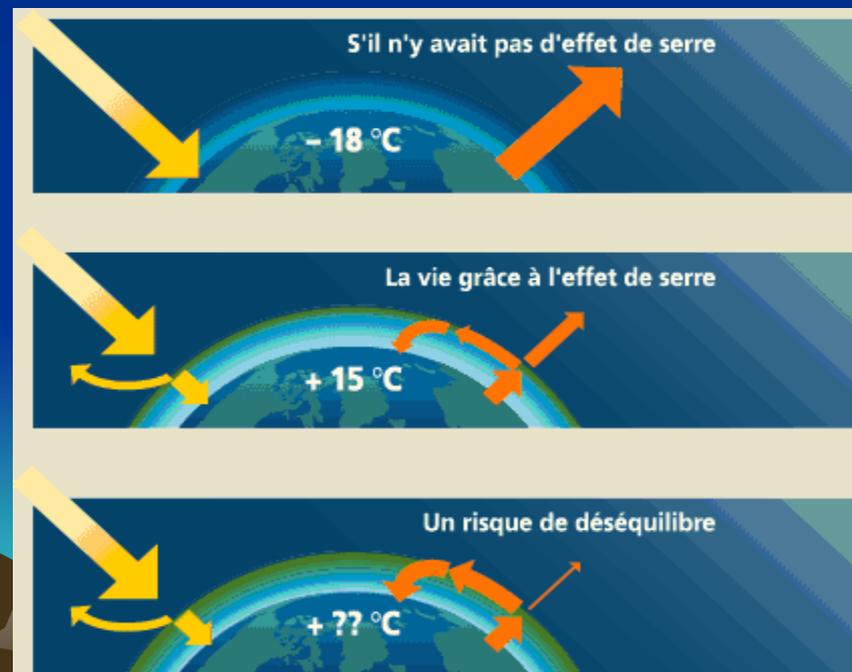


Environnement et énergies renouvelables



- La chaleur qui provient de la Terre n'est pas capable d'échapper dans l'espace parce qu'elle est emprisonnée par les gaz à effet de serre dans l'atmosphère.



DIMENSIONNEMENT INSTALLATION PHOTOVOLTAIQUE CRITERES DIMENSIONNEMENT

La consommation d'électricité

La surface disponible

Le budget

Grandeurs clés

1 kWc (polycristallin)

8m²

850 kWh/an x facteur correctif

6000€ HTVA

EXEMPLE DE DIMENSIONNEMENT

Consommation **3600 kWh/an**

Toiture orientée SUD-EST, Inclinaison capteurs 35° →
facteur 0,95

1 kWc produira 808 kWh/an ($850 \times 0,95$)

Puissance nécessaire **$3600 \text{ kWh} / 808 = 4,45 \text{ kWc}$**

A $8 \text{ m}^2/\text{kWc}$, surface nécessaire **$4,45 \times 8 \text{ m}^2 = 36 \text{ m}^2$**

Coût total **$4,45 \times 6000\text{€} = 26700\text{€ HTVA}$**



Les capteurs solaires

Les capteurs solaires ou les systèmes solaires permettant la transformation du rayonnement solaire en CHALEUR.



Les différents types de capteurs solaires

1-Les capteurs sans vitrage

2-Les capteurs plans vitrés

3-Les capteurs à tubes sous vide

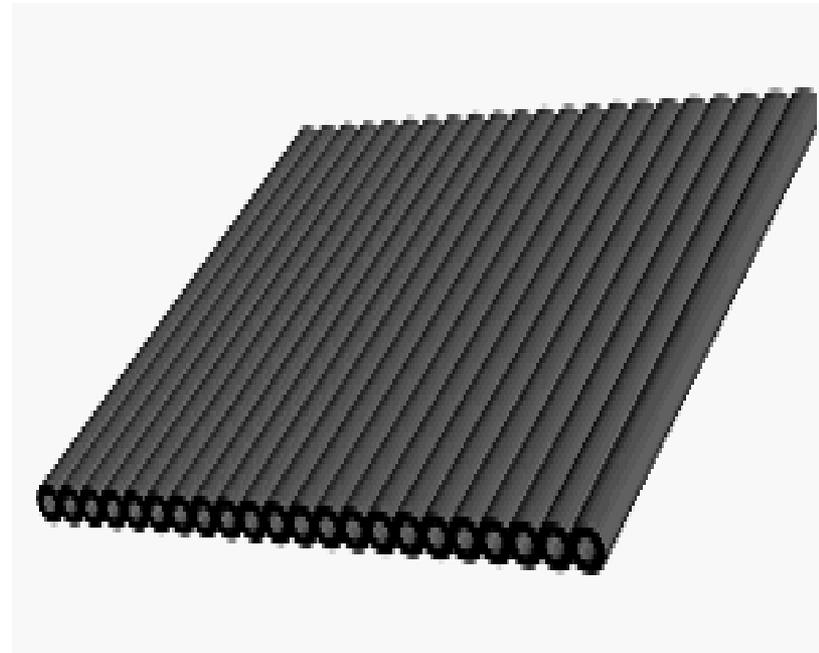
1-Les capteurs sans vitrage

capteurs "moquette"

- CONSTITUÉ D'UN CAOUTCHOUC SOUPLE TRÈS RÉSISTANT

-un très bon rendement pour les températures proches de la température de l'air ambiant

Il ne permet pas de produire d'eau chaude sanitaire.



Utilisable en été pour basse température(moins de 30°C)

1- Les "tuyaux" noirs



facilité de mise en œuvre

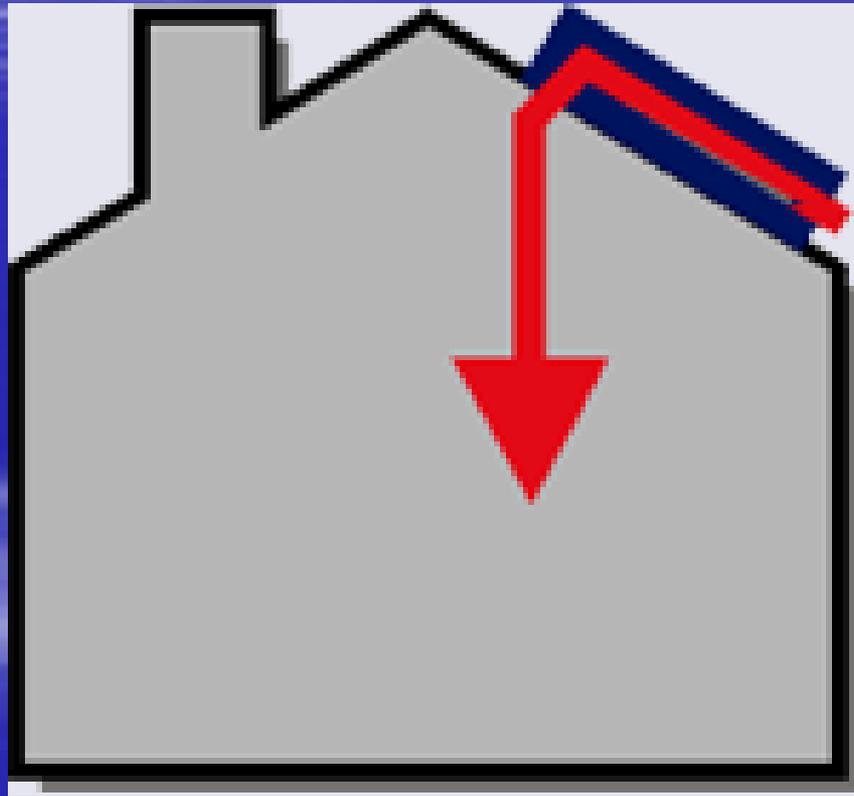
COÛT D'ENVIRON 100 €/M².



1.2 Les capteurs à air pour le séchage



utilisation



1.3 Les capteurs sans vitrage à absorbeur métallique

températures un peu plus élevées que les capteurs « moquette »

capteur plan non vitré en acier à revêtement sélectif

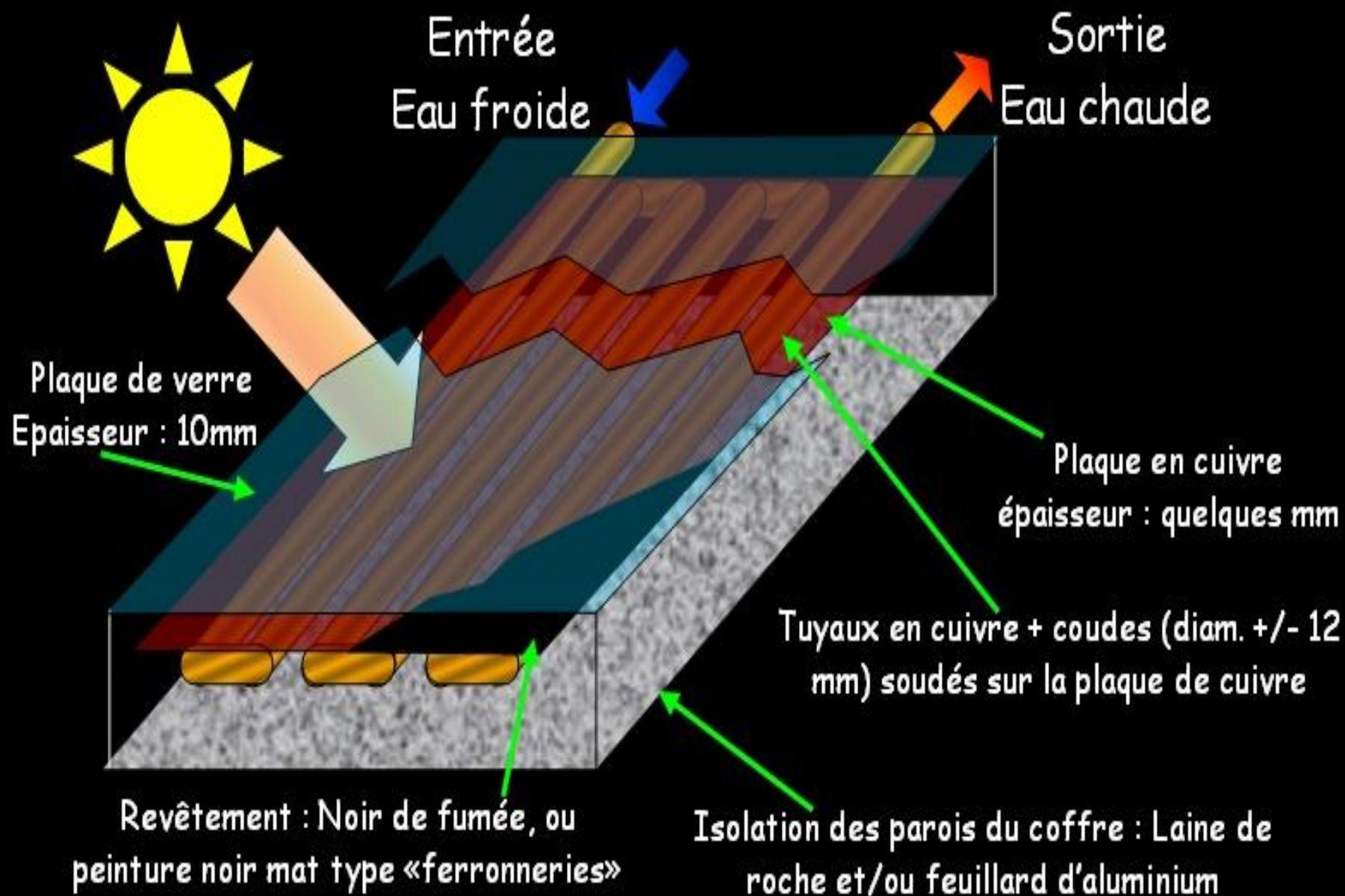


2. Les capteurs plans vitrés



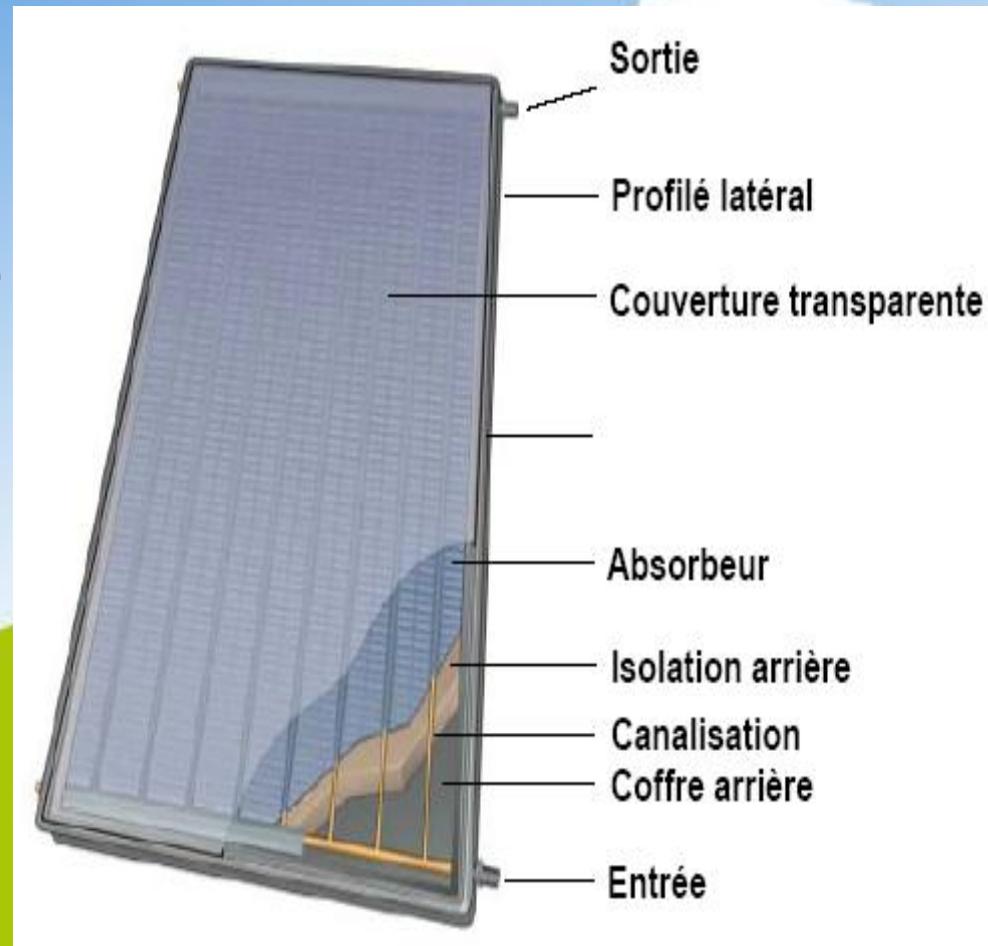
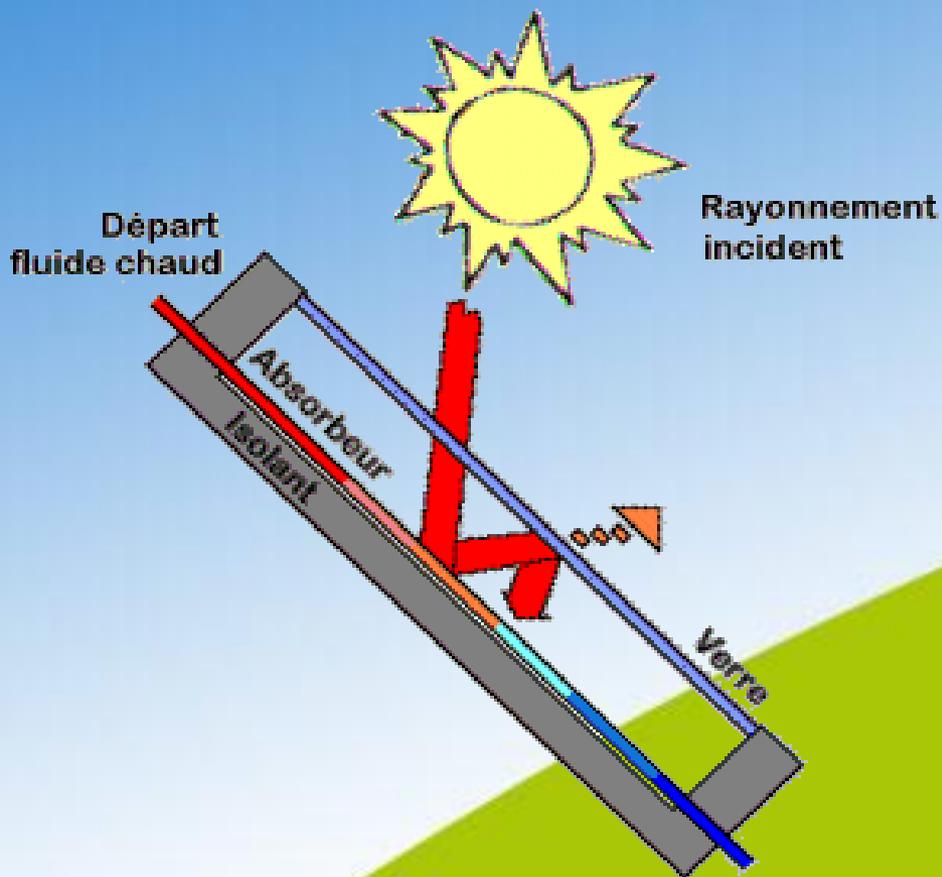
Le capteur plan est le capteur le plus répandu et le mieux adapté aux besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments.

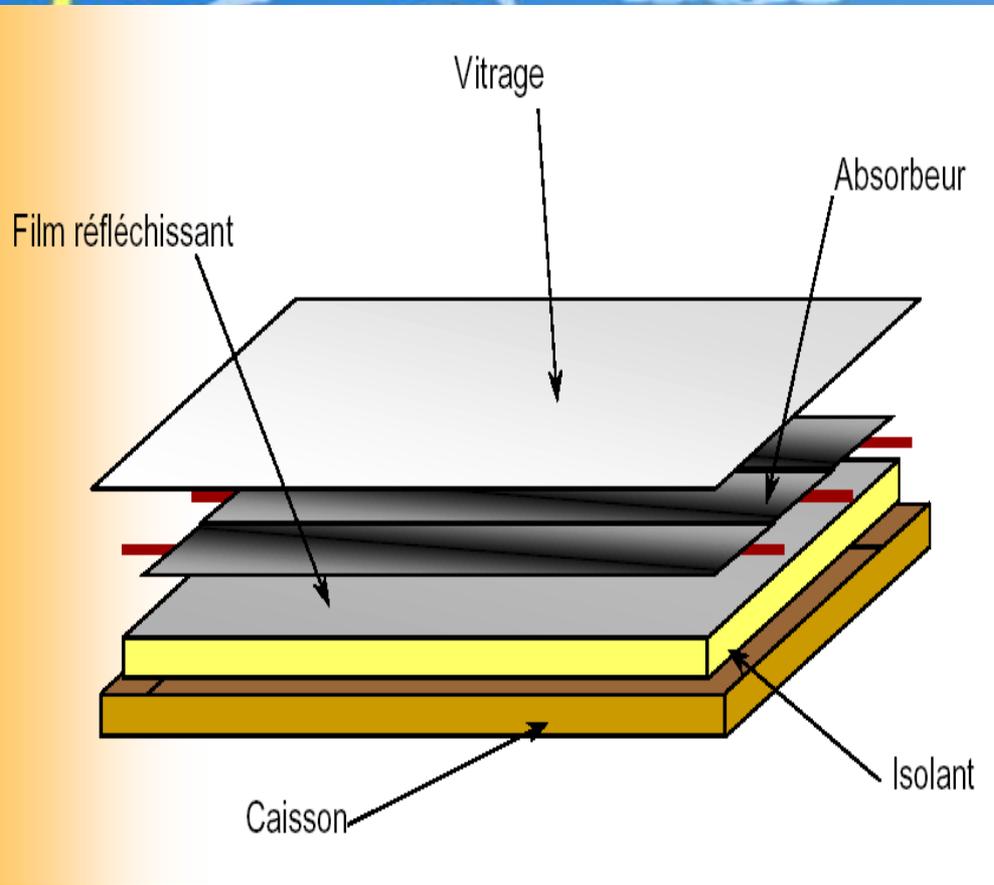
Utilisable pour températures Moyennes (20 à 70 °c)



Fabrication d'un panneau solaire thermique

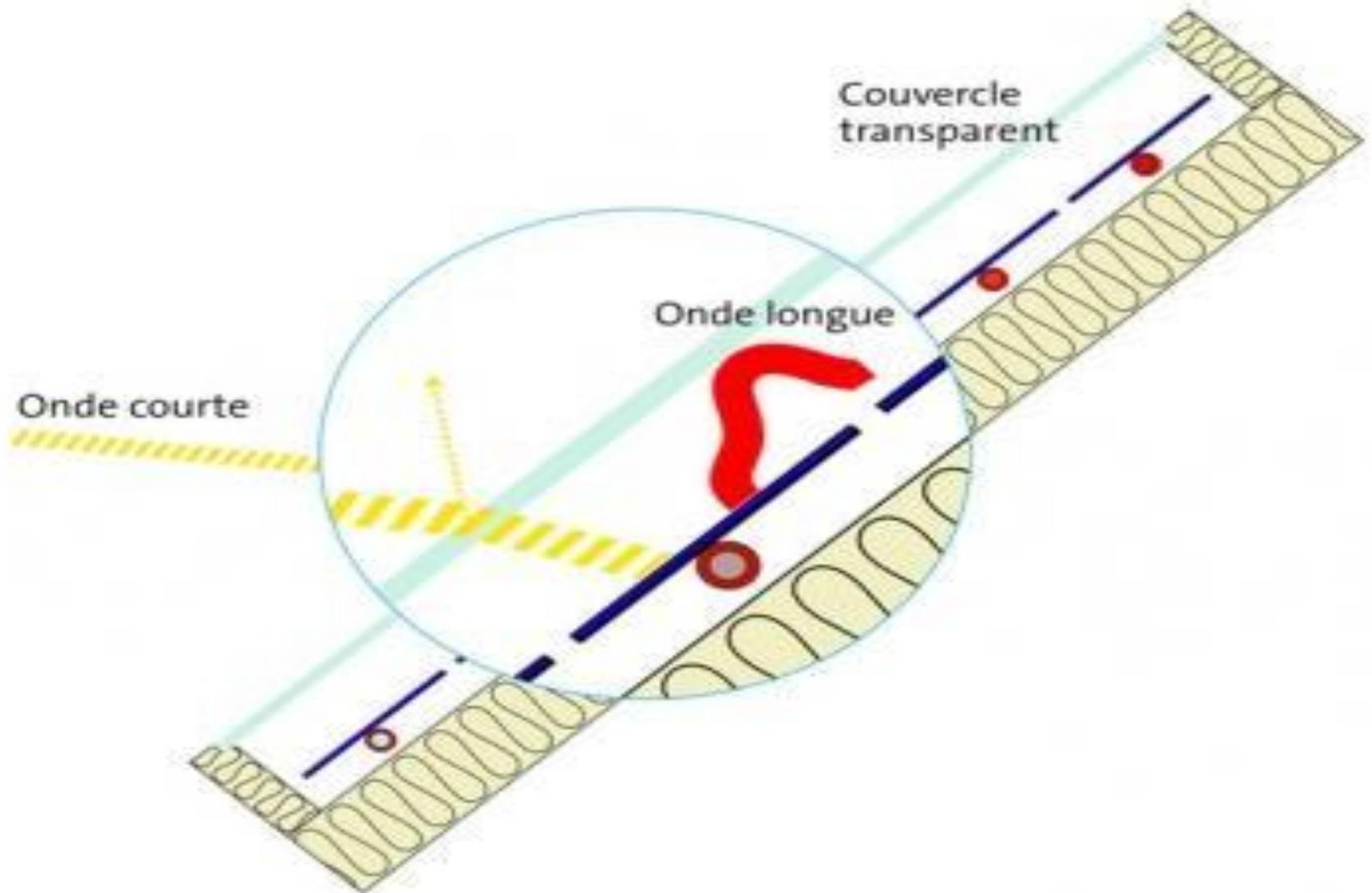
Principaux constituants d'un capteur plan



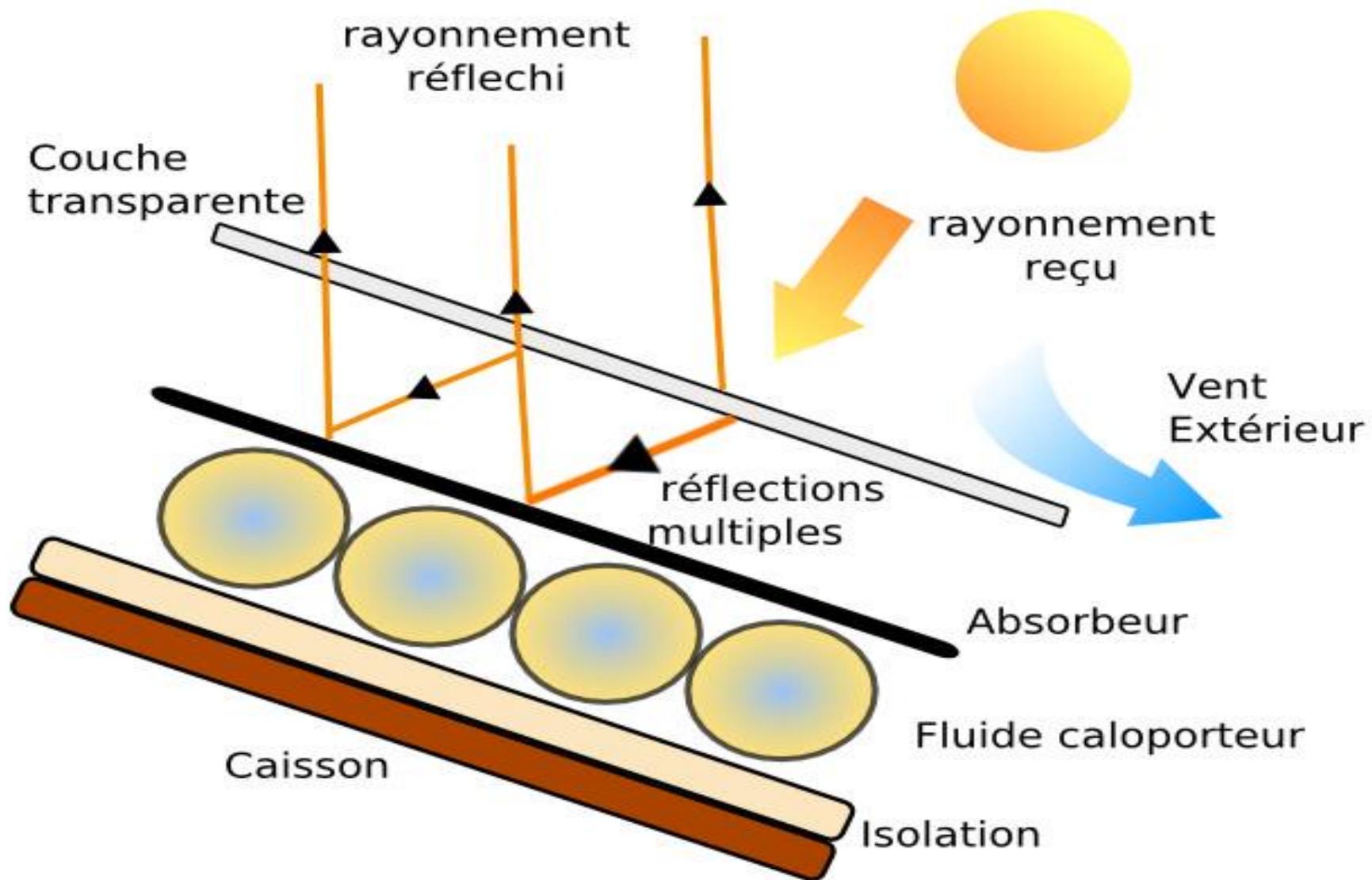


Détail des composants du capteur plan vitré

Principe du capteur plan



Principe de fonctionnement



Ta :
température
extérieure

Pertes par
convection

Ts : température sortie
Fluide caloporteur

Flux incident =>
Eng
UV, Visible et
Infra rouge court
(0.3 et 2 μm)

Pertes par
rayonnement

Pertes par
réflexion

Flux réfléchi
Infra Rouge long
(3 et 20 μm)

Flux ou puissance
absorbé

Te : température
entrée
Fluide caloporteur

FONCTIONNEMENT D'UN CAPTEUR SOLAIRE

Puissance utile = puissance absorbée – pertes thermiques (W)

$$P_u = P_a - P_r$$

Les pertes calorifiques déterminent le rendement thermique du capteur

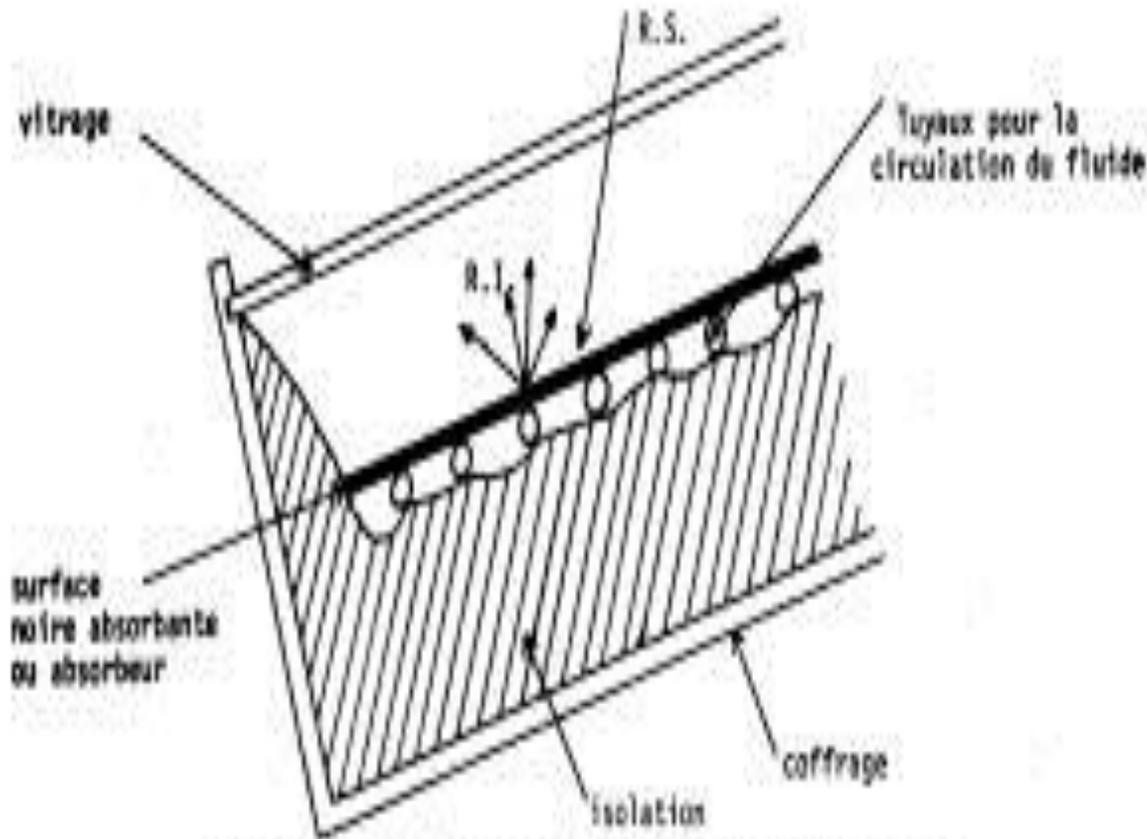


Fig. 3.17. - Coupe schématisée d'un capteur à convection naturelle sans convection

Elles sont fonction de:

- l'écart de température entre surf noir et l'aire exeterieure

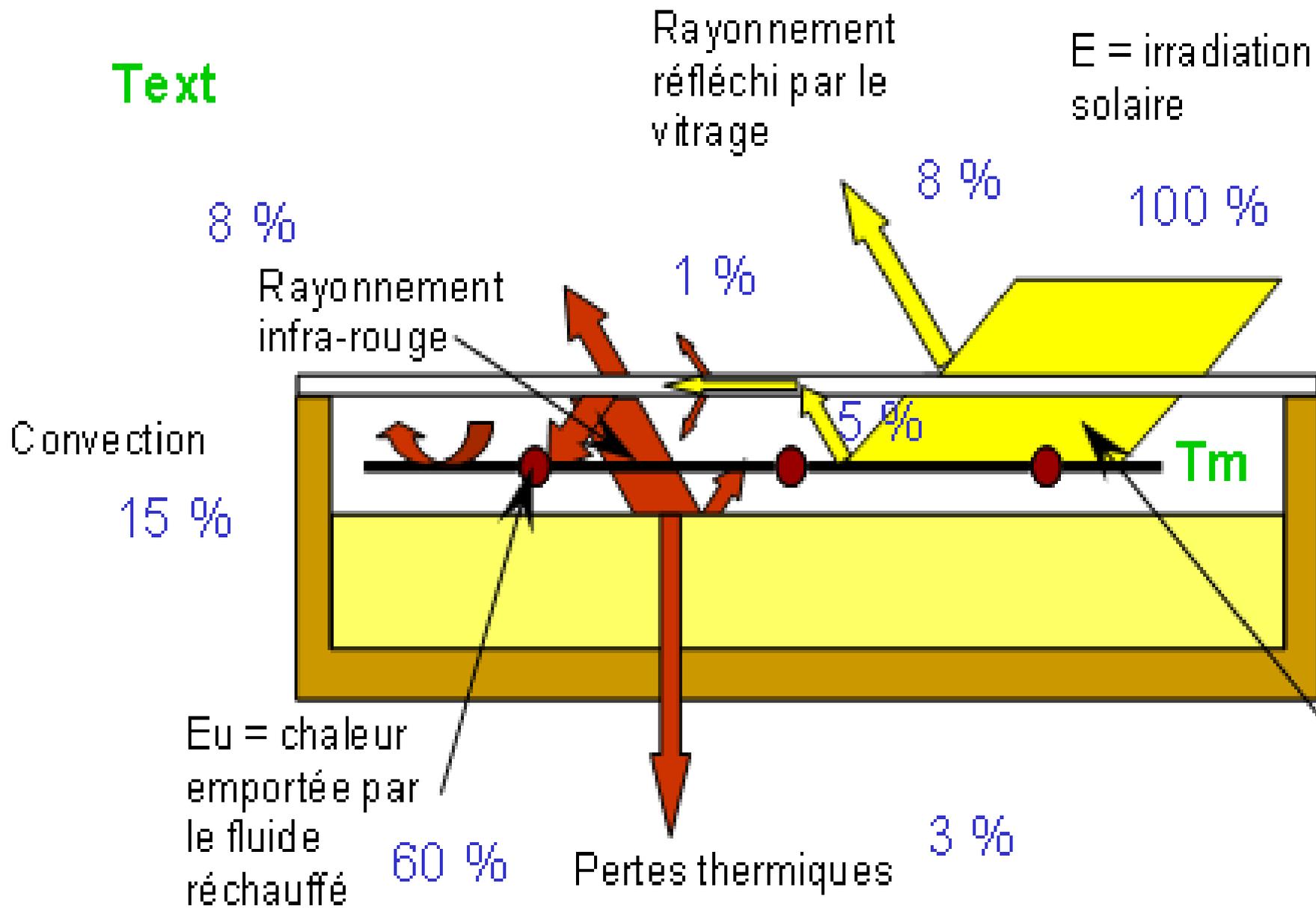
- procédé de traitement de la surface noire

émission calorifique:
(0.2 W / m².°K
(en recherche)

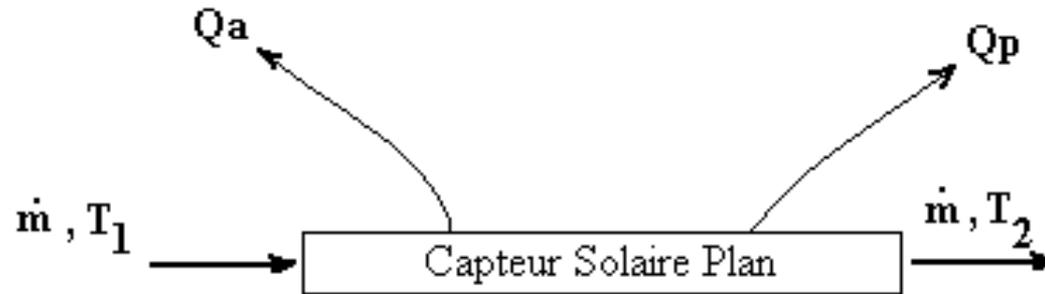
- Les capteurs fabriqués de cette manière peuvent atteindre des températures proches de 200°C

bilan thermique d'un capteur

Text



• Bilan thermique sur le capteur



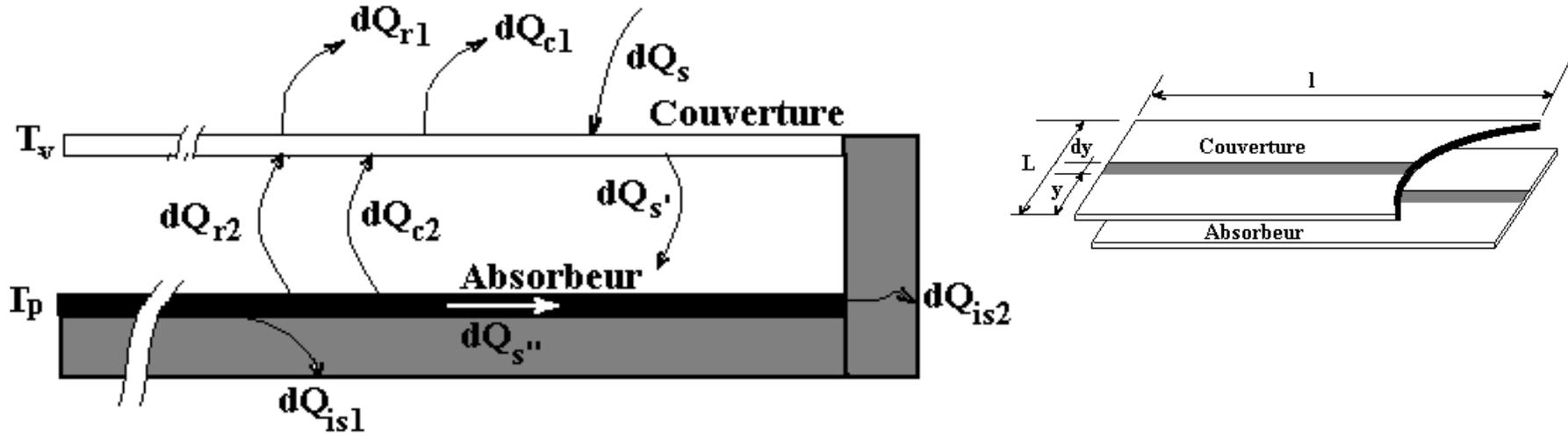
$$dQ_u = dQ_a - dQ_p$$

Q_a : Puissance solaire nette absorbée par la plaque

Q_p : Puissance thermique perdue vers l'extérieur

Q_u : Puissance thermique utile récupérée par le fluide

• Bilan thermique sur le capteur



dQ_s : Eclairement solaire incident.

$dQ_{s'}$: Eclairement solaire transmise du couvret vers l'absorbeur.

$dQ_{s''}$: Eclairement solaire absorbée par l'absorbeur.

dQ_{r1} : Energie perdue par rayonnement du couvret vers le ciel.

dQ_{c1} : Energie perdue par convection du couvret due à l'effet du vent.

dQ_{r2} : Energie perdue par rayonnement de l'absorbeur vers le couvret.

dQ_{c2} : Energie perdue par convection de l'absorbeur vert la couvret

dQ_{is1} : Energie perdue par conduction à travers l'isolation arrière.

dQ_{is2} : Energie perdue par conduction à travers l'isolation latérale.

dQ_u : Energie nette récupérée par l'absorbeur

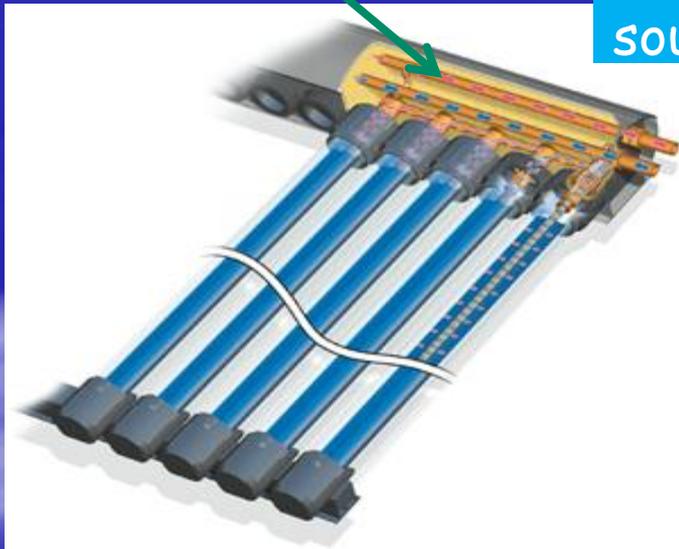
3. Les capteurs à tubes sous vide

Utilisable pour haute température (60 à 160°C)

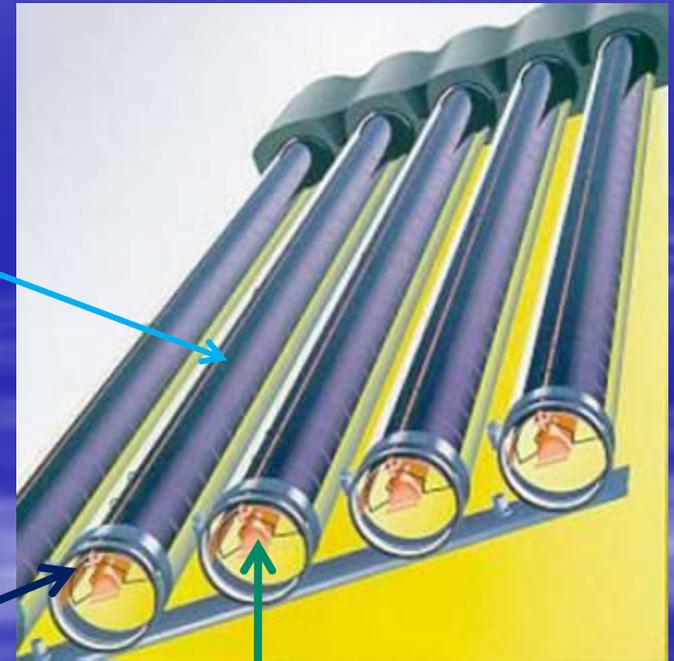


Principe de capteurs solaires sous vide

Collecteur



Tube de verre sous-
vide



échangeur



Le bout du tube est argenté si le vide est effectif,
si non il devient blanc

1. Le capteur à tube sous vide à circulation directe



Photo et réalisation Atouts service
Matériel Viessmann : VITOSOL 200

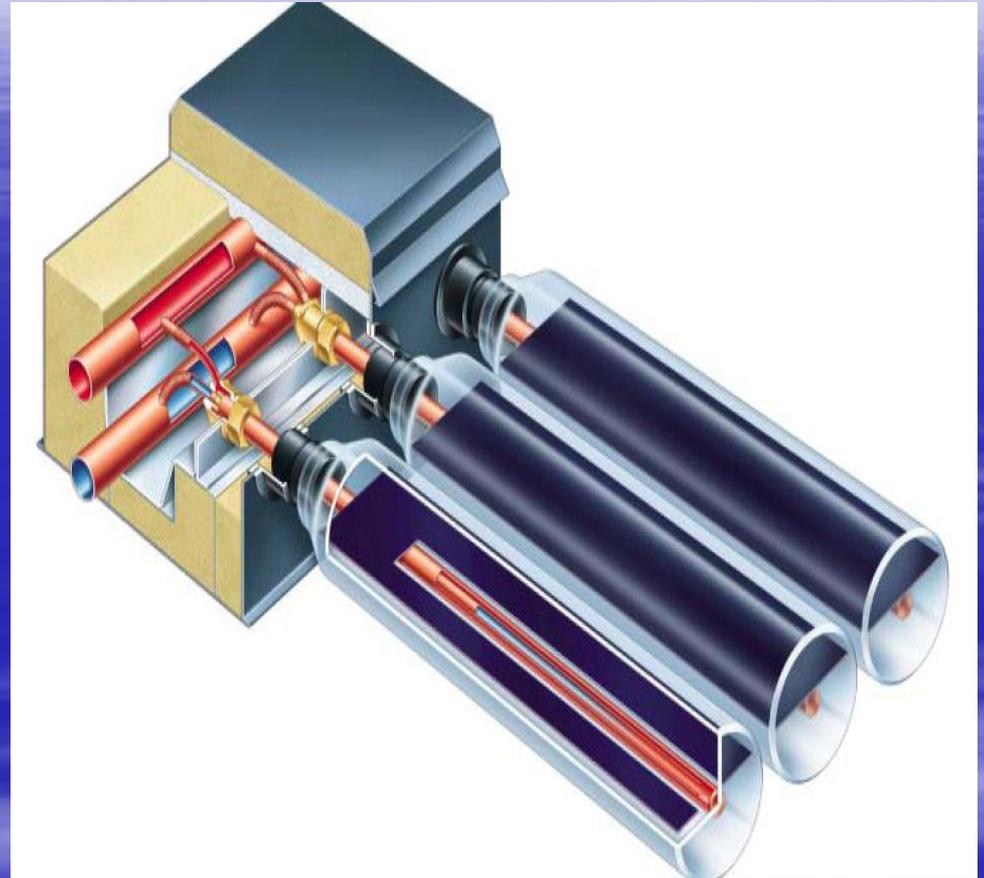
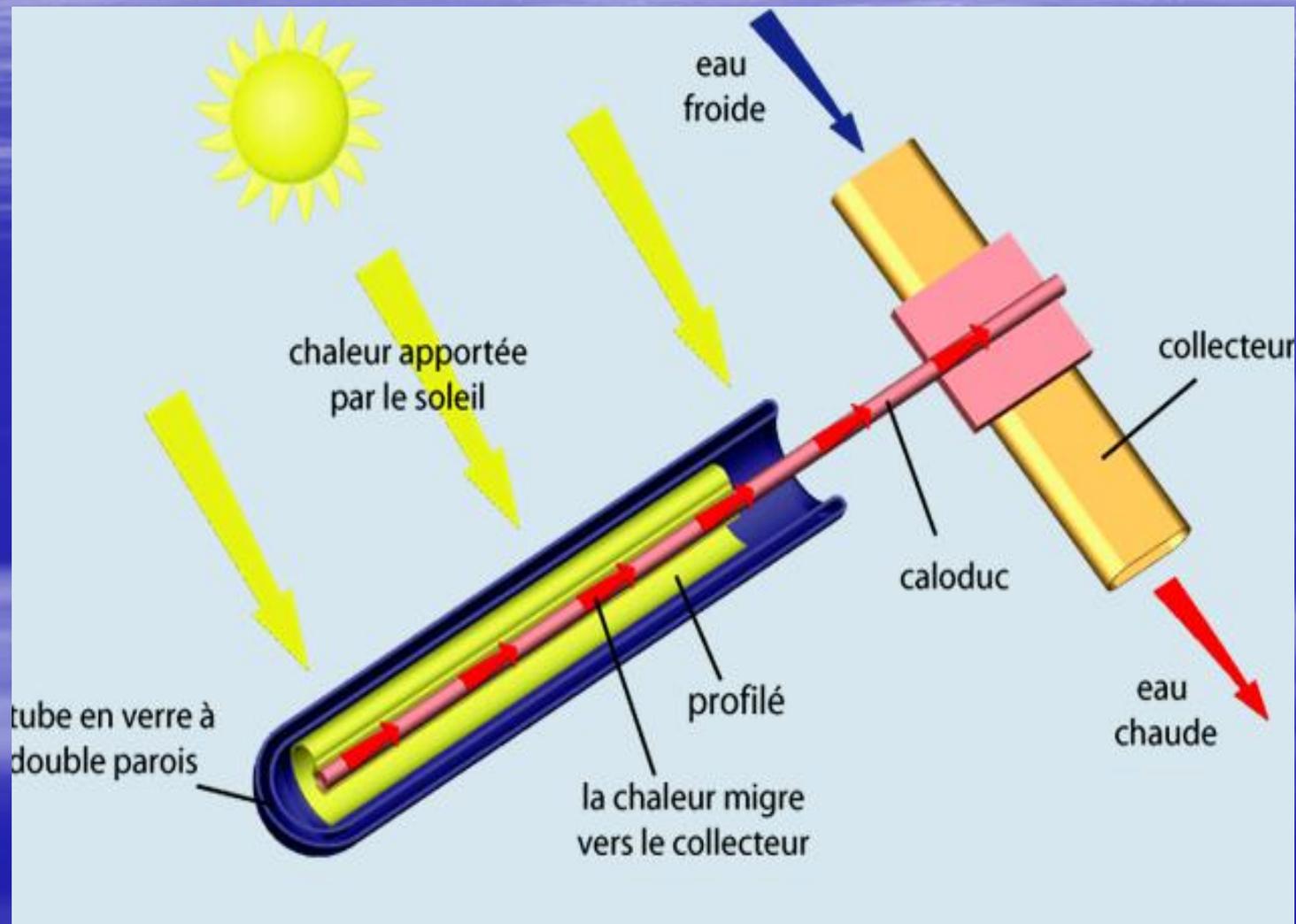
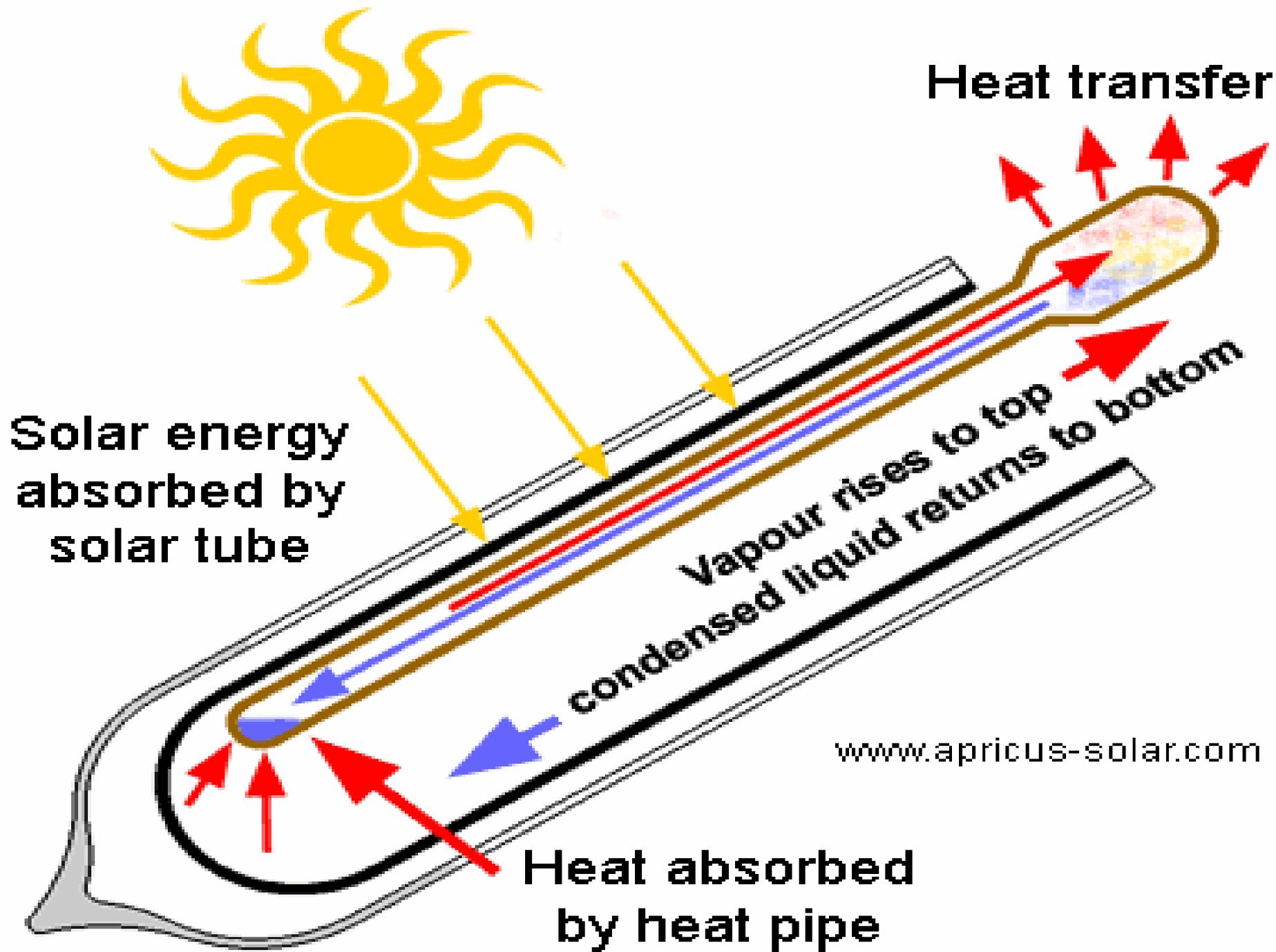


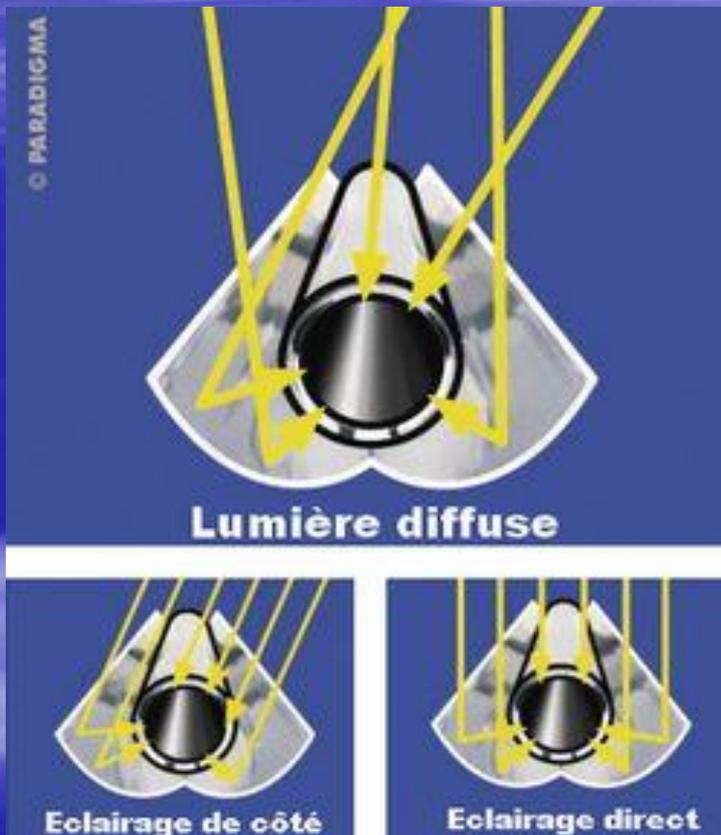
Schéma de fonctionnement du
capteur Vitosol 200

2. Le capteur à tube sous vide à "Caloduc"

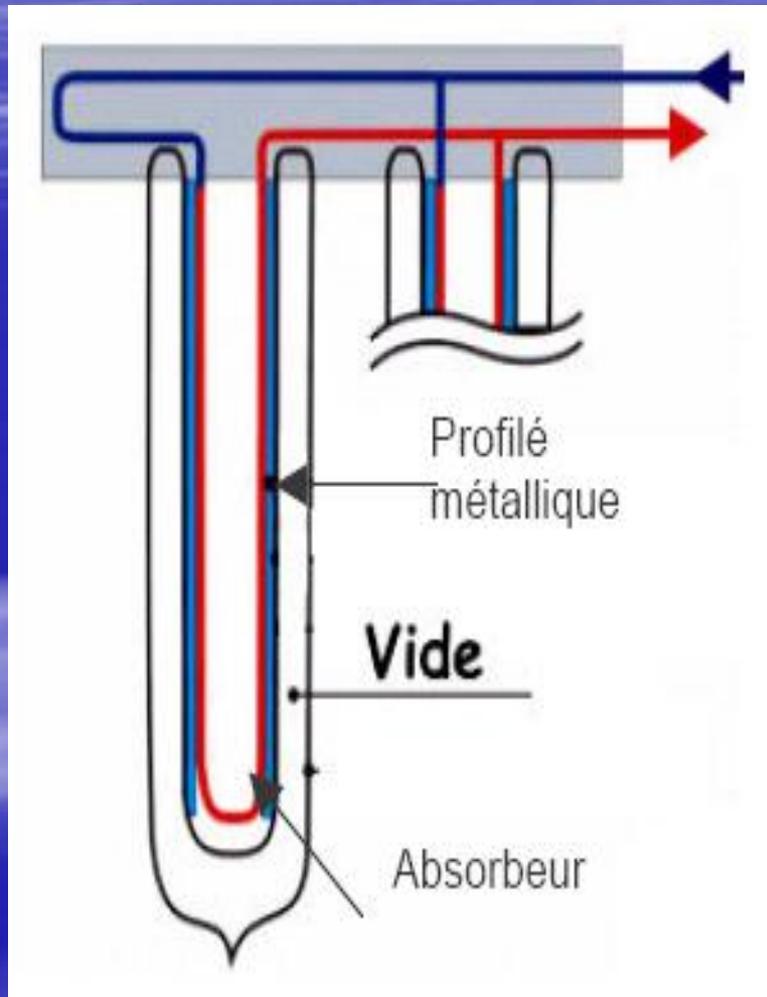




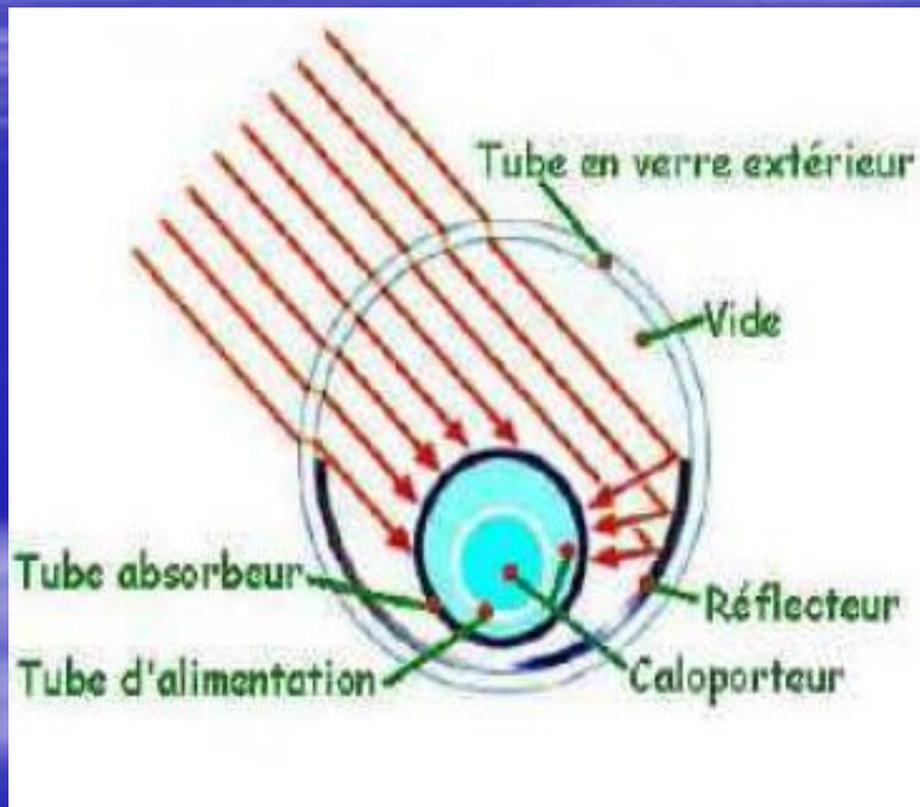
3. Le capteur à tube sous vide à effet "Thermos"



3. Le capteur à tube sous vide à effet "Thermos"



4. Le capteur à tube sous vide "Schott"

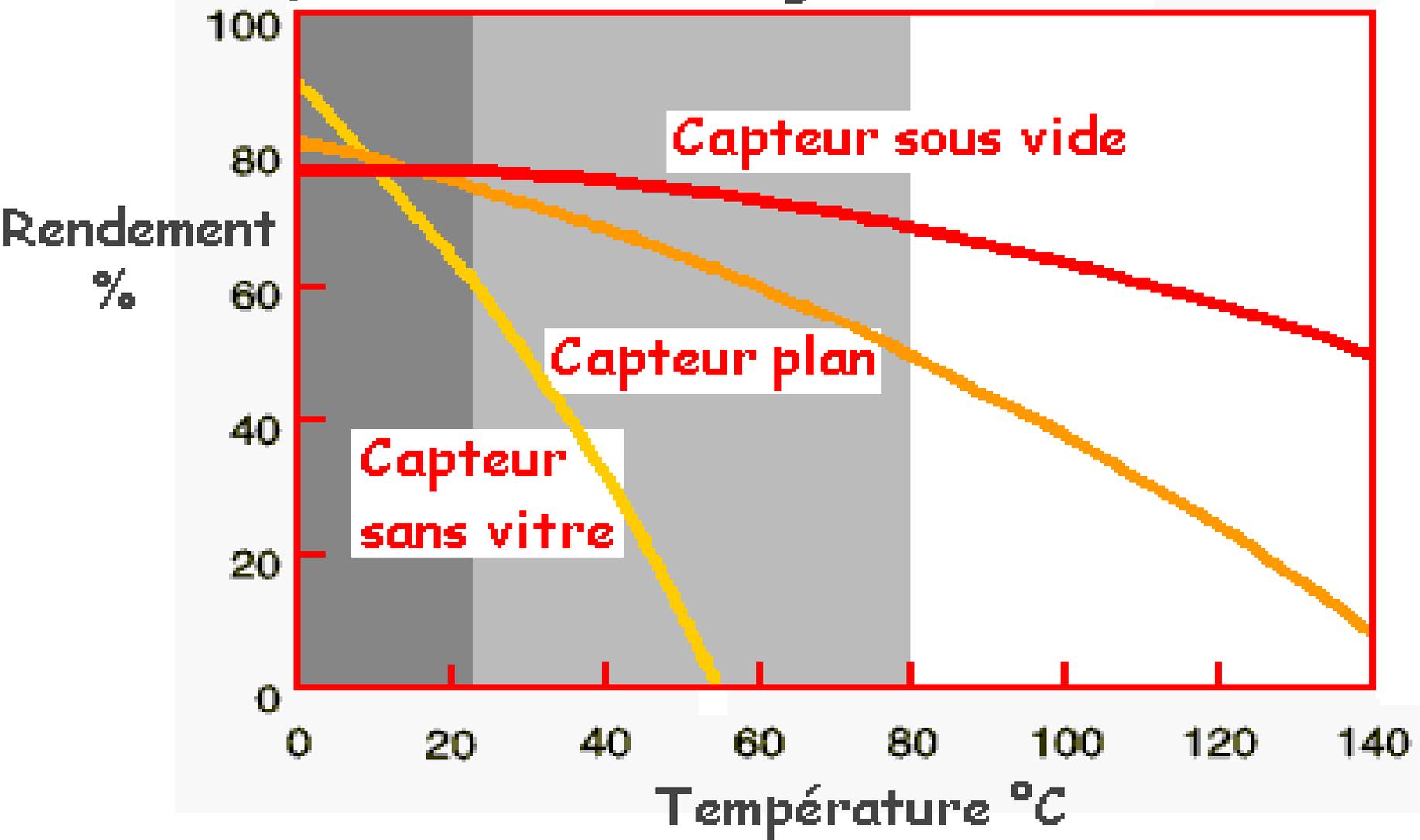


4. Le capteur à tube sous vide "Schott"



Collecteur du capteur solaire Schott

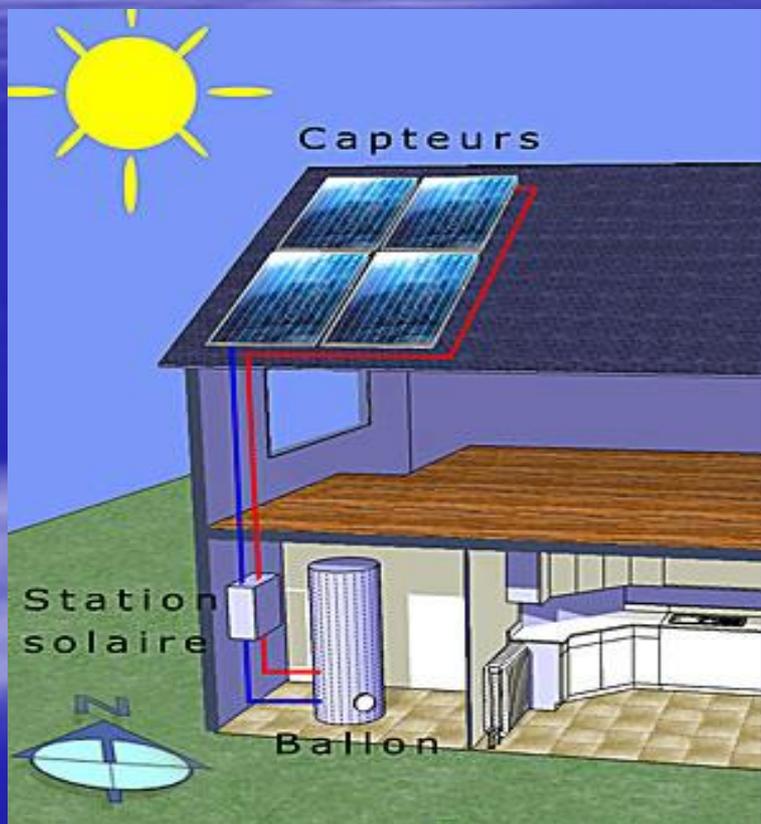
Chauffage piscine Chauffe-eau chauffage Climatisation industrie



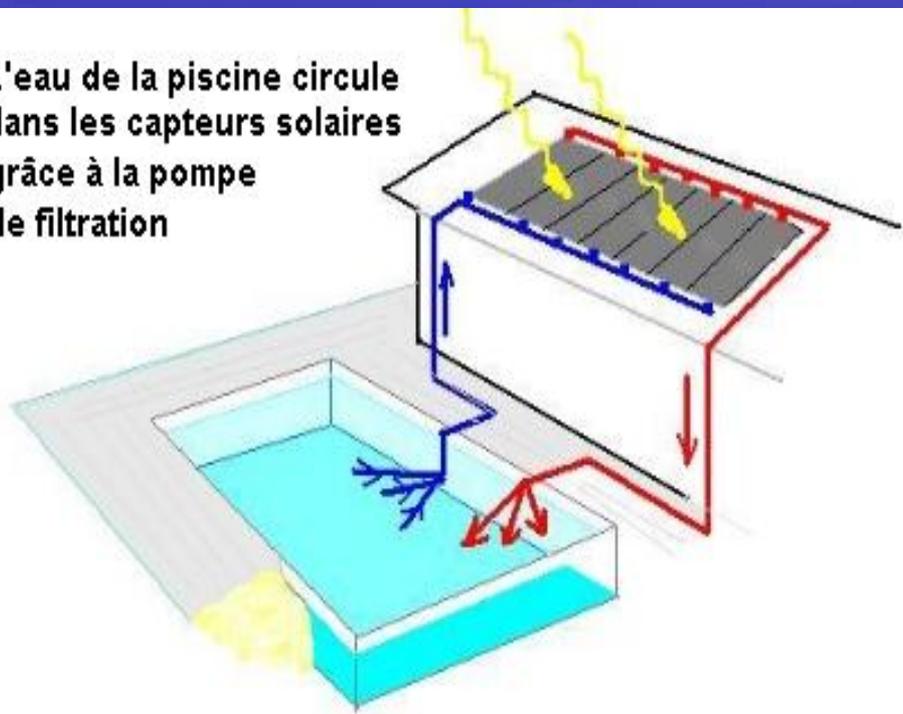
Graphique montrant les performances comparées des différentes familles de capteurs solaires thermiques

Utilisation des capteurs sous vide

Eau chaude sanitaire



L'eau de la piscine circule dans les capteurs solaires grâce à la pompe de filtration



. Implantation des capteurs



1-Capteurs intégrés en toiture

2-Capteurs en surimposition de toiture



Implantation des capteurs solaires: solaires: 3/ Auvent



L'implantation des capteurs en façade



Combien d'énergie nécessite une douche ou un bain ?

Une douche débite 10 litres d'eau à 40°C •
(mélange d'eau froide à 10 °C et
d'eau chaude à 55°C) par minute pendant 5 •
minutes

La quantité d'énergie nécessaire au chauffage •
de cette eau est de :

$$1,16 \text{ Wh/litre/}^\circ\text{C} \times 50 \text{ litres} \times (40^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) = \bullet$$

1,74 kWh/douche

Un bain de 100 litres nécessite en énergie : •

$$1,16 \text{ Wh/litre/}^\circ\text{C} \times 100 \text{ litres} \times (40^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) = \bullet$$

3,48 kWh/bain



Rayonnement solaire et chauffage de l'eau

- Rayonnement solaire annuel à Bruxelles :

1 000 kWh/m²/an •

- Chauffer 1 litre d'eau de 10 à 55 °C demande une consommation de :

$1,16 \text{ Wh/l/}^\circ\text{C} \times 1 \text{ litre} \times (55^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) = 52 \text{ Wh/litre}$ •

- Si on récupère 30 à 50% du rayonnement solaire, on peut chauffer :

5 à 10 m³ d'eau par m² par an •

- Pour l'Algerie(1900kwh/m²/an) on peut chauffer:

10 à 20 m³ par an •



Mur capteur ou « Trombe Michel »

On estime qu'un mur trombe apporte en moyenne
50 kWh par m² par an.

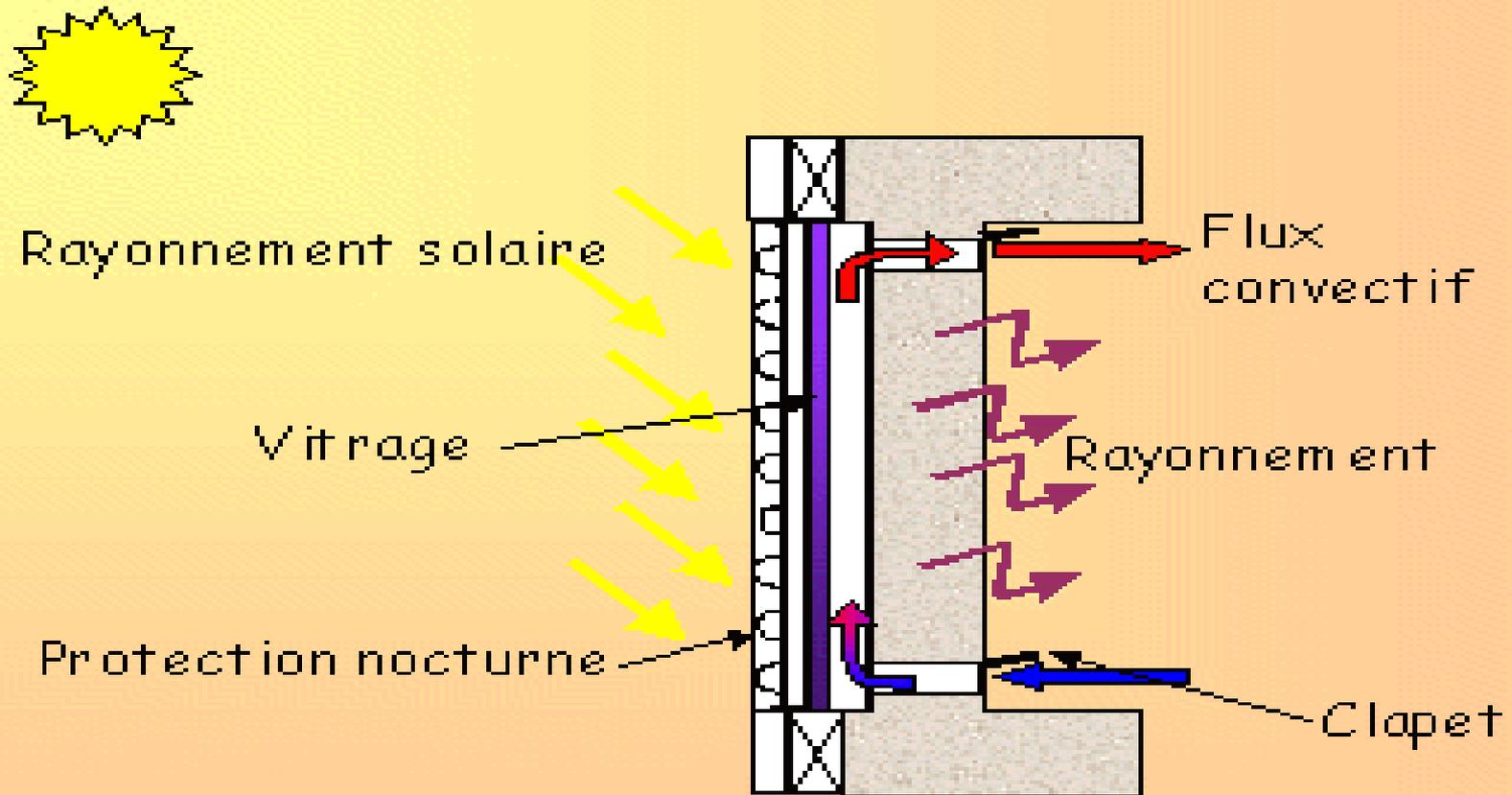
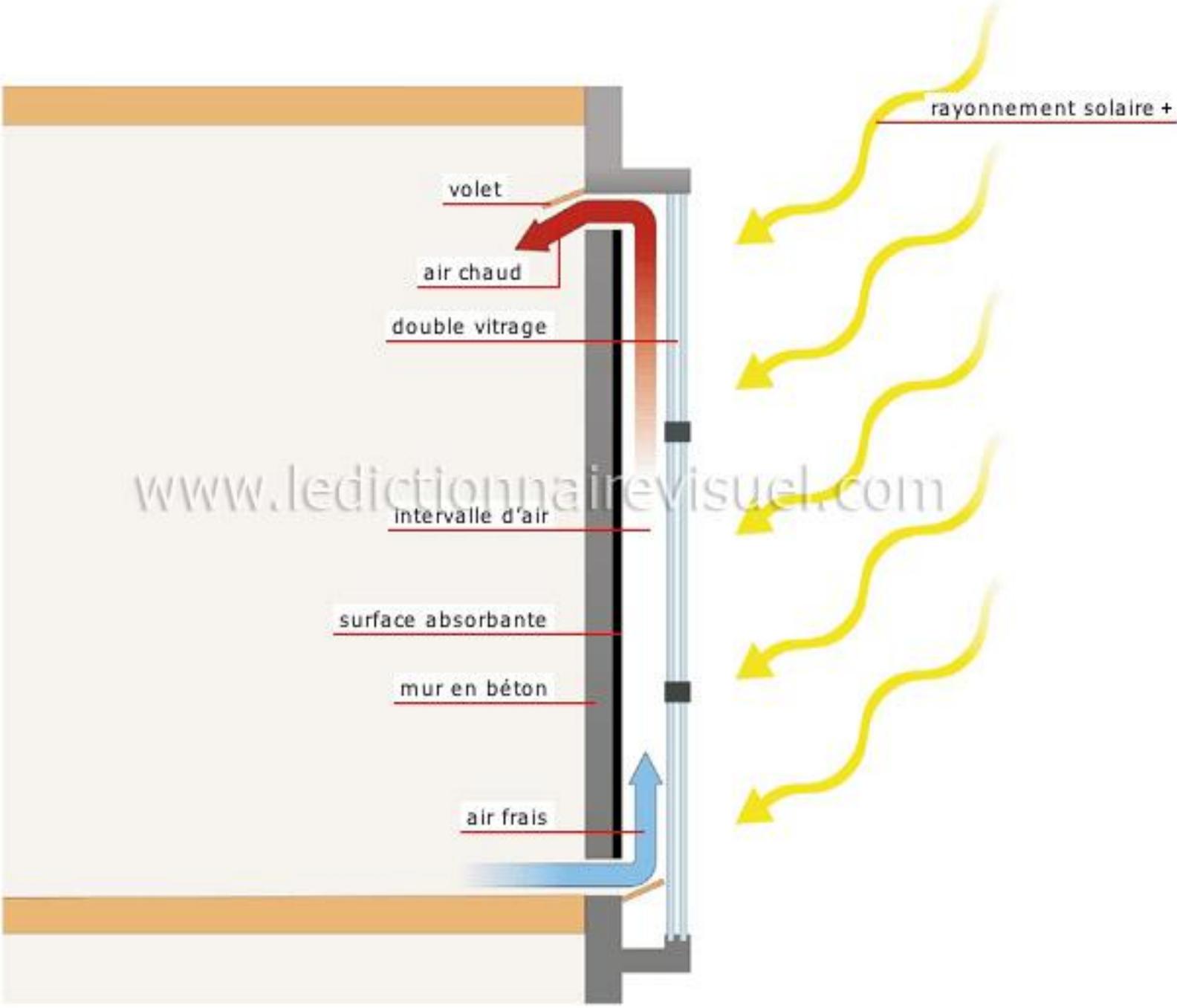


Schéma de principe du mur Trombe



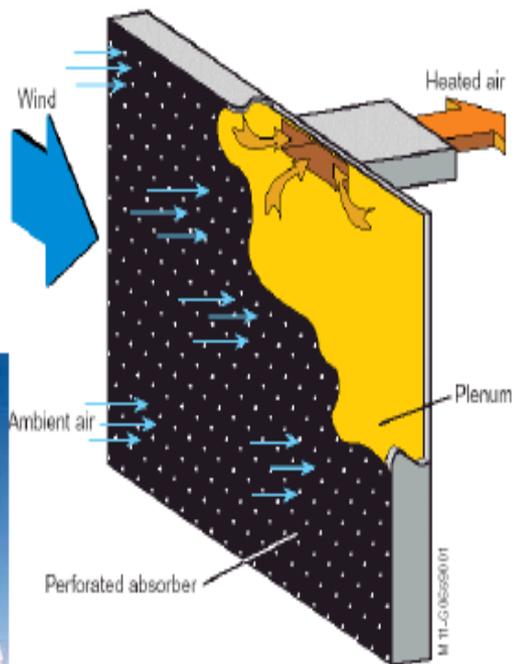
www.ledictionnairevisuel.com



Les murs (trombe et solaire)

Les « murs solaires »

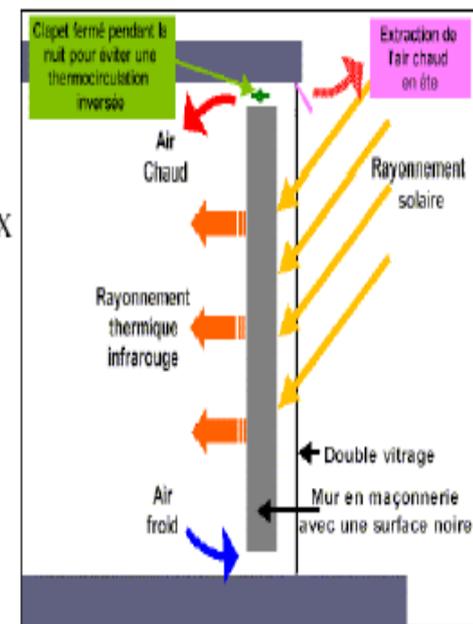
- Procédé « manufacturé » employé en Amérique du Nord sur bâtiments industriels existants ; rien en Europe
- Trous de 1,6 mm
- 2 % de la surface
- Renouvellement d'air
- Efficacité > 60 %



12

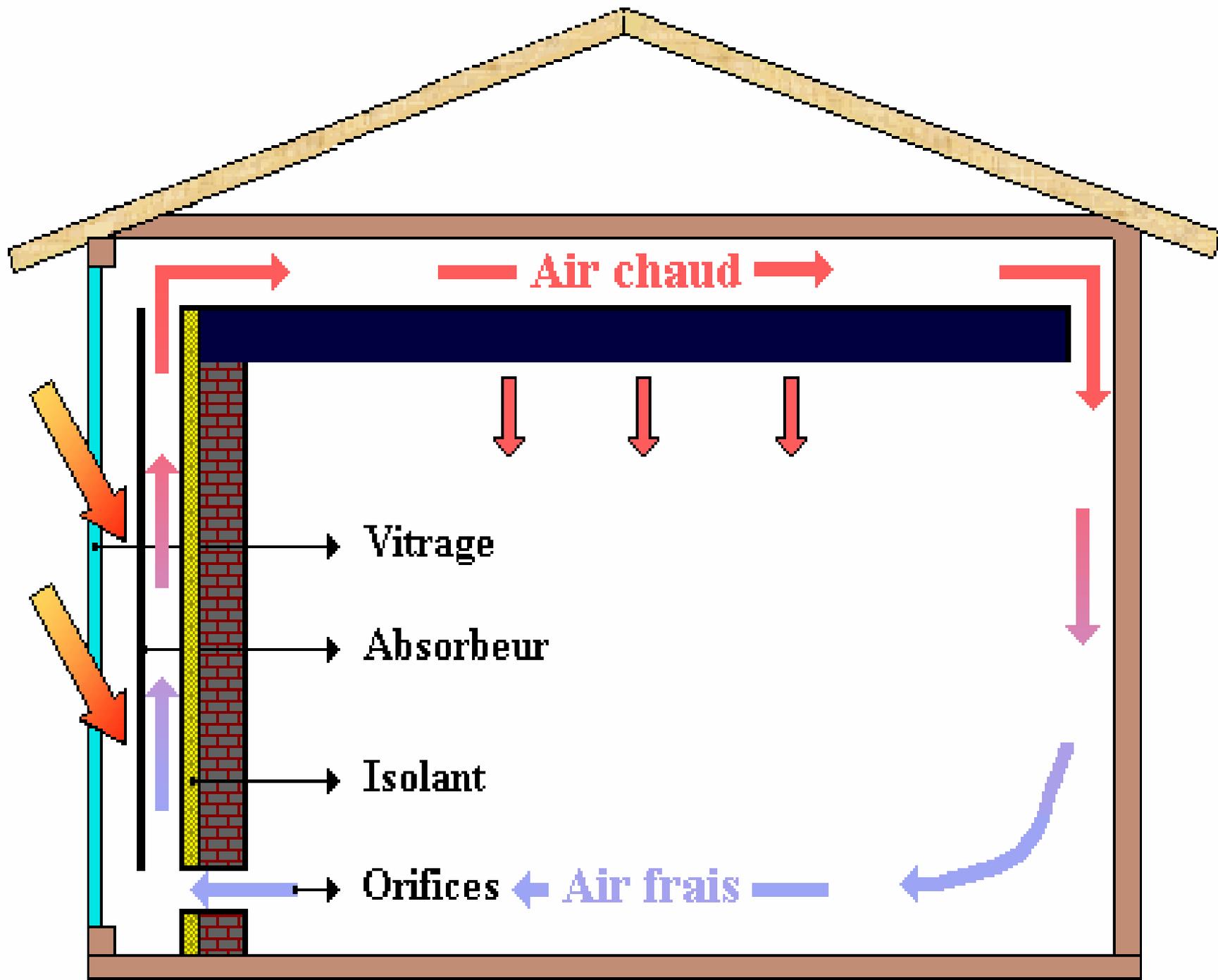
Les murs « Trombe »

- De Félix TROMBE, créateur du four solaire d'Odeillo (CNRS)
- Très simple et peu coûteux
- Nombreuses installations en régions ensoleillées et de montagne
- Efficacité : jusqu'à 40 %
- Pas de composant industriel
- Aucun développement commercial

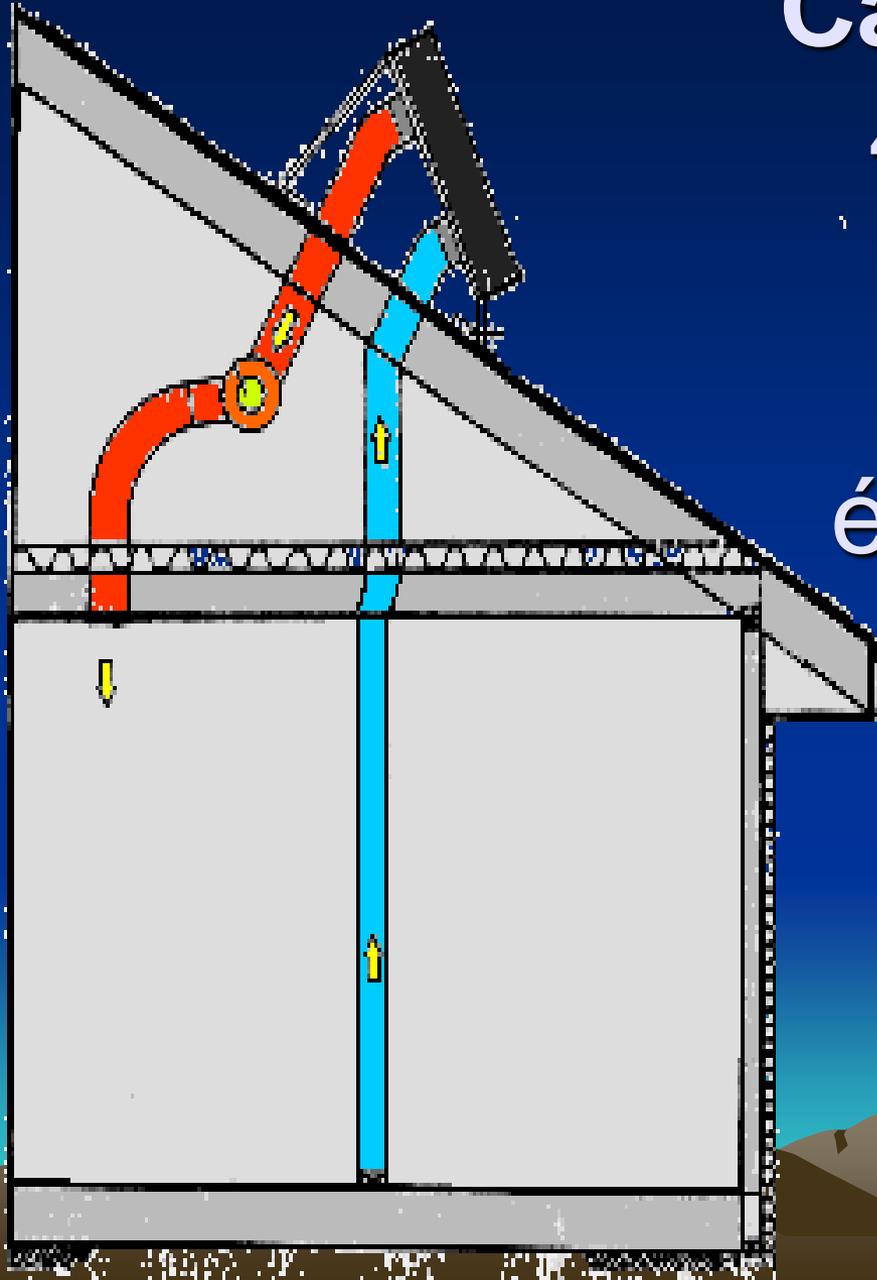


11

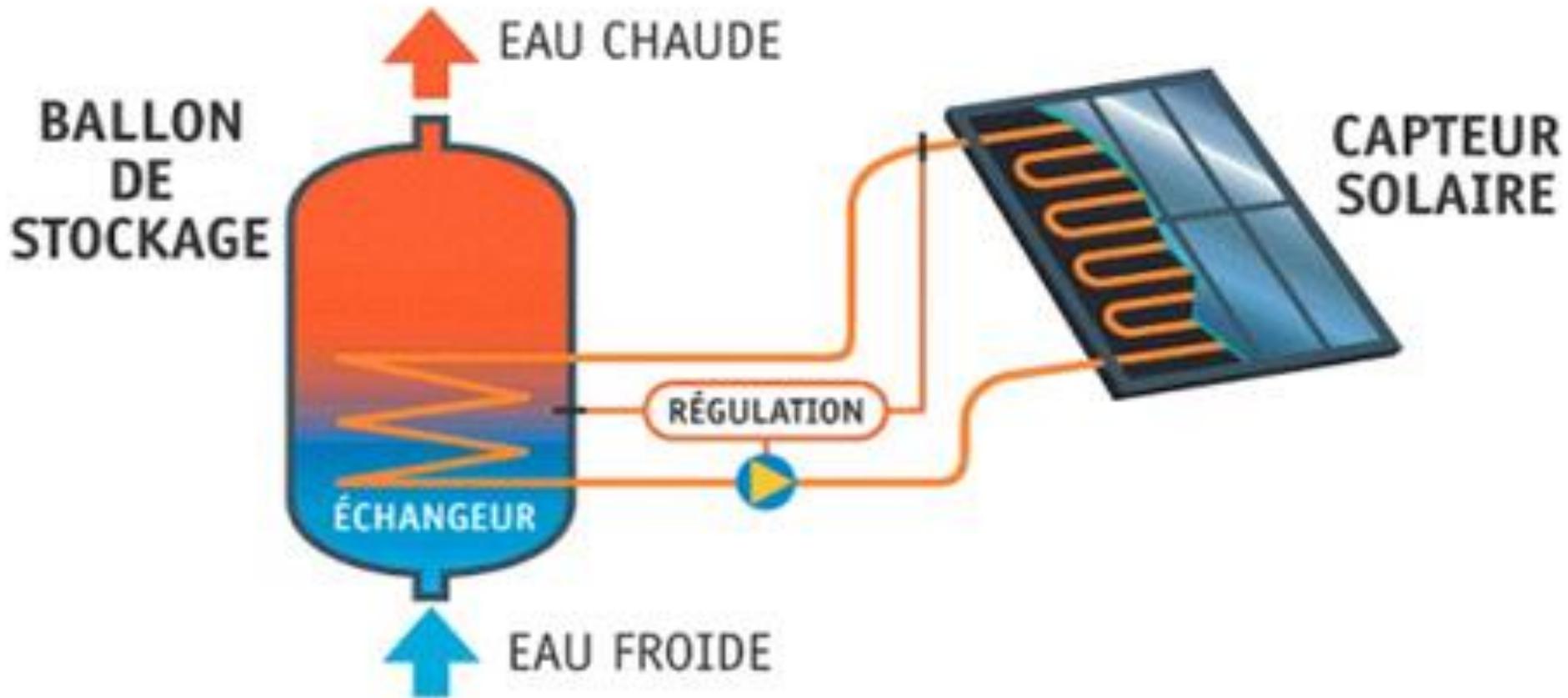
Rayonnement solaire

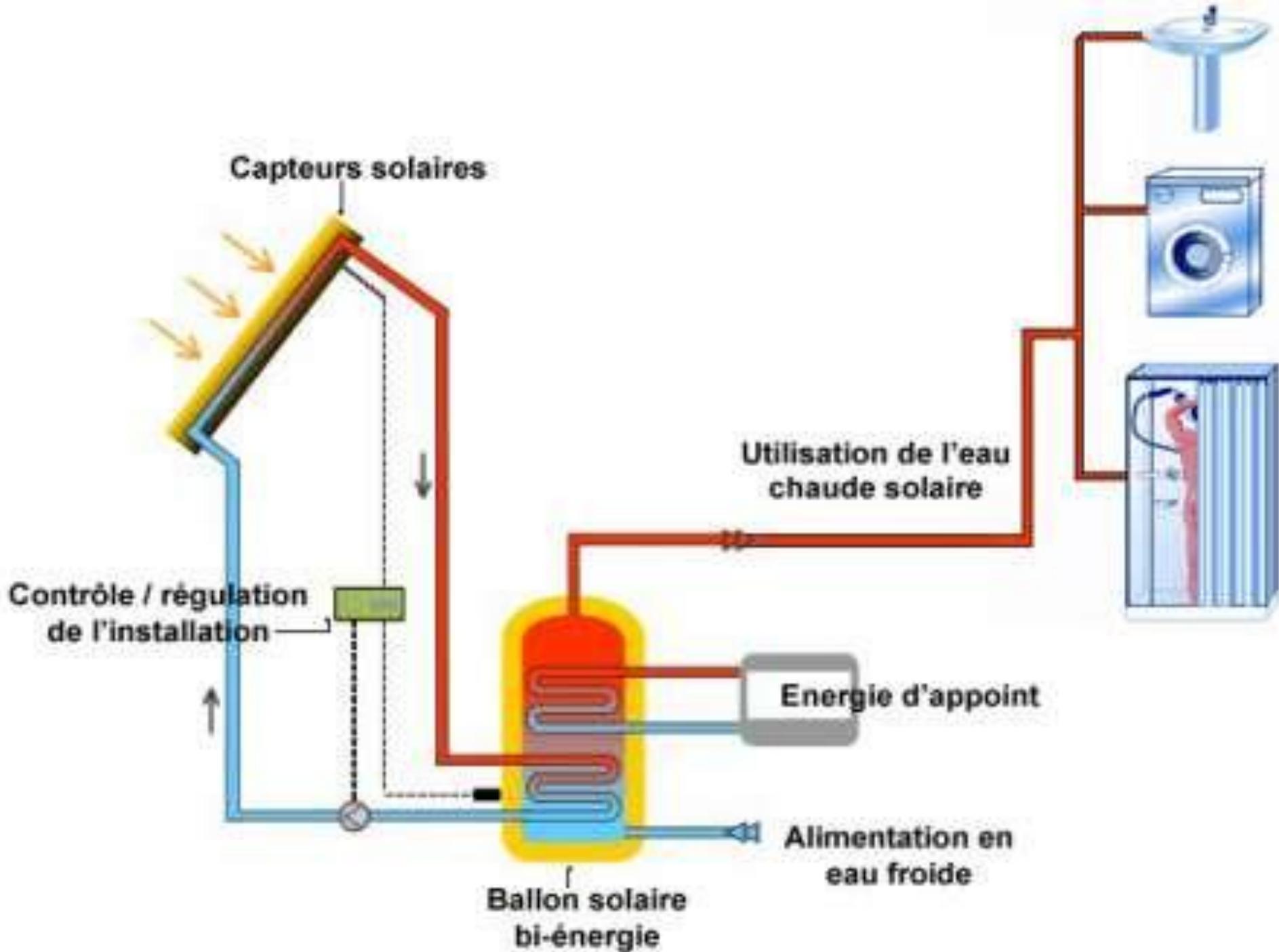


Capteur d'air chaud
4 panneaux sont
nécessaires pour
atteindre une
économie annuelle
appréciable
d'environ 50%

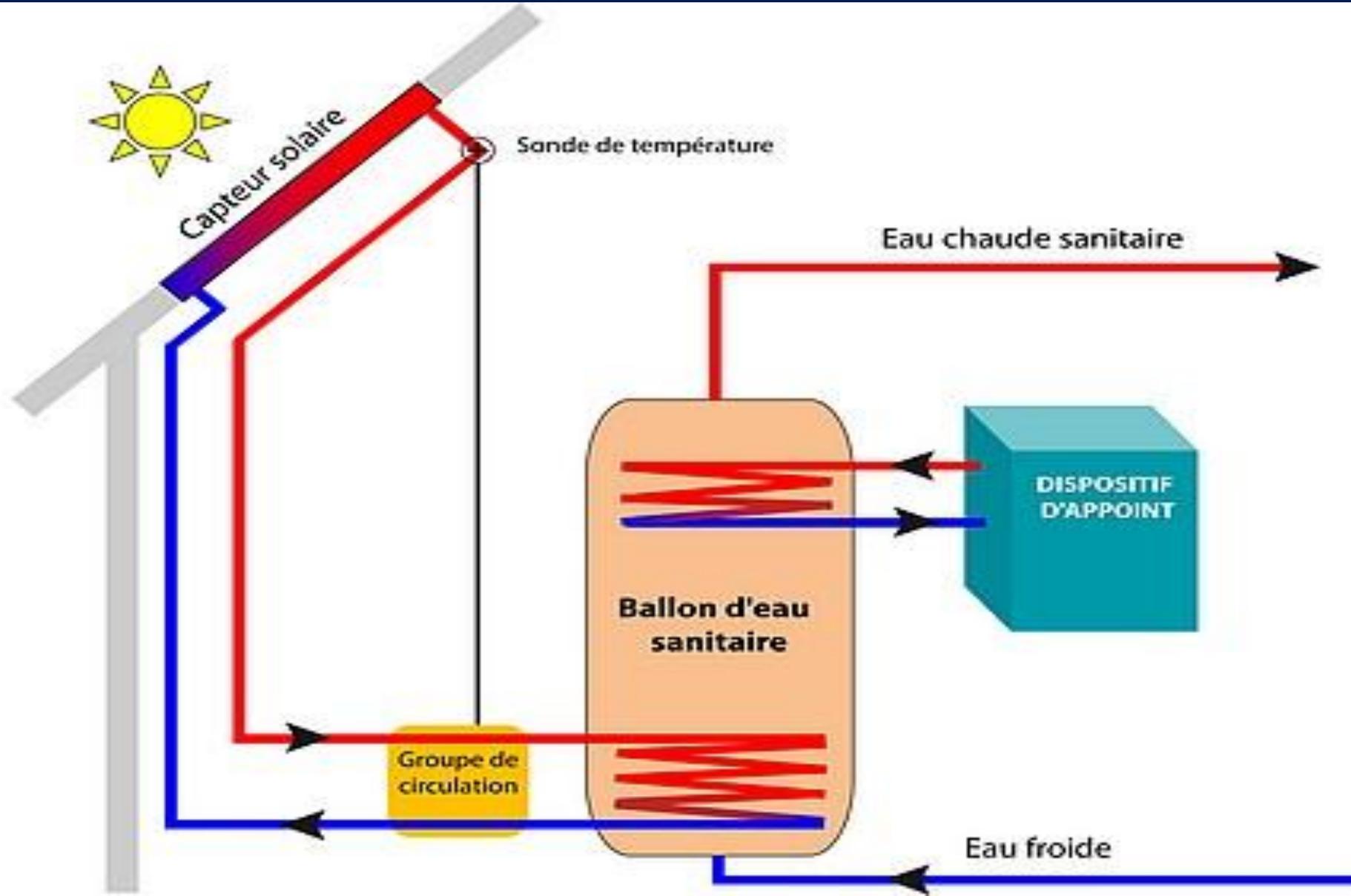


Principe de chauffer l'eau avec l'énergie solaire

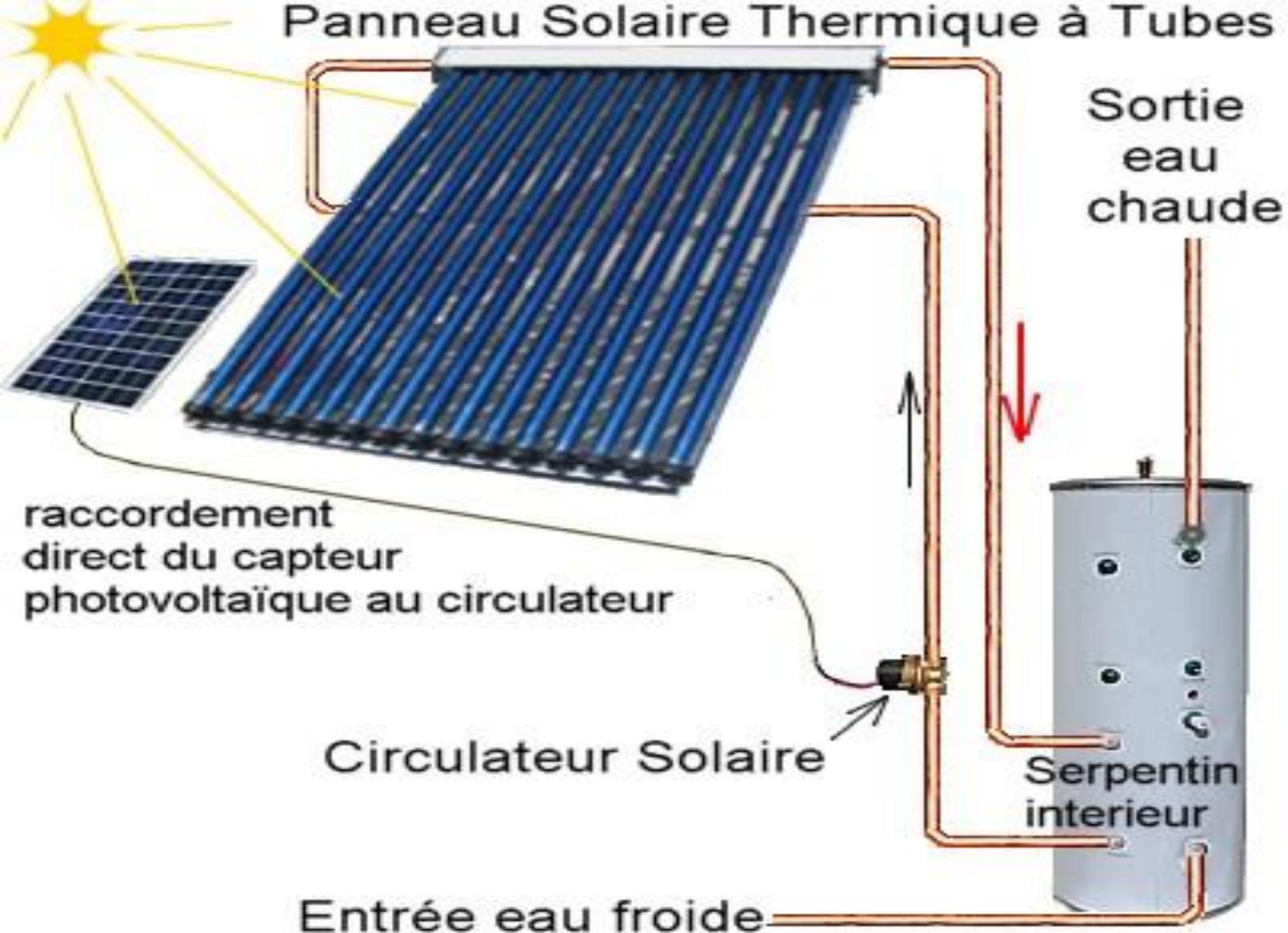




Le chauffe-eau solaire individuel permet de fournir entre 40 et 70 % des besoins



Panneau Solaire Thermique à Tubes



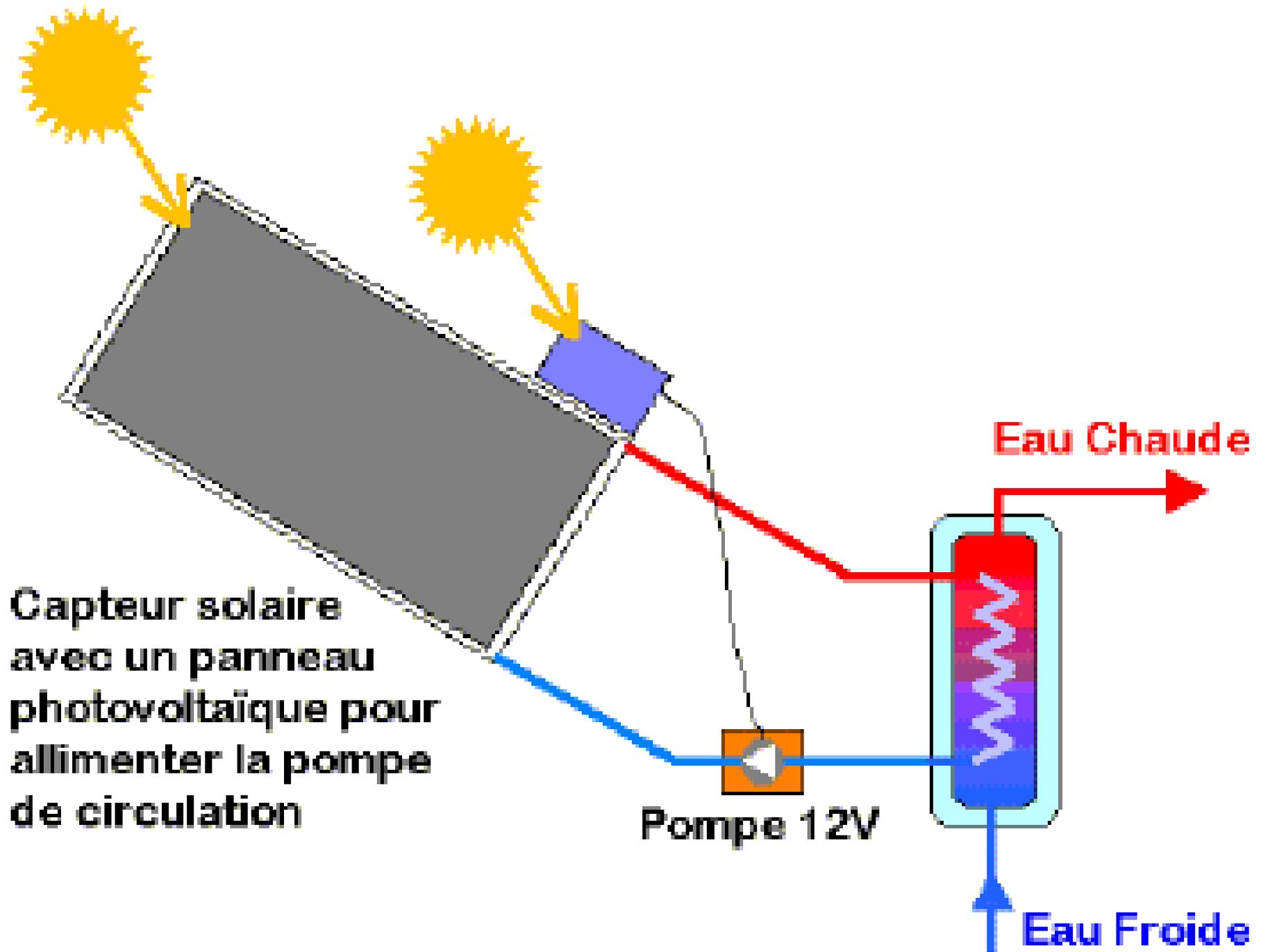
Sortie
eau
chaude

raccordement
direct du capteur
photovoltaïque au circulateur

Circulateur Solaire

Serpentin
intérieur

Entrée eau froide



Capteur solaire
avec un panneau
photovoltaïque pour
alimenter la pompe
de circulation

Pompe 12V

Eau Chaude

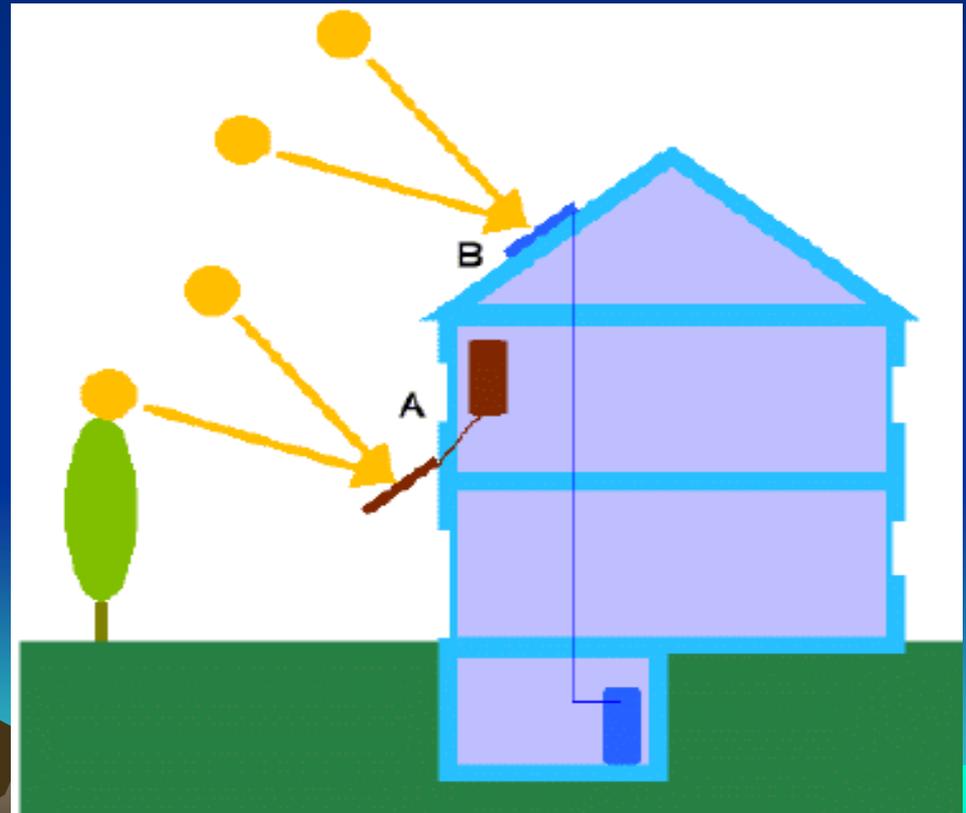
Eau Froide



Types de chauffe-eau solaire:

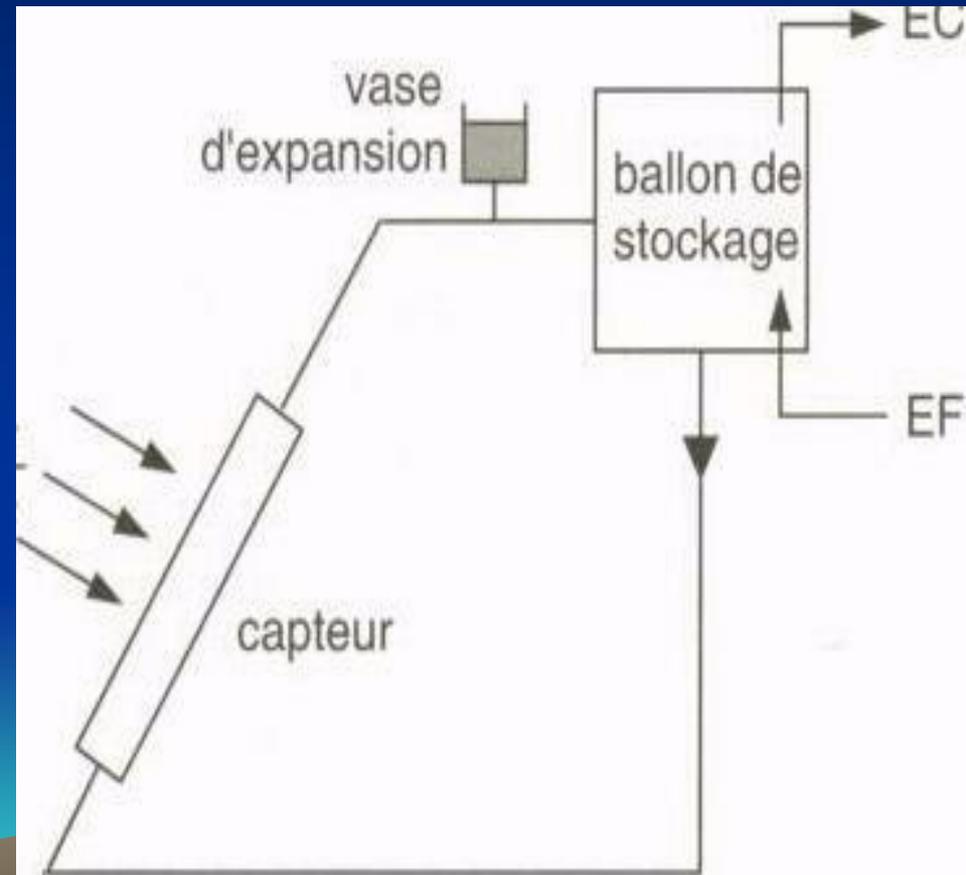
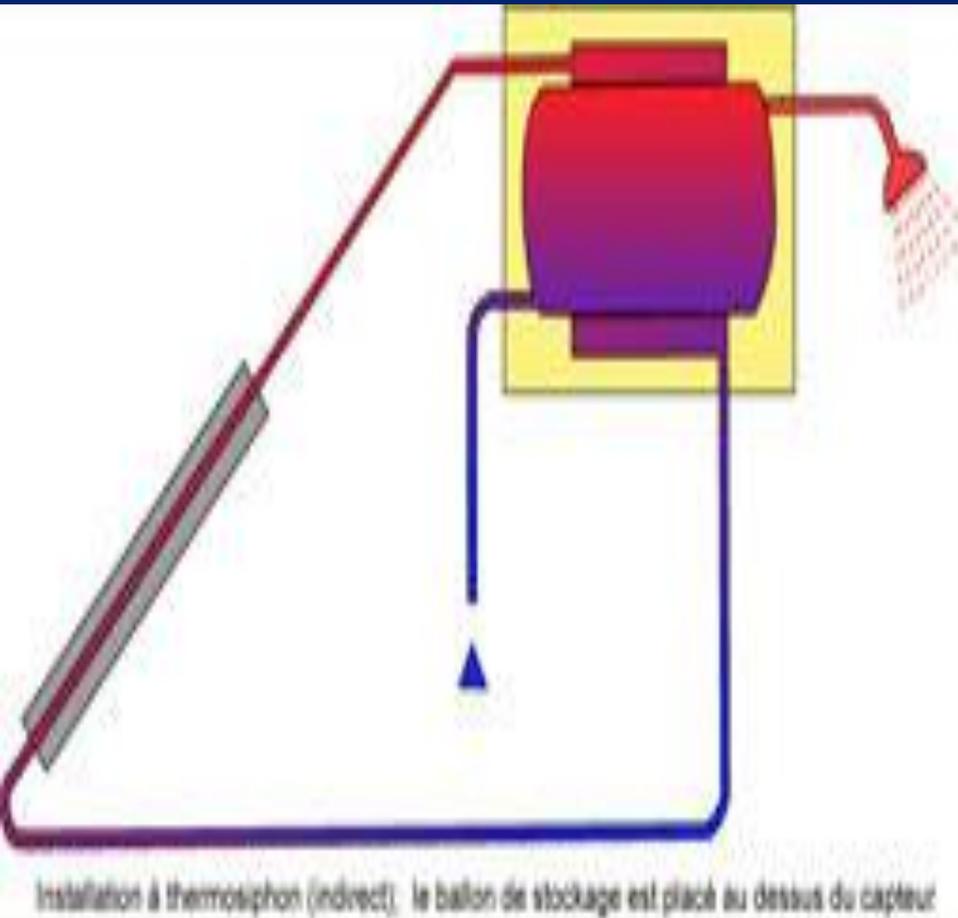
Il existe principalement deux types de chauffe-eau solaires : le chauffe-eau solaire à thermosiphon et le chauffe-eau solaire à circulation forcée .

- **Position A :**
chauffe-eau solaire
à thermosiphon
- **Position B :**
chauffe-eau solaire
à circulation forcée

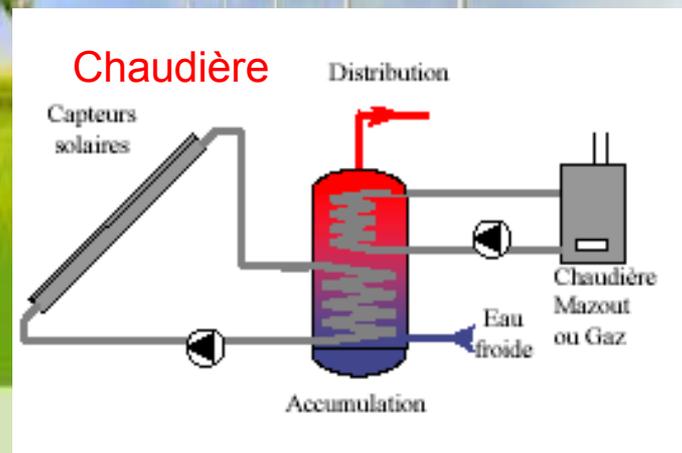
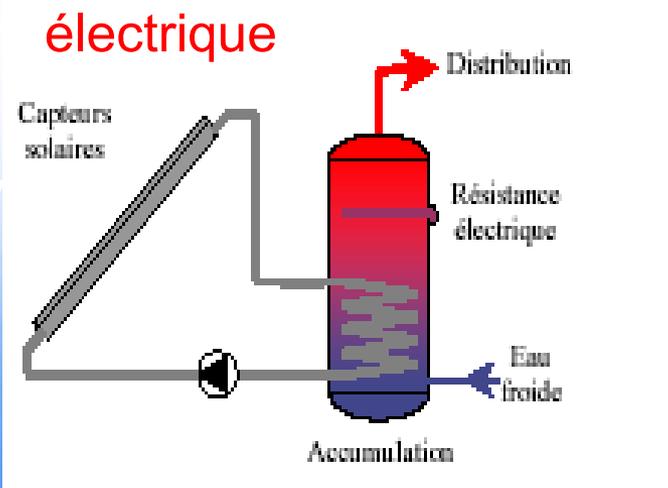
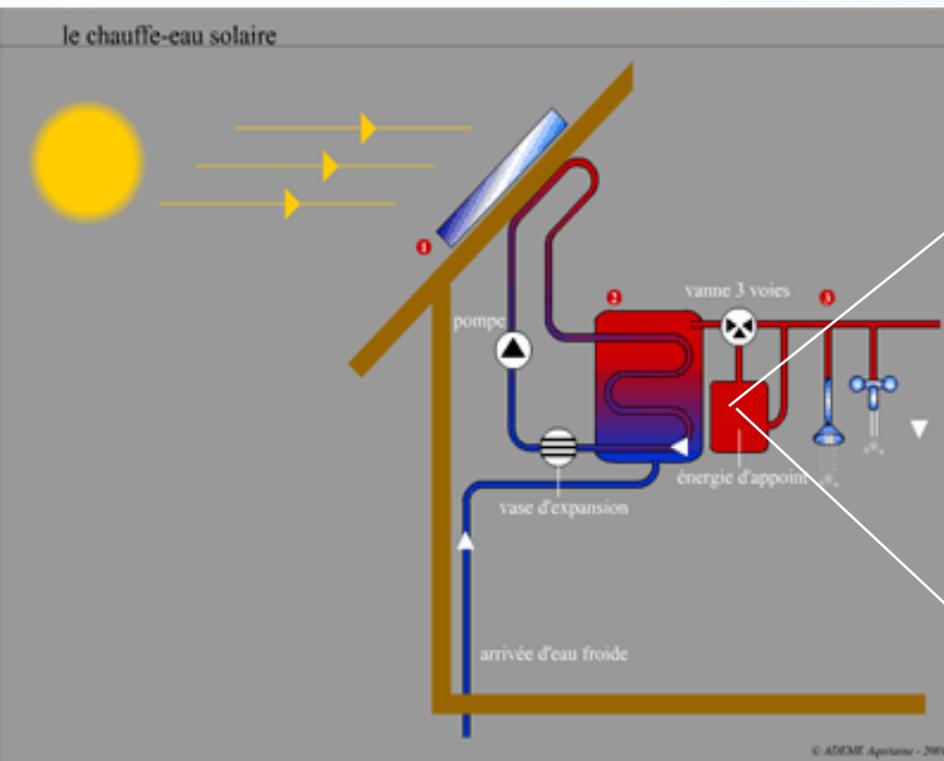


Installation thermosiphon

le ballon de stockage est placé audessus du capteur



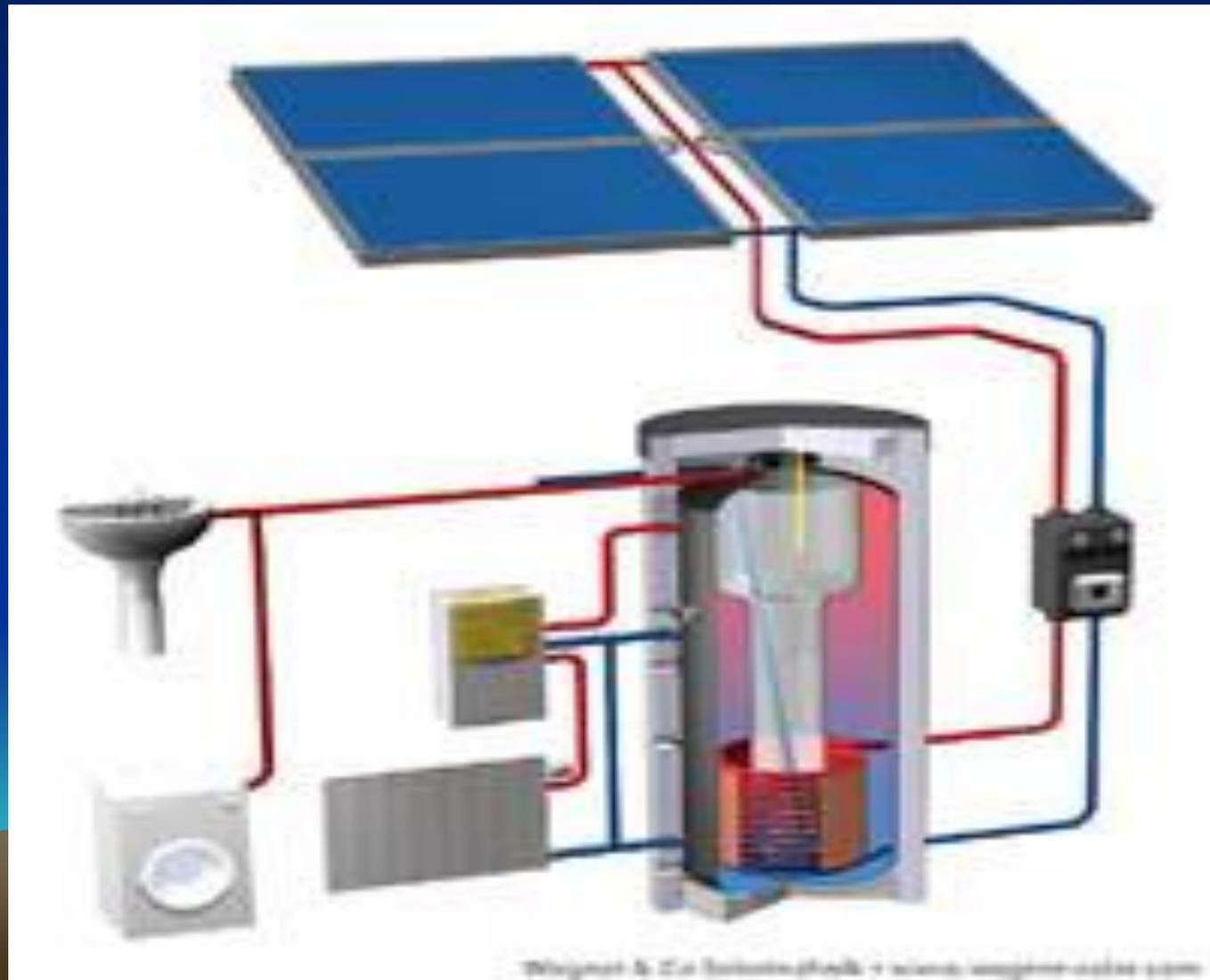
L'APPOINT DE CHAUFFAGE



Installation de chauffe eau dans une maison



pour une installation solaire pour la production d'eau chaude sanitaire de 3-4 personnes avec 4 m² de capteurs et un ballon de 300 litres, le coût sera de 5950 € TTC

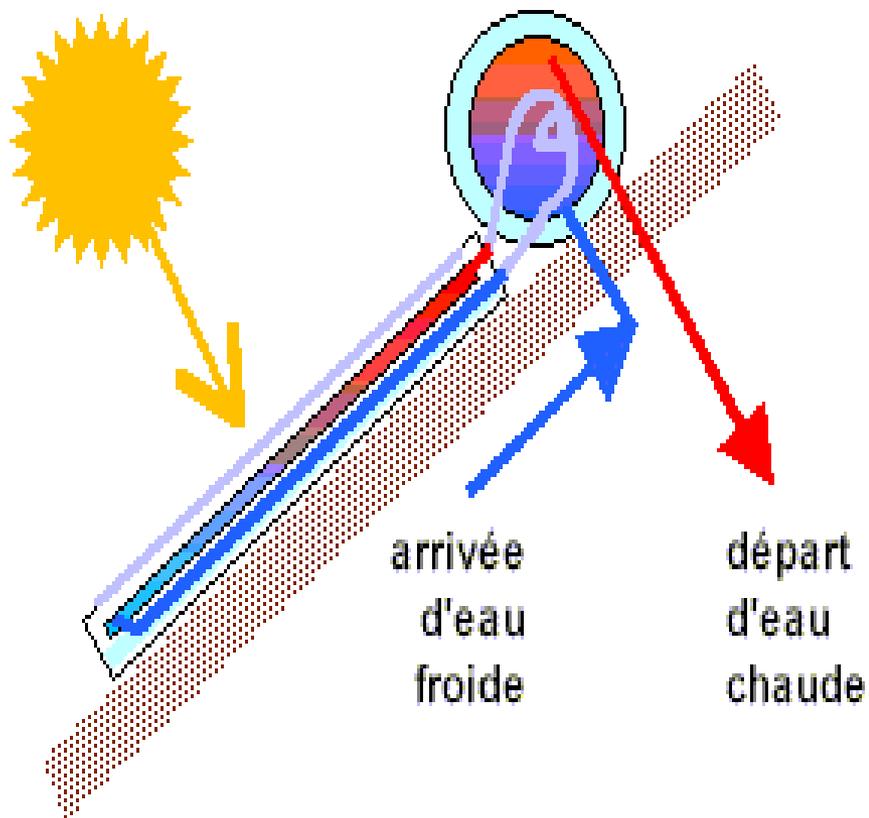


Types d'installation solaires thermiques :

1/ Thermosiphon monobloc

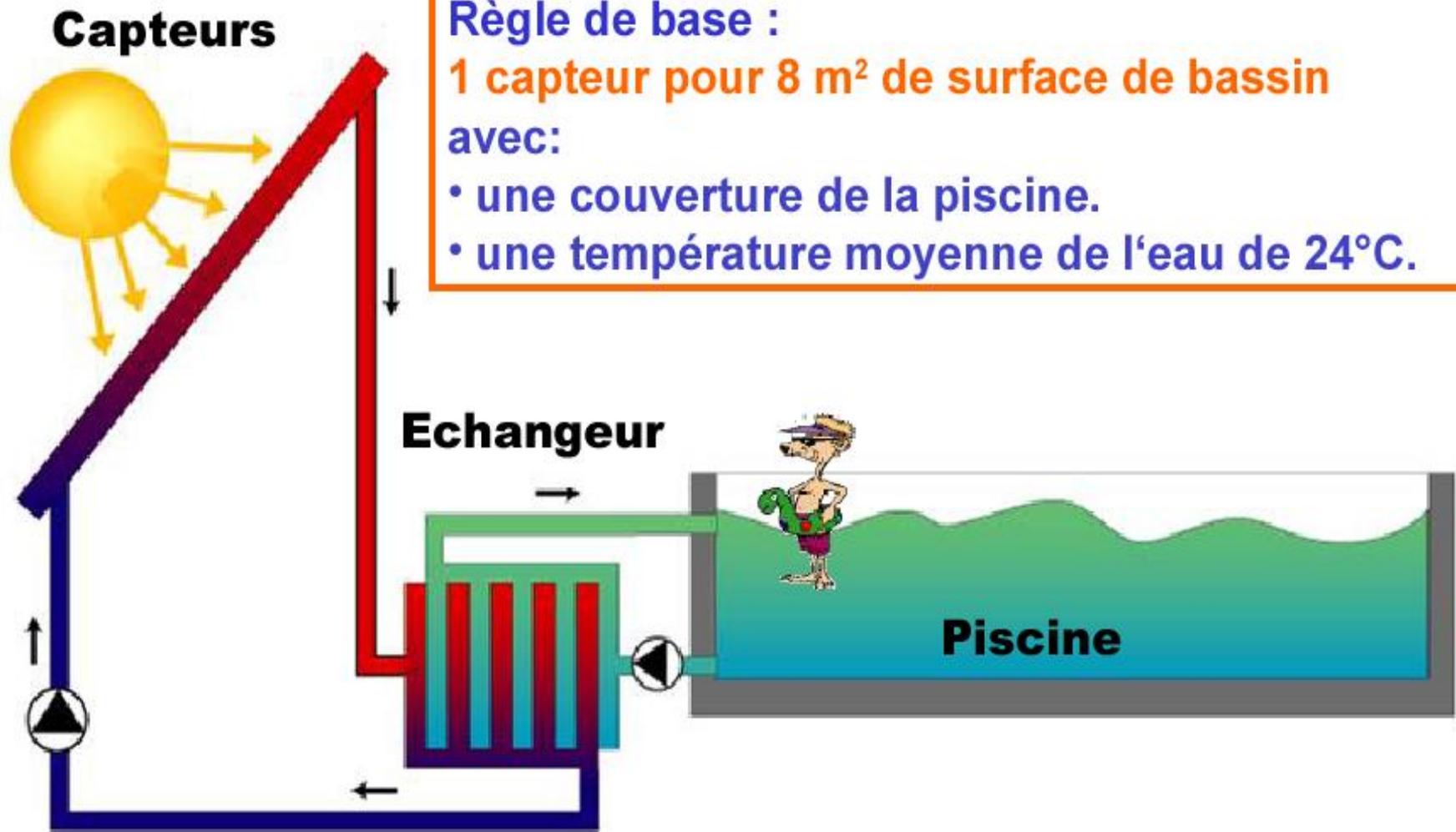
Capteur et ballon sont dans un même composant







Principe de chauffage piscine



Règle de base :

1 capteur pour 8 m² de surface de bassin

avec:

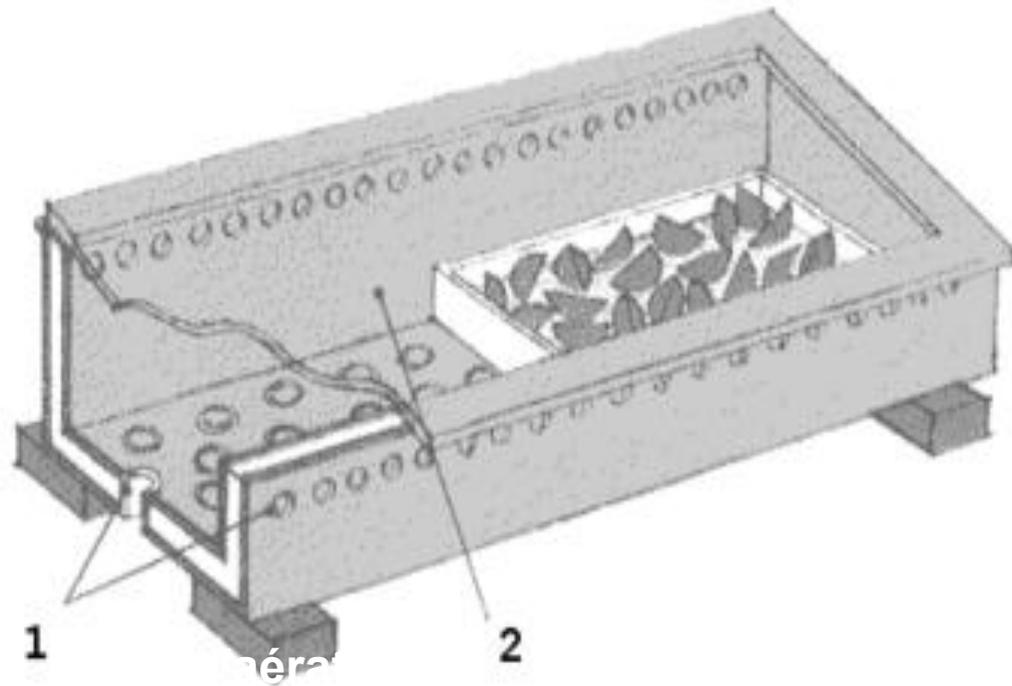
- une couverture de la piscine.
- une température moyenne de l'eau de 24°C.

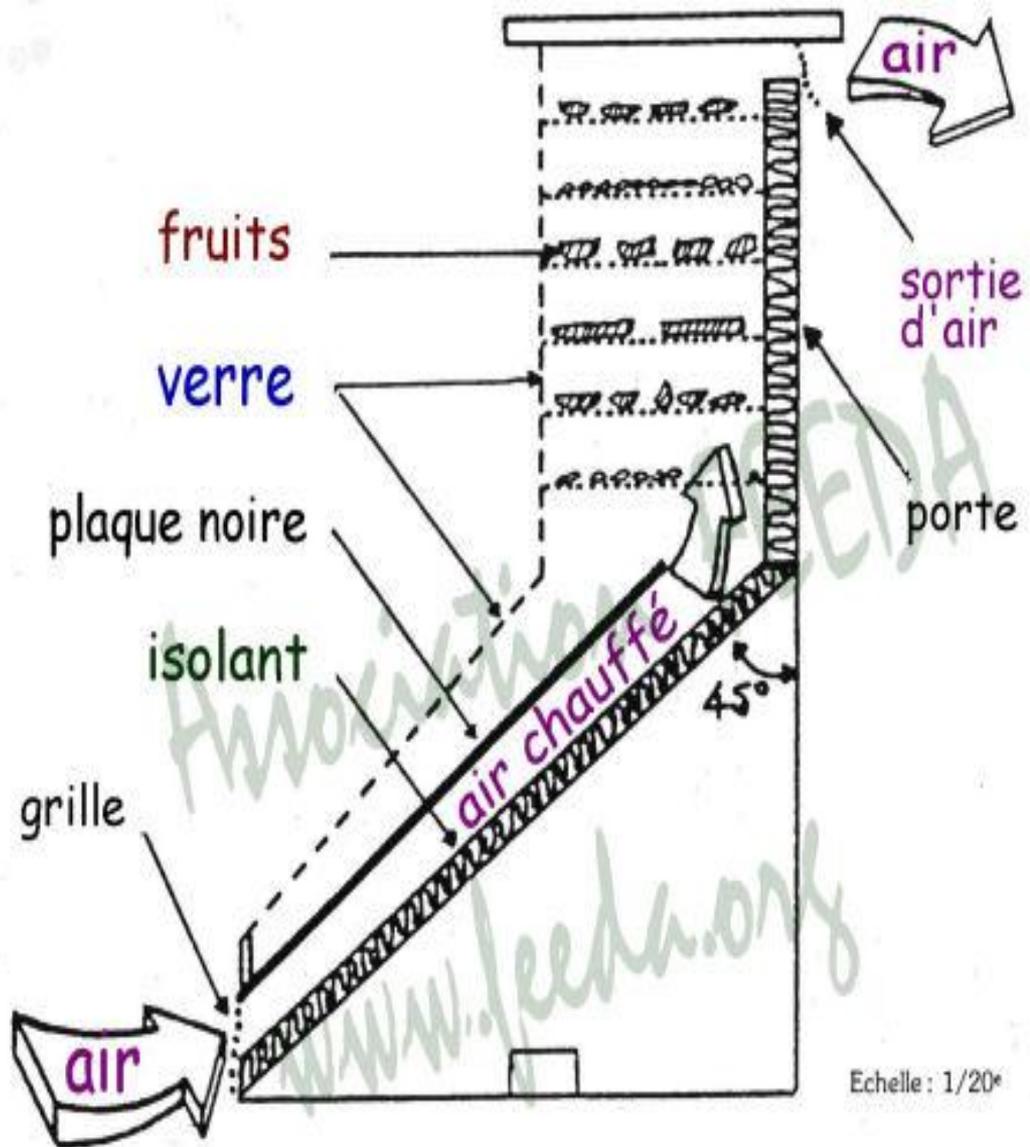


séchage solaire

Types de séchoirs solaires

1. Séchoir solaire à chauffage direct





Cuisinières solaires au Sénégal



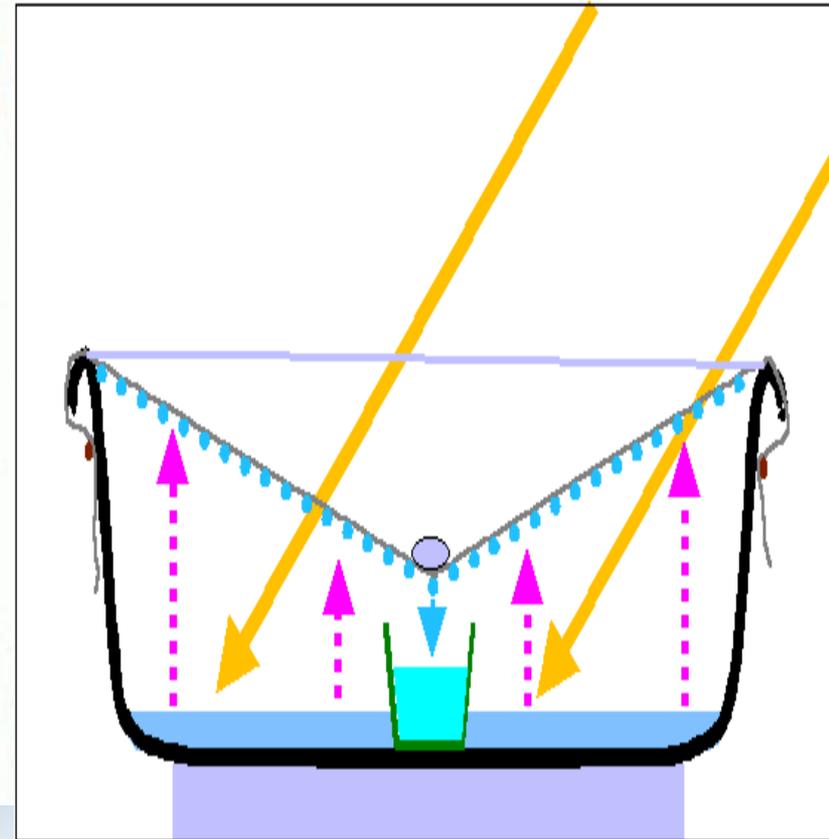
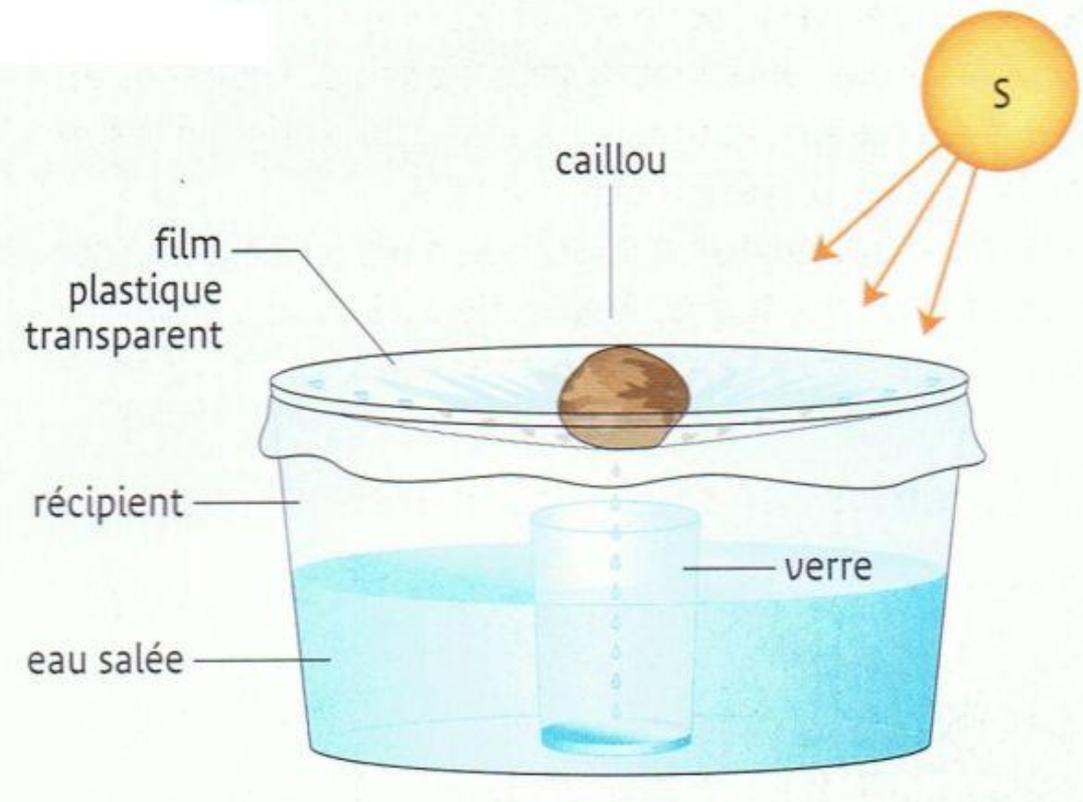


Cuisinière
solaire

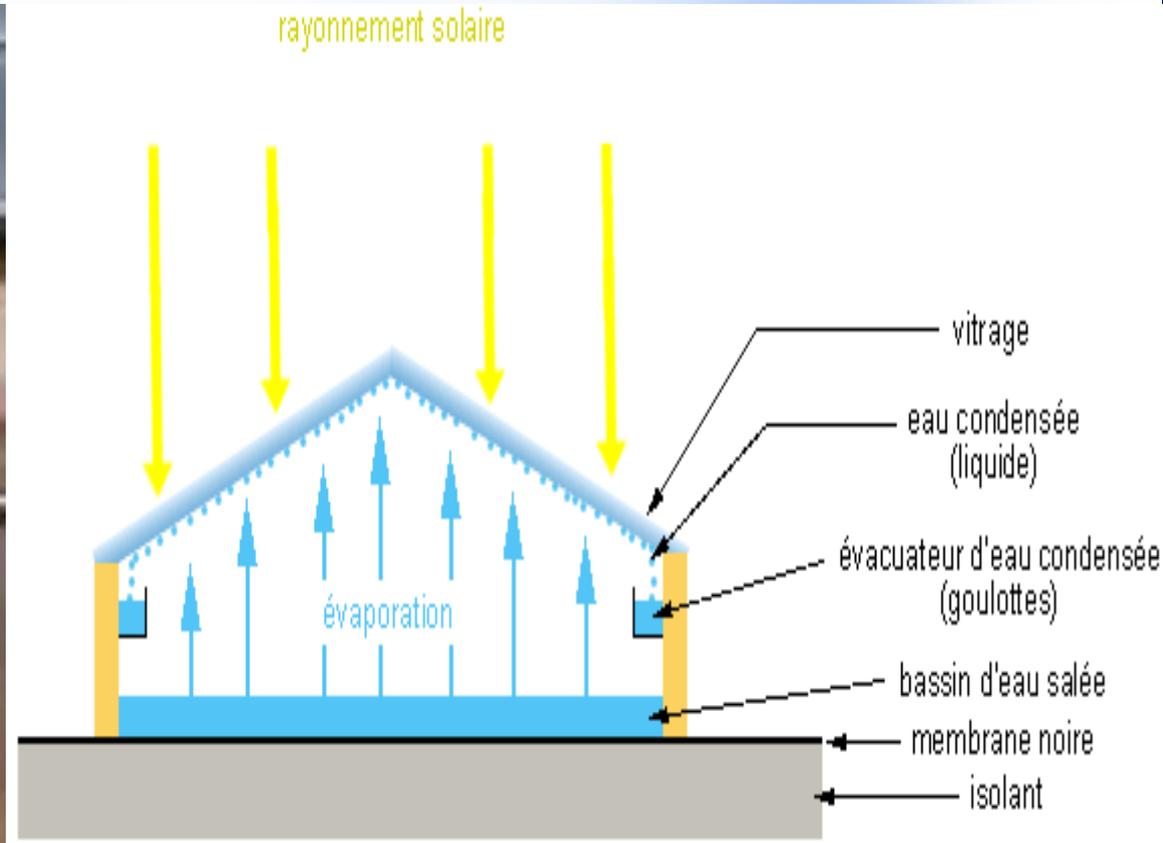
Capteur solaire
avec réflecteurs

Distillation solaire

Comment faire un distillateur solaire expérimental ?



→ *Le distillateur simple*



de 2,5 à 3 litres par m² par jour

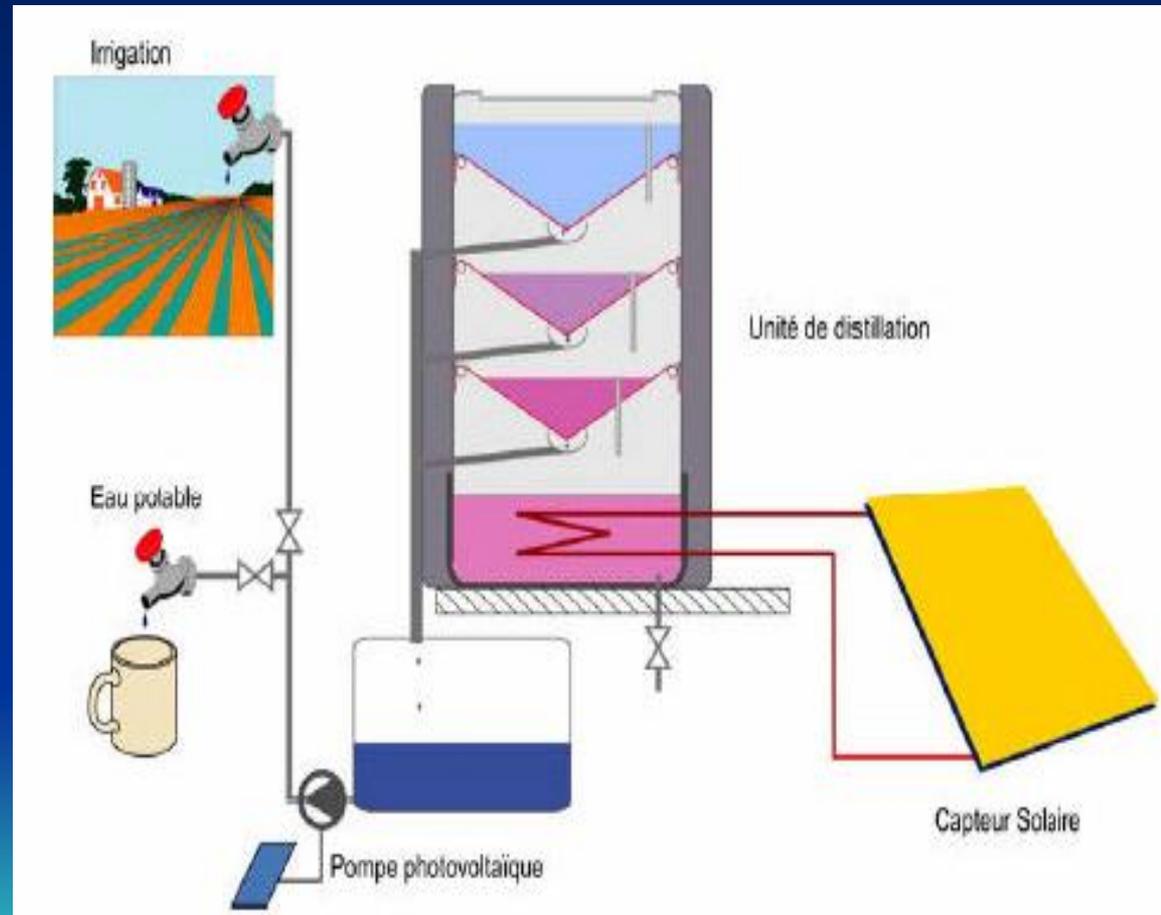
Principe d'un distillateur solaire simple

distillateur



Figure 2. Photo de la réalisation.

➔ Distillateur solaire à étages multiples

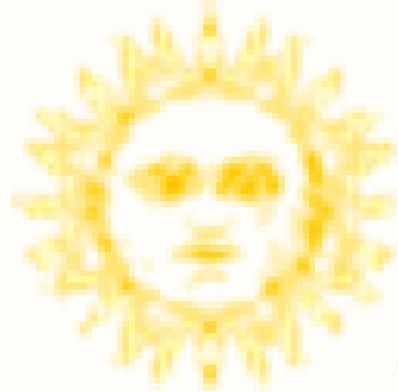


Schémas d'un distillateur solaire à étages multiples



. Le froid solaire

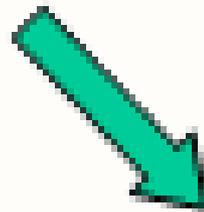
. Les différents procédés



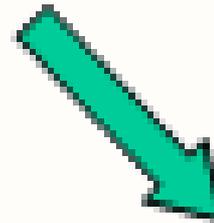
Conversion en électricité



▪ Compression



Conversion en chaleur



▪ Absorption

▪ Adsorption

▪ Dessicant cooling

60mètres carrés de capteurs

thermiques non vitrés sur le toit de

l'hôtel Guesthouse,

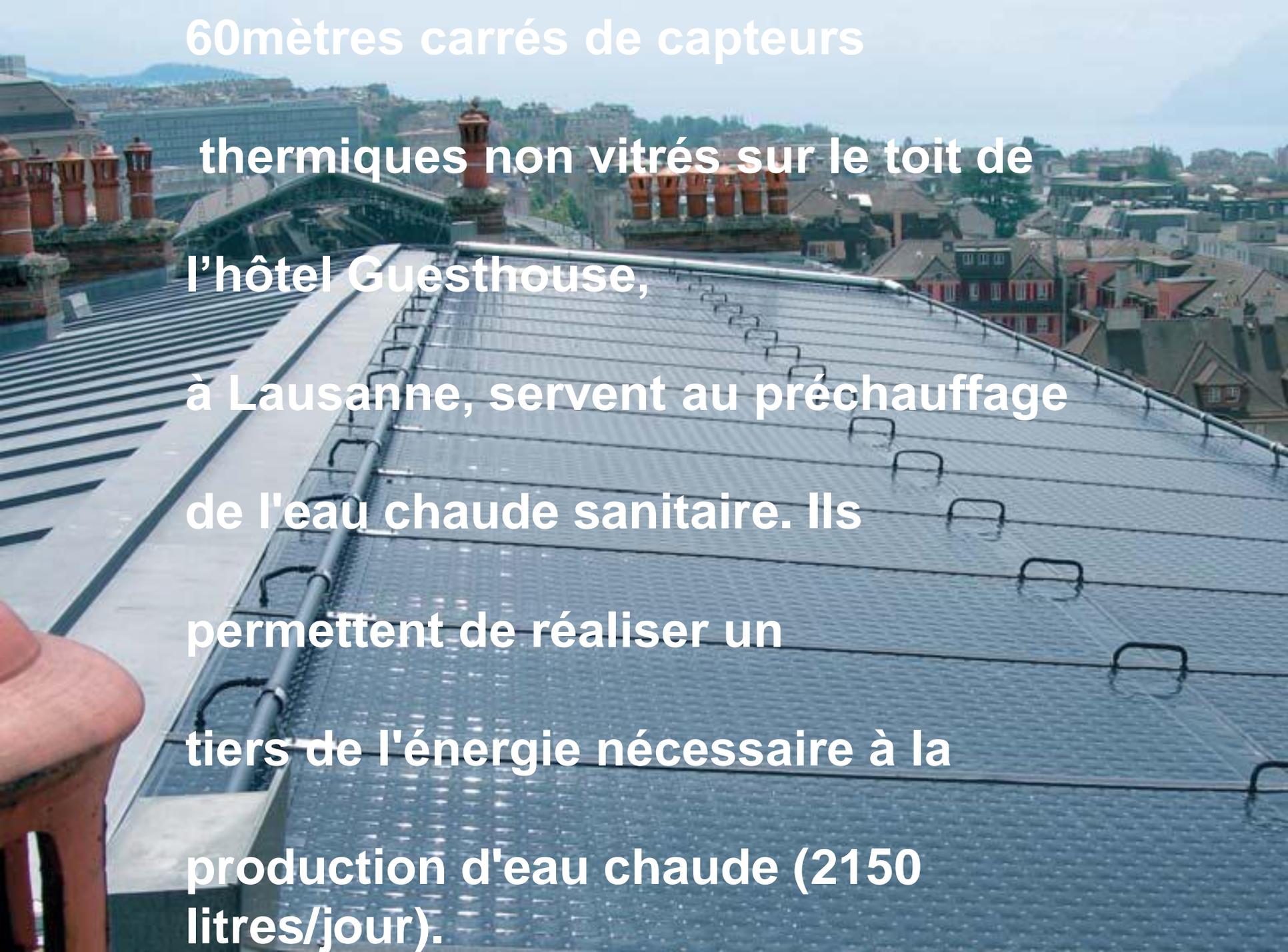
à Lausanne, servent au préchauffage

de l'eau chaude sanitaire. Ils

permettent de réaliser un

tiers de l'énergie nécessaire à la

production d'eau chaude (2150 litres/jour).





Panneaux solaires
sous vide 799 €
(htva)

Puissance

10.000 : calorifique

W. / heure

soit +/- de 6 à

8.000 w/h . par jour



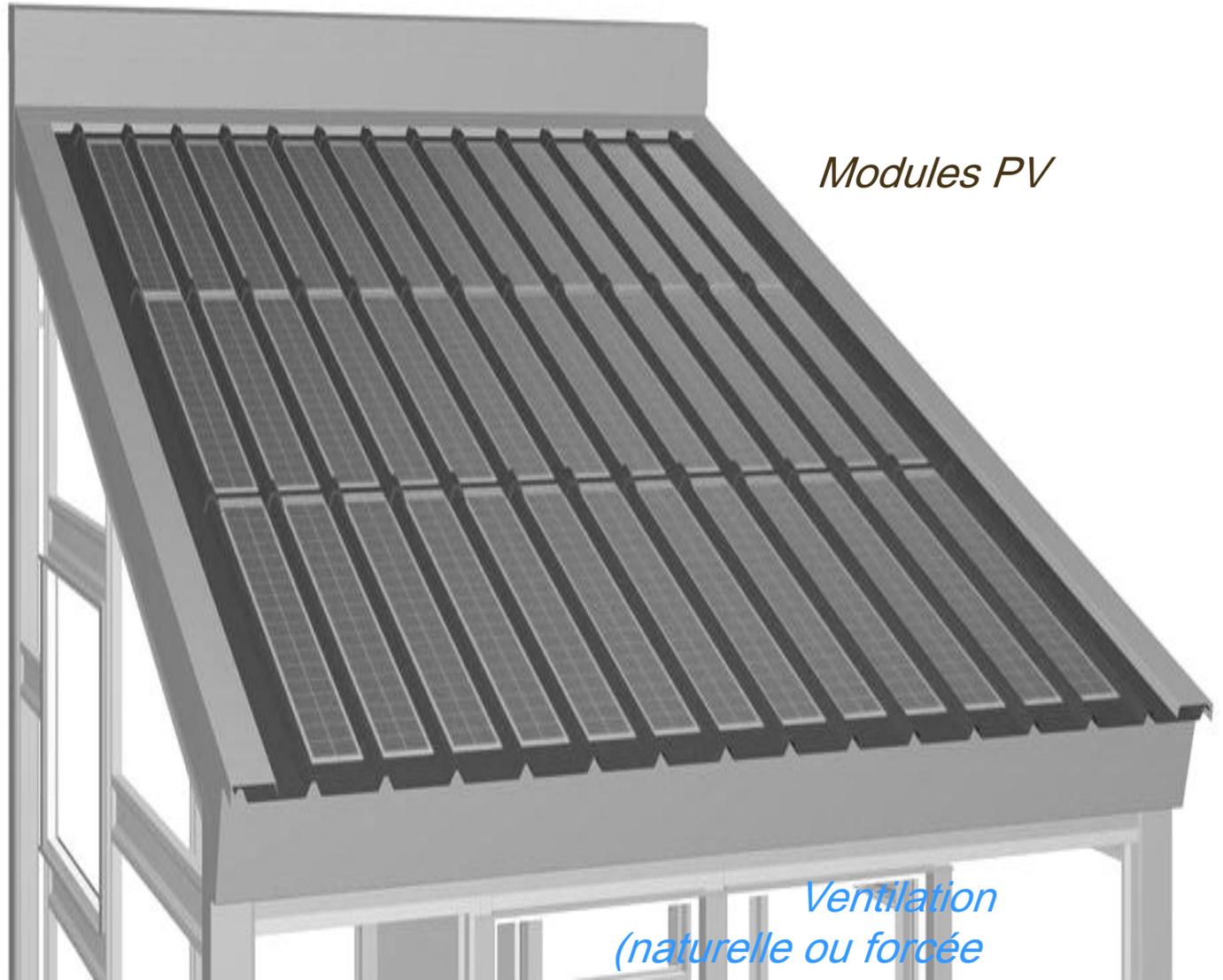
(CAPTEUR SOLAIRE DE 2 M2 (2 m x1 m
Puissance calorifique : 900W
soit +/- 3.500 w. par jour





Capteur solaire hybride (thermique+photovoltaïque)

ardage métallique

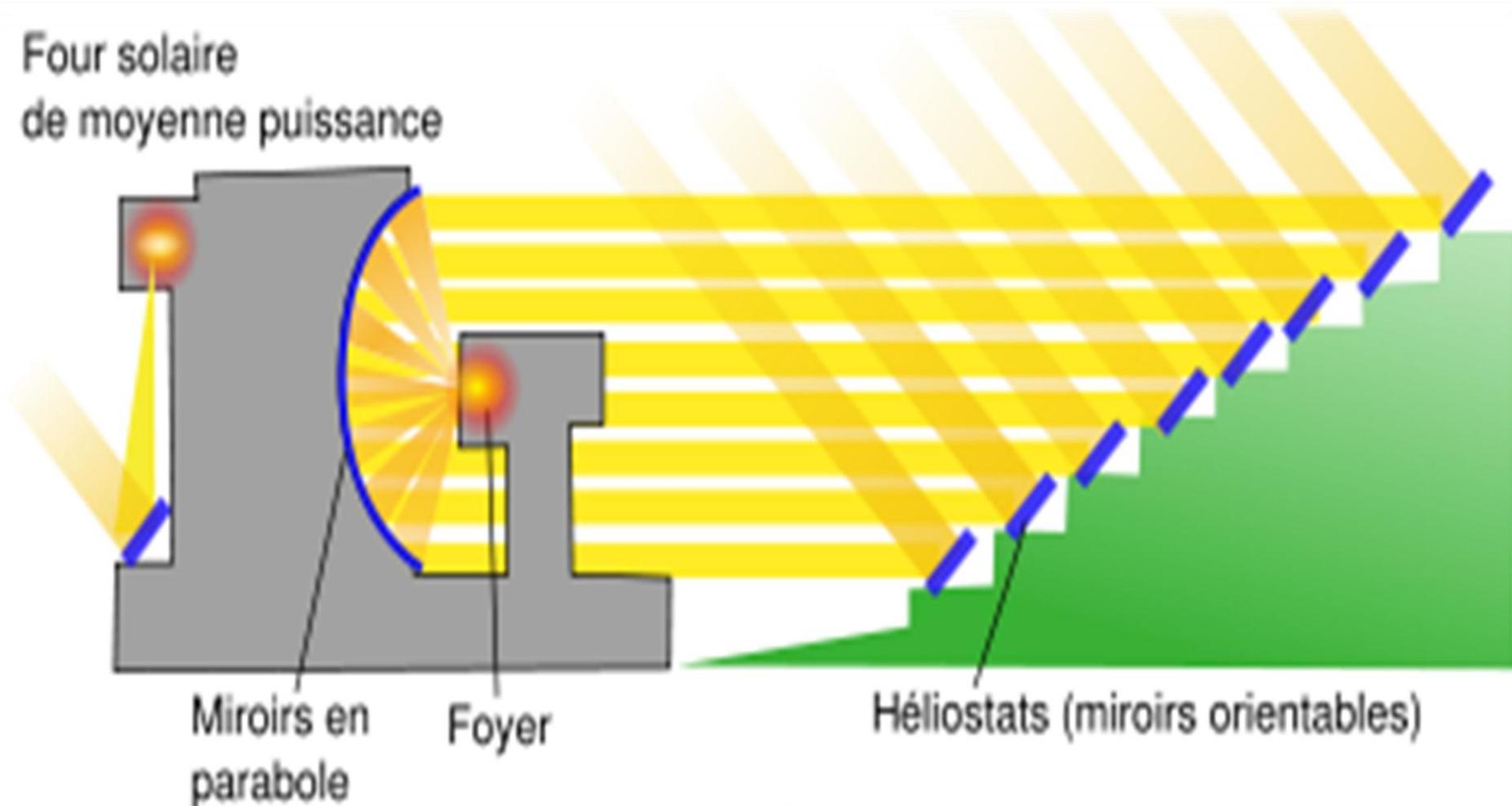


Modules PV

*Ventilation
(naturelle ou forcée)*

Le four solaire

Four solaire
de moyenne puissance



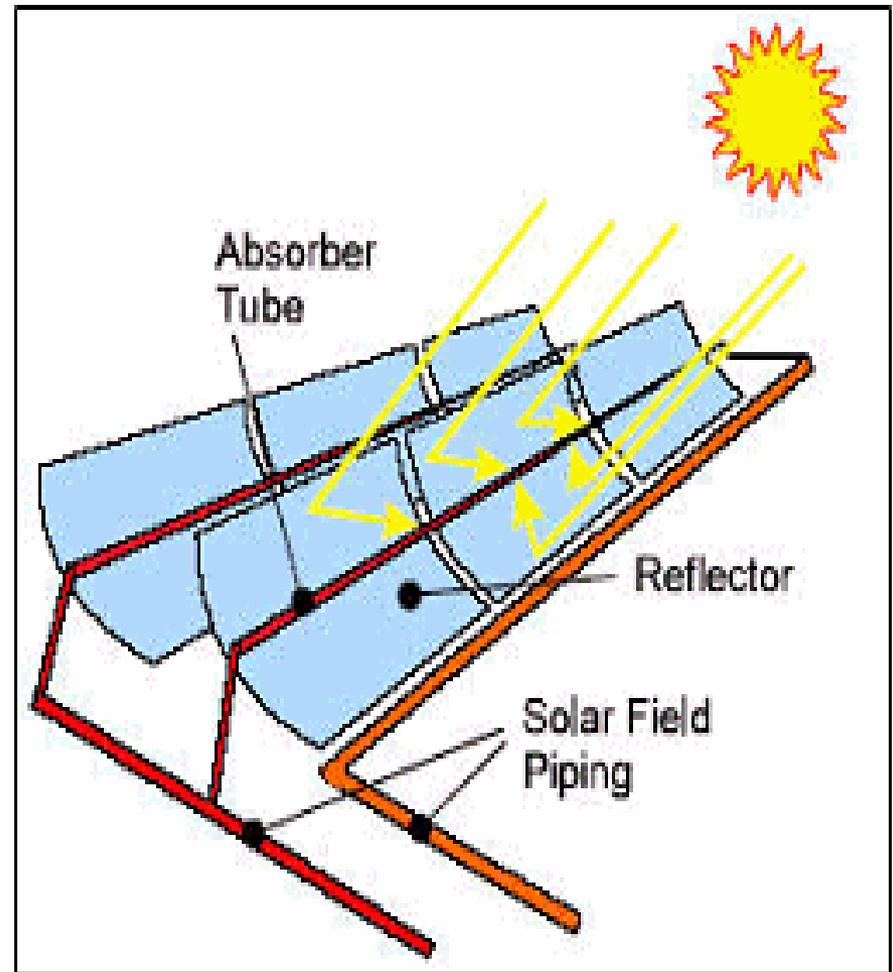
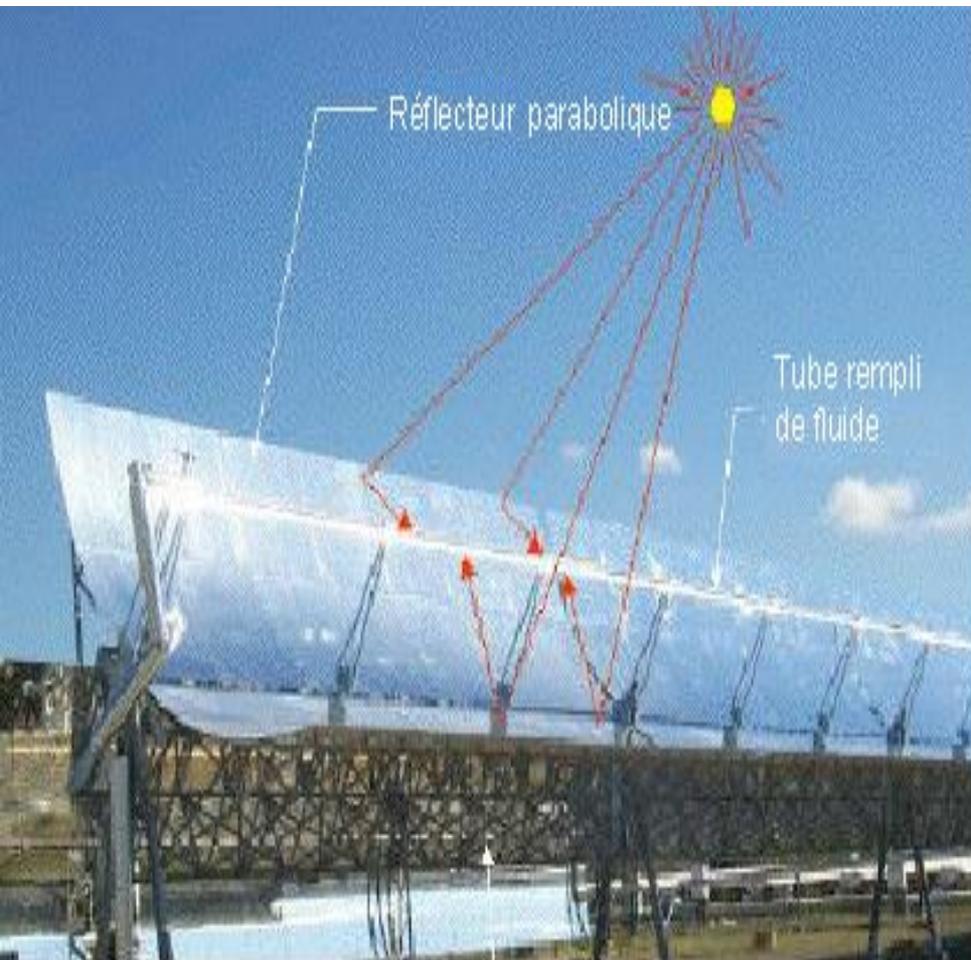
Four solaire de 1 MégaWatt



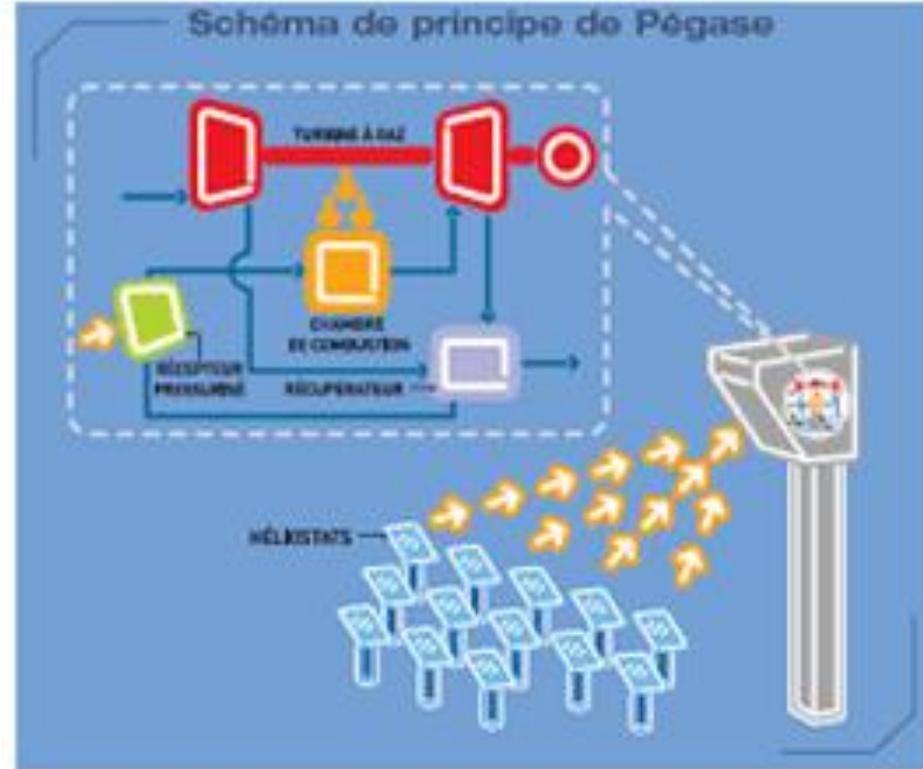
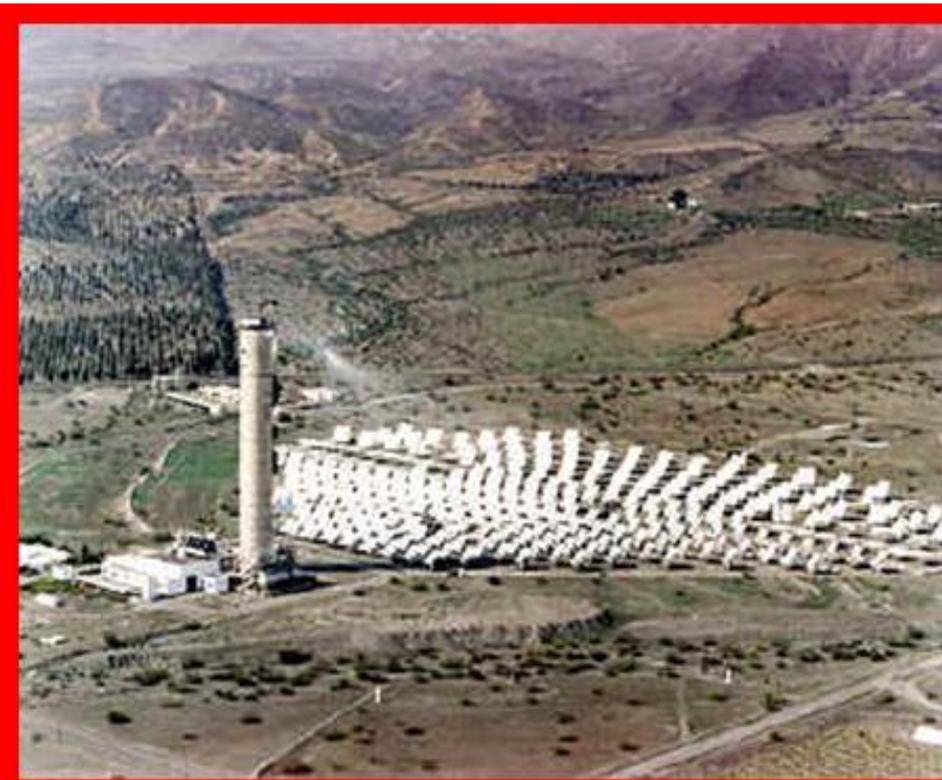
Les centrales thermiques solaires



**Capteur cylindra-parabolique
sur la Plate-forme solaire d'Almeria en Espagne**



Centrale solaire à tour (Californie)



Le stockage dans les applications solaires

Importance du Stockage

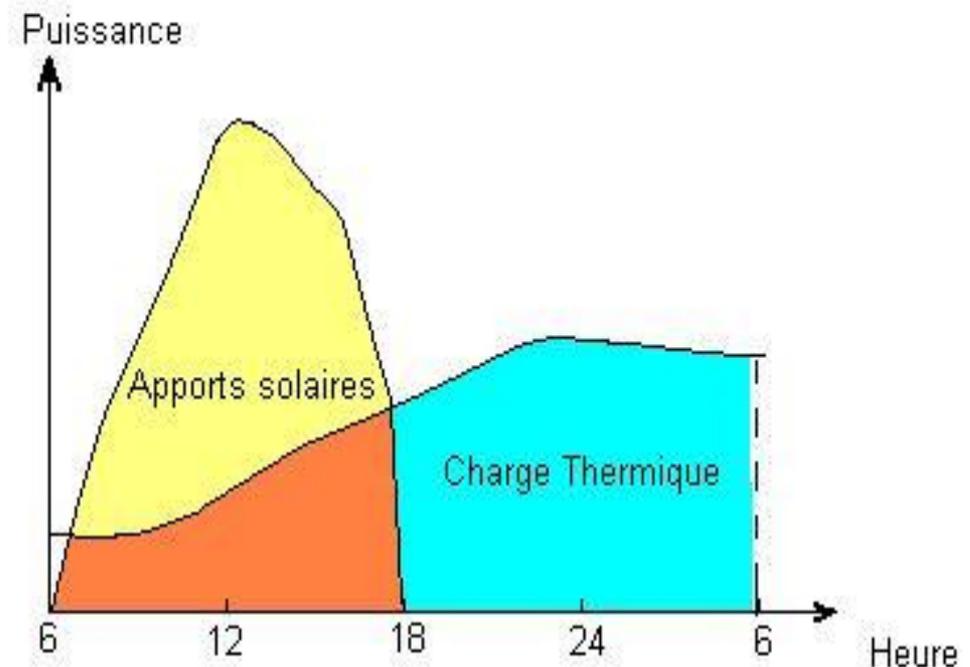
Le stockage est un élément essentiel de tout système solaire. Il permet de répondre au besoin d'énergie lorsque l'éclairement solaire est nulle ou insuffisant.

En effet, les apports et les besoins sont généralement diphasés.

Apport et charge d'un système de chauffage

L'examen des apports et charges à l'échelle de la journée d'un système de chauffage montre qu'en moyenne le besoin de chauffage augmente la nuit alors que les apports solaires n'existent que la journée.

- Une variation similaire se produit à l'échelle de l'année ou les besoins sont variables selon les saisons. Le but du stockage est d'emmagasiner l'excédent de la journée afin de restituer cette chaleur la nuit.



On distingue selon la capacité de stockage :

- **Stockage inter saisonnier ou longue durée (excédent d'énergie en été est utiliser en hiver.**
- **Stockage de courte durée. L'énergie stockée est restituée la nuit ou pendant des périodes n"excédant pas quelques jours.**

La capacité dépends :

- **Surface de captation (Nbre de capteurs)**
- **Type de capteurs**
- **Système de stockage**
- **type de climat.**

Une capacité élevée entraîne une amélioration du rendement, en effet, une faible capacité le stockage risque de saturé.

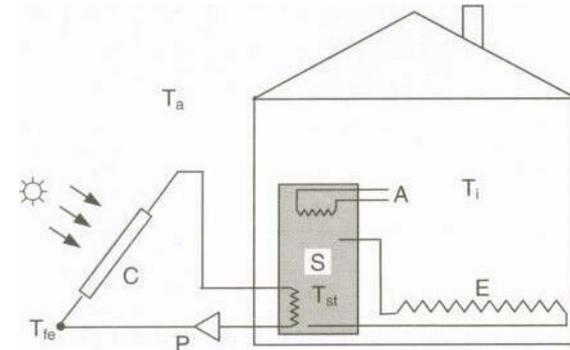
Stockage par chaleur sensible

- **C'est un volume liquide ou solide que l'on met en contact thermique avec le fluide caloporteur qui circule dans les capteurs.**
 - La chaleur transmise entraîne l'augmentation de la température du matériau.**
C'est le système le plus courant.
 - Le stockage par chaleur sensible les plus répandus sont :**
 - l'eau (utilisé pour les systèmes à fluide caloporteur liquide)**
 - les lits de pierres (dans le cas des systèmes à air chaud.**
-

Stockage par chaleur sensible

Stockage liquide

L'eau est pratiquement le stockage liquide le plus utilisé. Sa chaleur massique ($C = 4180 \text{ J/ kg } ^\circ\text{C}$) est parmi les plus élevée.



Stockage par chaleur sensible

Modélisation

Un bilan permet d'écrire :

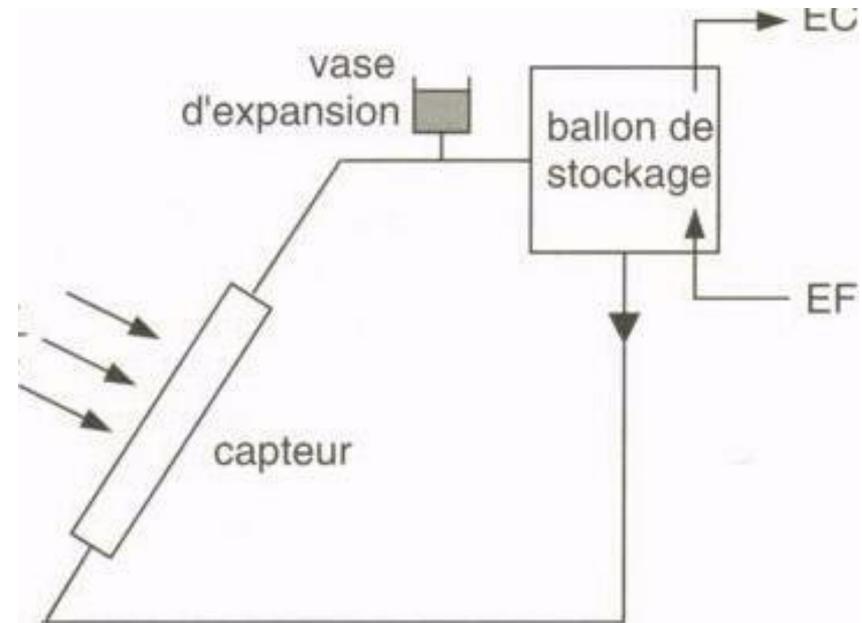
$$Q_c = Q_s + Q_u + Q_p$$

Q_c : est la puissance captée

Q_s : la puissance stockée

Q_u : la puissance utilisée

Q_p : les pertes



Chauffe eau à thermosiphon

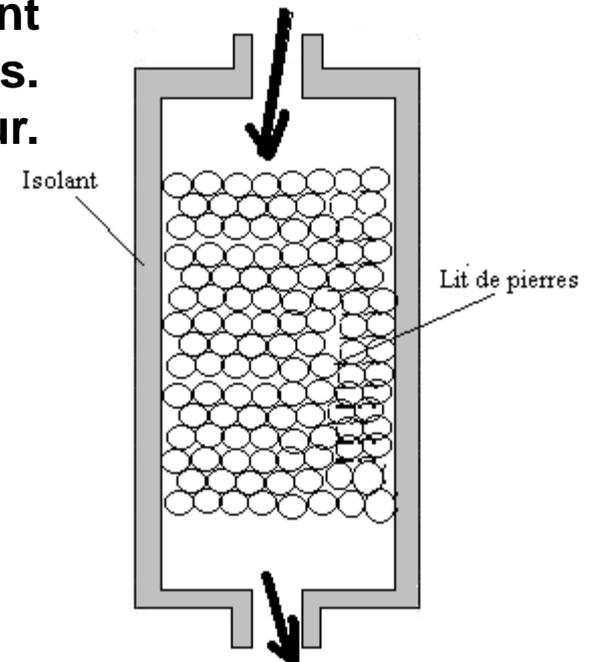
Stockage par chaleur sensible

LE STOCKAGE SOLIDE

Stockage par chaleur sensible

Stockage solide

Pendant le cycle de stockage, l'air chaud qui vient des capteurs traverse le lit de pierres de haut en bas. Il réchauffe les pierres afin de revenir vers le capteur. La restitution de la chaleur se fait de bas en haut.



Fonctionnement

Lit de pierres dans une boîte isolé, à travers lequel on fait circuler tour à tour l'air chaud qui arrive des capteurs ou l'air de l'espace à chauffer.

Fluide caloporteur utilisé : Air

: le liquide est déconseillé :

Peu pratique

Coûteux (grandes surfaces)

Stockage par chaleur sensible

Stockage solide

L'avantage de ce système réside dans le fait qu'il met une grande surface en contact avec l'air chaud.
