

# Dimensionnement d'une installation solaire collective

central solaire

## Démarche adaptée

### 1/ Calcul des besoins énergétiques en moyenne mensuelle

$V$  consommation journalière d'eau froide en moyenne mensuelle.

$\tau$  température de corrigée de l'eau chaude supposée constante sur l'année.

### 2/ Calcul de rayonnement global journalière en moyenne mensuelle sur le plan des capteurs.

$\tau$  rayonnement global horizontal journalier en moyenne mensuelle.

$\tau$  Inclinaison et orientation des capt

### 3/ Calcul du taux de couverture solaire

$\tau$  capteurs. Surface totale  $S$ , Volume de captation  $V$

$\tau$  circuit primaire

$\tau$  schéma de l'installation

### 4/ Déduction des bilans énergétiques journaliers mensuels et annuels

## Prédimensionnement

### 1. prédimensionnement de la surface de captation

a. recherche d'une valeur centrale

on définit  $S_{CO}$  de façon à avoir  $S_{CO} = 100 \text{ m}^2$   
Exp: pour une consommation de 2000 litres/jour, la valeur centrale  $S_{CO}$  est égale à  $20 \text{ m}^2$

b. plage  $[S_{CO} - 10\%, S_{CO} + 10\%]$

c. les contraintes:

contrainte 1: coût d'investissement maximal autorisé  $I_{max}$

contrainte 2: Surface disponible pour les capteurs sur le site en sachant que l'inclinaison des capteurs dépend de la latitude du lieu et de la saisonnalité des besoins.

Dans la Tunisie la pratique, on utilise généralement des inclinaisons de  $30^\circ, 40^\circ$

### 2. prédimensionnement du volume de stockage $V_s$

a. Recherche d'une valeur centrale  $V_{SO}$ :  $V_{SO} = \tau_{a} \times \left( \frac{V_{jcr}}{365}, \frac{V_{jcd}}{365} \right)$

b. Définition de la plage de variation:  $(V_{SO} - 10\%, V_{SO} + 10\%)$

c. Les contraintes:

contrainte 1: coût d'investissement maximale autorisé  $I_{max}$

contrainte 2: Surface disponible pour l'installation des ballons

contrainte 3: Contrainte liée à la méthode Solo ( $20 < \frac{V_s}{S_c} < 300$ )

## 5/ Dimensionnement de l'échangeur :

### 1. puissance de l'échangeur :

$$P = m \cdot c_p \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

$$m = \rho \cdot V_{\text{ballon}}$$

$$c_p = 4186 \text{ J/kg} \cdot \text{C} \quad \text{capacité calorifique de l'eau du ballon}$$

### 2. efficacité de l'échangeur :

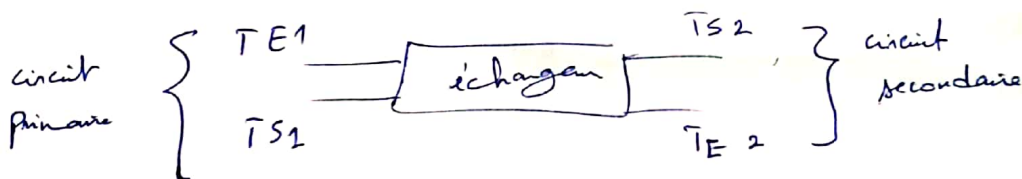
$$\varepsilon = \frac{\Delta T_1}{\Delta T_e}$$

$\Delta T_e$  : écart maximum des températures :  $T_{E1} - T_{E2}$

$\Delta T_1$  : écart des températures en l'entrée de l'échangeur de débit de capacité thermique le plus faible

si  $C_2 < C_1$  :  $\Delta T_1 = T_{S2} - T_{E2}$

si  $C_2 > C_1$  :  $\Delta T_1 = T_{E1} - T_{S1}$



### 3. rapport des débits de capacité thermique :

$$m = \frac{C_2}{C_1}$$

$m$  ne doit pas être < 0,1

App : on souhaite dimensionner l'échangeur de chaleur de l'installation pour échauffer l'eau de chauffage de l'eau froide de température  $20^\circ\text{C}$  à une température  $60^\circ\text{C}$ .

- débit de capacité thermique  $C_1 = 40$
- Le rapport des débits de capacité thermique  $m = 0,1$
- Efficacité de l'échangeur est  $\varepsilon = 0,8$

1) Déterminer la température à la sortie du circuit secondaire sachant que  $T_{E1} = 40^\circ\text{C}$  et  $T_{E2} = 20^\circ\text{C}$

2) Calculer la puissance de l'échangeur.

$$C_2 = m \cdot C_1 = 0,1 \cdot 40 = 4 \Rightarrow C_2 < C_1 \Rightarrow \Delta T_1 = T_{S2} - T_{E2}$$

$$T_{S2} = \frac{\varepsilon \cdot \Delta T_e}{1 - \varepsilon} + T_{E2}$$

$$= \frac{0,8 \cdot 20}{1 - 0,8} + 20$$

9

$$1/\epsilon = \frac{(T_{S2} - T_{E2})}{(T_{S1} - T_{E1})} = 9,8$$

$$T_{S2} = 36^\circ$$

2/

$$P = c2 (36 - 20)$$

→ puissance de pompe

Hauteur d'élévation du fluide

~~Hauteur d'élévation du fluide~~

$$P = \rho \cdot g \cdot Q (H + \sum (p_{dc}))$$

↓  
débit mesuré  
par la pompe

↓  
perte de charge singulière

$$P_{ech} = m \cdot c_p \Delta T$$

↓  
chaleur échangée



## **Enoncé :**

Les installations solaires thermiques sont à fortes efficacités énergétiques et performants en termes de récupération d'énergie renouvelables - et « gratuites » permettent de réduire considérablement la consommation d'énergie primaire.

Les installations Solaires Thermiques Collectives destinées au préchauffage de l'Eau Chaude Sanitaire – poste de consommation d'énergie prépondérant sur la facture énergétique d'un bâtiment performant - en font partie. A ce jour, elles sont souvent prescrites par les bureaux d'études, en neuf ou rénovation. Leur principal intérêt est de faire gagner une part non négligeable d'énergie ; elles devraient connaître un essor encore plus important à l'avenir.

Le soleil est la source d'énergie des capteurs solaires thermiques. Cette ressource est difficilement maîtrisable et très variable. Par ailleurs, la quantité d'énergie récupérée peut ne pas correspondre aux besoins d'eau chaude sanitaire, eux aussi fluctuants et dépendants de l'occupation du bâtiment.

Tout ceci se traduit par des sous ou surproductions d'énergie qui sont à prendre en compte dès les phases de dimensionnement et de conception.

Dans ce cadre, une équipe d'ingénieurs ont pris la charge d'un projet de dimensionnement d'une centrale solaire thermique avec un investissement maximal ne dépassant pas 450Dt/m<sup>2</sup>, cette installation est destinée à satisfaire les besoins d'un hôtel qui comporte 319 chambres doubles, ses besoins en eau chaude pour une chambre avec bain est de 50l /j par personne à 45°C et pour la cuisine 4l/j et par repas à 60°C. Le taux d'occupation annuel de l'hôtel est de 70%.

La première solution proposée est d'utiliser des batteries de 6 capteurs en parallèle chacune tout en prenant le débit d'eau pour un capteur est 40l/hm<sup>2</sup> avec un capteur de surface 2.1m<sup>2</sup>. Deux circuits sont présents dans l'installation, la longueur totale des conduites du circuit primaire est de 280m et celle du circuit secondaire est de 120m. L'échangeur installé est d'efficacité 0,8 tout en utilisant un rapport de capacité calorifique  $m=0.5/$

*longueur des conduites : 280m du circuit primaire*

Afin d'effectuer ce projet cette équipe a pris en considération l'étude la perte de charge tout en sachant que la hauteur d'élévation du fluide est de 15m.

(La perte de charge dans le circuit primaire est de 65 mCE alors due celle dans le circuit secondaire est de 18.6 mCE et la perte de charge dans les capteurs est de 0.1 mCE).

La couverture solaire a été déterminée en utilisant la valeur centrale de volume de stockage sachant que le champ des capteurs est orienté Sud -Ouest et incliné 30° par rapport à l'horizontal.

Dans le but de convaincre l'investisseur, une analyse économique était primordiale. Pour ce faire, plusieurs paramètres et facteurs sont pris en compte à savoir :

### ***PROSIT n°1 : Dimensionnement d'une installation solaire Thermique***

- l'investissement de l'installation classique est 30 000DT;
- les frais d'entretien sont estimés à 2% de l'investissement,
- Le taux d'actualisation =1,2%
- La durée de vie des équipements est estimée de 30 ans
- Le combustible utilisé pour l'installation classique et pour l'appoint solaire est le fuel dont le prix est 35millimes /Kwh.

*A vous de juger la solution envisagée .....*

2-202

Projet n°1 = Dimensionnement d'une installation  
système thermique

1. Besoin journalier en eau chaude à 11°C :

• Pour la douche :

$$m_1 C_p \Delta T_1 = m_D C_p \Delta T_2$$

$$319 \cdot 2 \cdot 50 \quad m_D = m_1 \cdot \frac{\Delta T_1}{T_{T_2}}$$

$$m_D = 319 \cdot 50 \cdot 2 \cdot \frac{45-10}{55-10} = 21\,511,11 \text{ l/j}$$

• Pour la cuisine :

$$m_c C_p \Delta T_1 = m C_p \Delta T_2$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow m_{\text{cuisine}} &= m_{\text{cuis}} \cdot \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \\ &= 4 \cdot 2 \cdot 319 \cdot 2 \cdot \frac{60-10}{55-10} \\ &= 5\,671,11 \text{ l/j} \end{aligned}$$

• besoin :

$$B = m_{\text{cuisine}} + m_{\text{douche}} = 30\,482,22 \text{ l/j}$$

• besoins totaux :

$$B_T = B \times 0,7 = 21\,337,55 \text{ l/j}$$

2. Déterminer la surface de captation à utiliser 1m<sup>2</sup> pour 100l

$$\text{Donc } S_{co} = 213 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Surface de 1 cap : } 21 \text{ m}^2 & \left\{ \begin{array}{l} \text{nbr de capteur} \Rightarrow 102 \text{ capteur} \\ \text{Surface totale } 214 \text{ m}^2 \end{array} \right. \end{aligned}$$

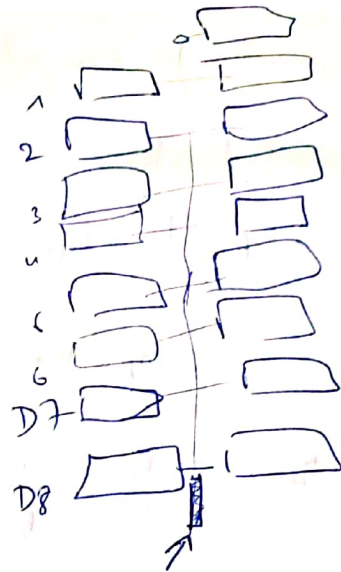
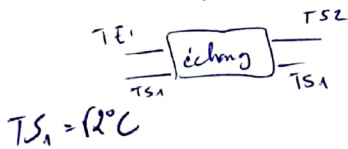
(1)

nombre de batteries: 17 batteries

$$m = \frac{m_2 c_p}{m_1 c_p} = \frac{m_2}{m_1} = 0,1 \Rightarrow m_2 = 20 \text{ l/hm}^2$$

Débit total:

$$D_8 = \frac{17 \times 6 \times 2,1 \times 40}{3600} = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

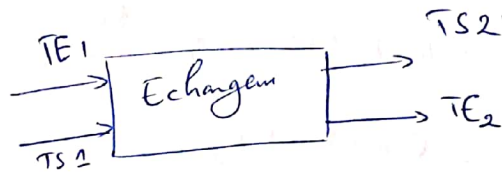


~~puissance de la pompe:~~

~~$$P = \rho \cdot g \cdot Q (H + \sum (P_{dc}))$$
  

$$= \rho \cdot g \cdot (23 \cdot 10^{-3}) (17 \cdot 10^{-3} + (65 + 18,4 \cdot 10^{-3}))$$~~

puissance éch =  $m_2 c_p \Delta T$



$$m = \frac{m_2 c_p}{m_1 c_p} = 0,1$$

$$\Rightarrow m_2 = 20 \text{ l/h}$$

$$\varepsilon = \frac{TS_2 - TE_2}{TE_1 - TE_2}$$

ou

$$P = m g c_p \Delta T$$

avec  $P$  et  $c_p$  constants



## Les pertes de charges

3)

linéaire → singulière

longueur des conduites

m → 20 mm CE

majoration par 30%

perte linéaire  $\times 1,3$

circuit primaire

longueur : 295 m

perte de charge 8 mCE

circuit secondaire

longueur 125 m

perte 19,4 mCE.



soutirage : Besoin d'un captan.

Besoin total : 21337 L/j à 11°C

soutirage :  $\frac{21337}{102} \approx 209 \text{ L/j captan}$

Le volume de stockage : 20.000 L

$V_{\text{captan}} \approx 196 \text{ L/capt}$

abaque → Energie récupérable : 1630 kWh/an

$\Phi_{\text{conv}} = 2102,7 \text{ kWh/an}$

taux de conversion :  $\frac{\Phi_{\text{Abaq}}}{\text{Besoin}} \approx 60\%$