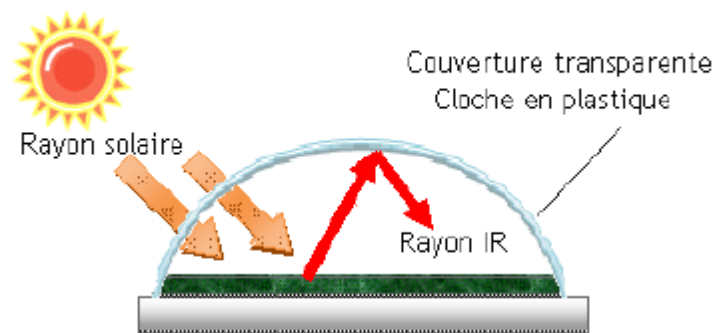


## Chapitre IV: Convertisseurs photothermiques aux basses températures

Plusieurs catégories d'applications des convertisseurs photothermiques se dégagent en fonction des niveaux des températures, on peut distinguer dans la catégorie des convertisseurs aux basses températures :

### IV.1. Cloche de jardinier

Le principe de fonctionnement se base sur le phénomène de l'effet de serre. Une surface transparente vitrée ou en plastique (pour permettre le passage des rayons incidents) piège l'énergie thermique remise sous forme des rayons infrarouges, ce qui augmente la température de l'enceinte [1].

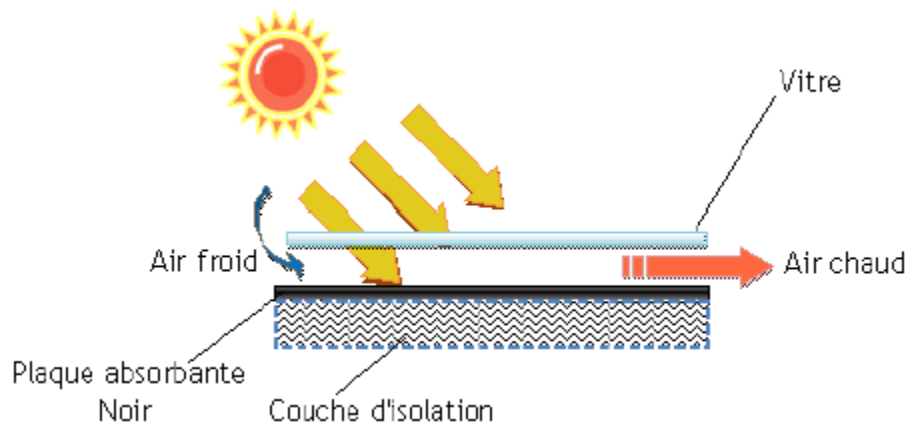


**Figure IV.1:** Cloche de jardinier

L'effet de serre permet d'obtenir des températures moyennes de plus de 20°C même par temps froid.

### IV. 2. Capteur à air

Sous un vitrage une plaque noire exposée aux rayons solaires s'échauffe d'autant plus qu'un isolant arrête les pertes arrière de chaleur. A cause de la différence de température entre l'ambient et l'intérieur du capteur l'air circule entre le verre et la tôle noire (Absorbeur) et s'échauffe.



**Figure IV.2 : Capteurs à air**

L'échauffement de l'air peut atteindre 20 à 40°C de plus que la température ambiante, le rendement du capteur est de l'ordre de 40 à 50 % en fonction des dimensions du capteur.

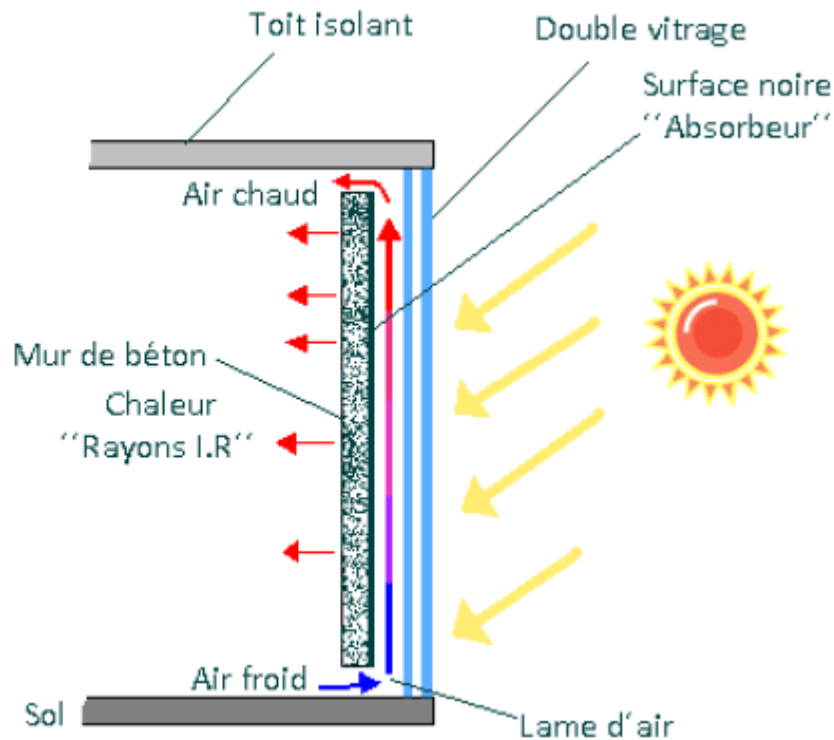
#### **Applications:**

##### ✓ **Le séchage agricole :**

Le but du séchage est de déshydrater un produit de façon à abaisser sa teneur en eau en-dessous d'une valeur permettant sa conservation à température ambiante. Le séchage a donc pour effet d'alléger le produit. Il provoque également des modifications d'aspect, de goût, de texture et de qualité nutritionnelle du produit. Le fonctionnement du séchoir dépendra directement de la quantité d'irradiation et de l'humidité du lieu d'utilisation. Il est possible de classer les séchoirs solaires en plusieurs catégories en considérant deux caractéristiques [18]:

- Un séchoir est dit couvert si l'absorbeur est protégé par une couverture transparente, il est dit non couvert dans le cas contraire.
- Un séchoir est dit à direct si le rayonnement solaire atteint directement les produits, indirect si les produits sont à l'abri du rayonnement solaire.
- Un séchoir est dit à convection naturelle si la circulation d'air est assurée par thermosiphon, ventilé si elle est assurée par une action mécanique.

✓ **L'habitat solaire par utilisation de l'air chaud (Mur Trombe Michel)**



**Figure IV.3 :** Capteur à air utilisé en climatisation

### IV.3. Distillateur solaire

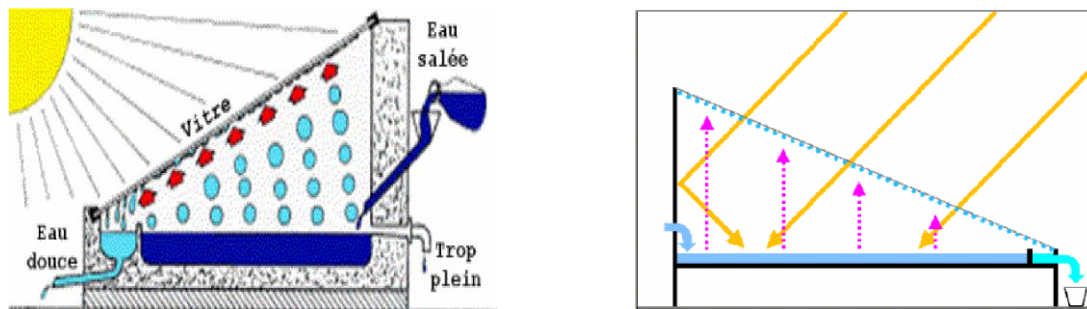
La distillation solaire est une technique qui utilise le rayonnement solaire pour chauffer de l'eau saumâtre dans un bac couvert par une vitre inclinée. L'eau salée dans le bac va se chauffer (d'autant plus vite que le bassin est noir) et avec l'augmentation de température une partie de l'eau s'évapore et la vapeur d'eau se liquéfie sur la surface intérieure de la vitre transparente [20].

Éventuellement des gouttes d'eau vont se former, couler sur la surface de la vitre et tomber dans le récupérateur situé au coin. Il faut régulièrement nettoyer le bassin pour éliminer le sel, voir la figure ci-dessous (Figure IV.4).

### Applications [1] :

- Alimentation en eau potable a partie de l'eau de mer : quelques m<sup>3</sup> /jour pour les hôtels, dispensaires etc.

- Eau distillée pour les garages ou l'industrie



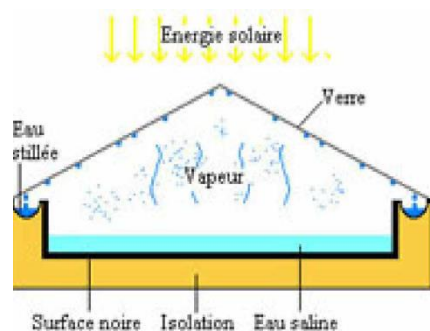
**Figure IV.4:** Principe de construction et de fonctionnement d'un distillateur solaire simple

### IV.3.1. Types de distillations solaires

Les procédés de dessalement par distillation utilisant l'énergie solaire sous forme thermique sont : distillation solaire à effet de serre et distillation solaire à multiples effets [20].

#### ➤ Distillation solaire à effet de serre

Soit une serre fermée et exposée au soleil à l'intérieur de laquelle se trouve une lame d'eau de mer ou d'eau saumâtre de quelques centimètres d'épaisseur. L'air à l'intérieur de la serre est surchauffé et saturé de vapeur d'eau (douce) qui se condense au contact de la paroi en verre relativement froide. Les gouttes d'eau douce peuvent être recueillies en bas du vitrage dans une gouttière par exemple (Figure 9).



**Figure IV.5:** présentent le principe et l'exemple d'un distillateur solaire à effet de serre

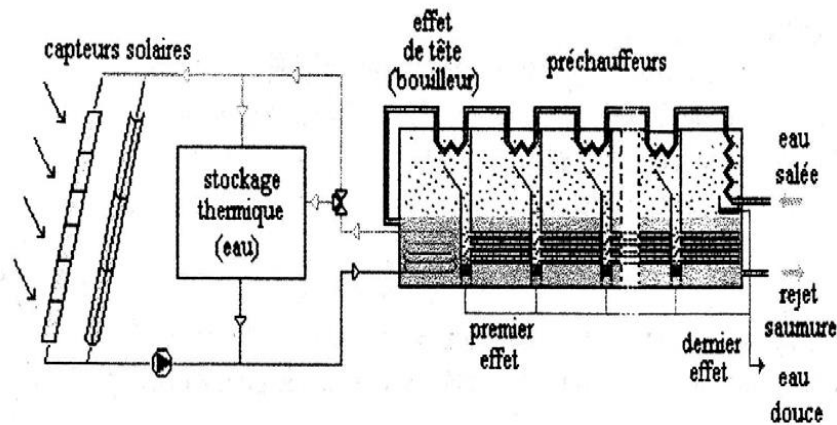
#### ➤ Distillation solaire à multiples effets

Ce procédé consiste à un ensemble d'effets successives où la vapeur produite dans un effet est utilisée pour chauffer l'eau de l'effet suivant en s'y condensant, l'apport thermique initial

est fourni à l'effet de tête (bouilleur). De part sa simplicité et sa souplesse de fonctionnement, ce procédé est le mieux disposé à s'adapter à l'énergie solaire. Cette adaptation peut se faire :

- soit avec des capteurs solaires plans pour les petites unités allant jusqu'à plusieurs m<sup>3</sup>/jour.
- soit avec des capteurs à concentration pour des capacités plus importantes.

Un stockage thermique est souvent utilisé, sous forme de réserve d'eau chaude, pour permettre d'avoir une certaine autonomie de fonctionnement en régime permanent ou intermittent.



**Figure IV.6:** Schéma d'une installation de dessalement par  
Multiples effets accouplés à des capteurs solaires

### IV.3.2. Caractéristiques du distillateur

➤ **L'efficacité globale :**  $\eta_g$  (%) donnée par la relation :

$$\eta_g = \frac{Q_{ev}}{E^* \times S} = \frac{\dot{m}_d \cdot L_{fg}}{E^* \times S}$$

$\dot{m}_d$  : Débit du distillat.

$E^*$  : Puissance solaire incidente.

$L_{fg}$  : Chaleur latente d'évaporation de l'eau.

$S$  : Superficie du capteur (air de la vitre)

$Q_{ev}$  : Puissance d'évaporation

➤ **L'efficacité interne :**  $\eta_i$  (%)

Si l'efficacité globale est le rapport de l'énergie de la quantité d'eau produite à l'énergie solaire tombant sur une surface horizontale, elle ne fait pas mention de la quantité d'énergie entrant réellement dans le distillateur, d'autant plus qu'un distillateur est construit en général pour un lieu donné et avec une pente de couverture fixe. Un changement de pente et de localité variera la quantité d'énergie pénétrant dans le distillateur. On définit donc une efficacité dite interne qui tient compte de tous ces paramètres et qui est définie par :

$$\eta_i = \frac{Q_{ev}}{Q_{eau}}$$

La quantité de chaleur absorbée par l'eau dépend de l'angle d'incidence du rayonnement d'incident par rapport à la vitre. On trouvera dans le tableau 2 les coefficients moyens globaux de réflexion, d'absorption, de transmission d'une vitre de 6 mm d'épaisseur, d'une nappe d'eau ( $e \approx 15$  mm) et du fond du distillateur.

Pour une intensité globale  $E^*$ , l'expression de  $Q_{eau}$  est :

$$Q_{eau} = (\tau_v \cdot \alpha_e + \tau_v \cdot \tau_e \cdot \alpha_f) \cdot E^* \cdot S$$

$$\alpha_t = \tau_v \cdot \alpha_e + \tau_v \cdot \tau_e \cdot \alpha_f$$

Avec :

$\tau_v$  : Coefficient de transmission du vitre ;

$\tau_e$  : Coefficient de transmission de l'eau ;

$\alpha_e$  : coefficient d'absorption de l'eau ;

$\alpha_f$  : Coefficient d'absorption du fond de distillateur ;

$\alpha_t$  : Coefficient d'absorption fictif du distillateur ;

$E^*$  : Puissance solaire incidente.

$Q_{eau}$  : Puissance absorbée par l'eau distillée.

### IV.3.3. Bilans énergétiques dans un distillateur simple

- **Echanges de chaleur à l'intérieur du distillateur**
- **Echange de chaleur de l'eau entre l'absorbeur et la surface de condensation**

L'eau reçoit de l'absorbeur un flux solaire ou de chaleur par convection naturelle et conduction.

L'eau cède un flux de chaleur par rayonnement et par convection naturelle aux surfaces de condensation. Puisque il existe une évaporation, l'eau perd un flux de chaleur.

- **Echange de chaleur entre la vitre et la surface d'eau**

Les flux solaires incidents cédés par la nappe d'eau ne sont pas reçus intégralement par la surface de condensation à cet égard au cours du transfert une partie est absorbée par l'atmosphère interne et les parois latérales.

Les vitres reçoivent les flux incidents par convection naturelle, par rayonnement et par condensation de la vapeur d'eau.

- **Echange de chaleur entre la vitre et l'ambient**

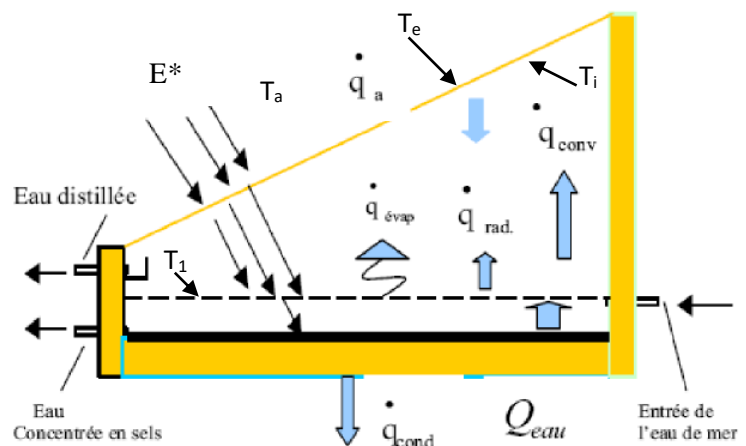
Le milieu extérieur fournit un flux de chaleur par rayonnement solaire à la vitre, dont une partie est réfléchiée.

La vitre cède au milieu extérieur un flux de chaleur par rayonnement et par convection naturelle.

#### Modélisation mathématique

La figure illustre les différents échanges de chaleur qui se produisent dans un distillateur solaire. Pour un régime permanent, la chaleur absorbée par les parois est négligeable par rapport à celle reçue par la masse d'eau.

Les équations régissant le bilan thermique au niveau de chaque partie du distillateur, s'écrivent comme suit



#### Bilan thermique de la masse d'eau

$$\dot{q}_r + \dot{q}_c + \dot{q}_e + \dot{m}_d C_e (T_1 - T_a) = \alpha_t S E^*$$

$\dot{q}_r + \dot{q}_c + \dot{q}_e$  : Quantités de chaleur perdues, par rayonnement, convection, évaporation, par la masse d'eau par unité de temps.

$\dot{m}_d C_e (T_1 - T_a)$  : Chaleur perdue par addition d'eau d'appoint supposée à température  $T_a$  et de chaleur massique  $C_e$ .

La quantité de chaleur perdue évaporation est donnée par :  $\dot{q}_e = \dot{m}_d L(T_1)$

### Bilan thermique de la vitre

La quantité de chaleur reçue par la vitre est évacuée par conduction à travers celle-ci, la chaleur traversant la vitre est transmise ensuite au milieu extérieur soit :

$$\dot{q}_r + \dot{q}_c + \dot{q}_e = \frac{\lambda_v}{e}(T_i - T_e)S = h_c(T_e - T_a)S + h_r(T_e - T_a)S$$

$\lambda_v$  : conductivité thermique de la vitre ;

$e$  : épaisseur de la vitre ;

$h_c, h_r$  : coefficients d'échange par convection et rayonnement entre la vitre et l'extérieur.

### IV.4. Les capteurs à eau (sans vitrage)

Ces capteurs sont composés d'un simple absorbeur constitué d'un réseau de tubes accolés soit en plastique soit en caoutchouc de couleur noire. L'eau à chauffer circule dans les tubes. La température pouvant être atteinte (sans vent) environ 45°C. Le rendement est de l'ordre de 30% [1].

### Applications :

- Préchauffage des eaux sanitaire dans les centrales de chauffe.
- Chauffage des piscines

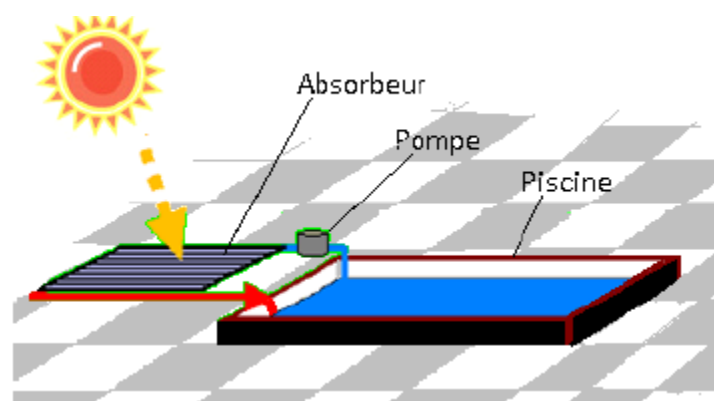


Figure IV.7: Chauffage des piscines

Il est à remarquer qu'à ce niveau thermique le stockage de l'eau chaude est très efficace.



#### IV.5. Tour solaire

L'air qui se trouve entre le sol (Absorbeur) et le verre (Couverture) d'abord chauffé par une surface de captage solaire formée d'une couverture transparente et agissant comme une serre. L'air chaud étant plus léger, il s'échappe par une grande cheminée centrale. La différence de température entre la partie basse et la partie haute de la cheminée donne lieu à un déplacement perpétuel de l'air (convection naturelle). Cette circulation d'air permet alors à des turbines situés à l'entrée de la cheminée de produire de l'électricité [21].

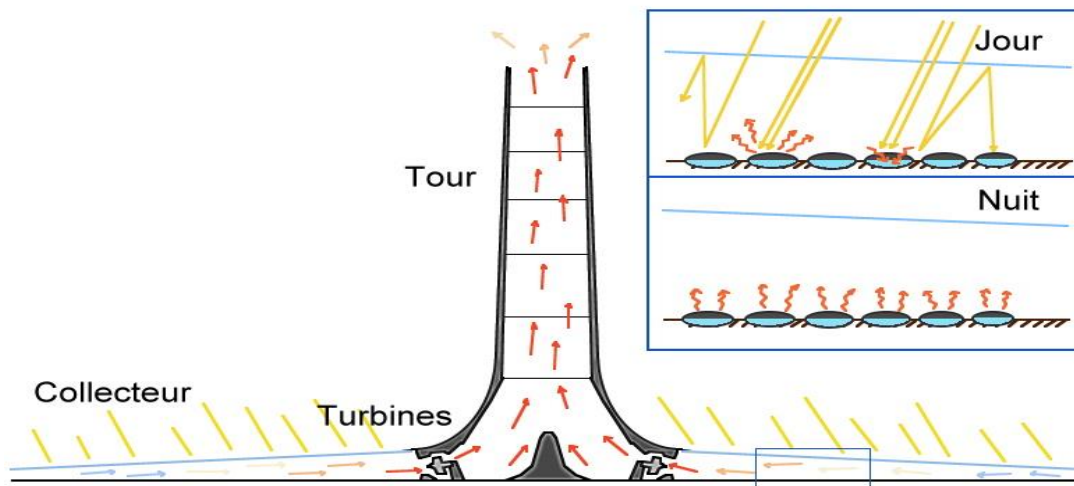


Figure IV.8: Tour solaire

Au centre de la serre la température peut atteindre  $30^{\circ}\text{C}$  supérieure à celle de l'extérieur. Le rendement de ce type d'installation est directement proportionnel à la hauteur du cheminée, à la surface du collecteur de chaleur et à l'ensoleillement direct. Théoriquement l'électricité produite peut atteindre 200 MW.

#### Application: [10]

- Actuellement cette machine utilisée seulement pour produire de l'électricité.
- Premier prototype au sud Madrid de l'Espagne délivré en pointe 50KW.

- Australie cinq fois plus grand que celle de l'Espagne : Hauteur du cheminé 1000 m, Surface du collecteur solaire 40 Km<sup>2</sup>, Capacité environ 200 MW.