les systèmes solaires combinés assurent à la fois la production d'eau chaude sanitaire et le chauffage du bâtiment.

Ces systèmes sont tout à fait pertinents :

- pour des bâtiments à

Conception : AARC B. Bosco -  
B. Bosco Architecte DPLG Ingénierie HQE  
Teckne Ingénierie - BET et Ingénierie HQE

