

# Etude d'une installation de climatisation solaire.

Ahmed BELLAGI, Radhouane BEN JEMAA \*

<sup>1</sup>Unité de Recherche en Thermique et Thermodynamique des Procédés Industriels, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Monastir, Tunisie

\* (auteur correspondant : r\_bjemaa@yahoo.fr)

**Résumé** - La climatisation de la plupart des bâtiments est assurée par des machines frigorifiques à compression, ce qui va clairement à l'opposé d'objectifs d'économie d'énergie et de protection de l'environnement. Nous proposons l'étude d'une installation de climatisation solaire : couplage capteurs solaires thermiques et machine frigorifique à absorption. Nous cherchons, pour une puissance frigorifique donnée, la surface du champ de capteurs nécessaire en fonction du taux de couverture solaire, pour le climat tunisien.

## Nomenclature

$A$	surface des capteurs, $m^2$	$P_{gen}$	puissance apportée au générateur, $kW$
$B$	facteur optique	$T_a$	température ambiante dans l'environnement du capteur, $^{\circ}C$
$B_{ener}$	besoins énergétiques nécessaires, $kWh.j^{-1}$	$T_m$	température moyenne du capteur, $^{\circ}C$
$E$	énergie solaire utile, $kWh.j^{-1}$	$t_j$	temps de fonctionnement journalier, $h$
$H_j$	rayonnement solaire global reçu dans le plan des capteurs, $kWh.m^{-2}.j^{-1}$	$TS$	taux de couverture solaire
$K$	coefficient de déperditions global du capteur, $W.m^{-2}.K^{-1}$	$W$	puissance de l'irradiation solaire mesurée dans le plan du capteur, $W.m^{-2}$
$K'$	coefficient de déperditions global du capteur de second ordre, $W.m^{-2}.K^{-2}$	<i>Symboles grecs</i>	
$N$	nombre de capteurs	$\eta$	rendement d'un capteur
		$\eta_{dis}$	rendement de distribution

## 1. Introduction

La Tunisie connaît une demande de confort thermique de plus en plus exigeante de la part du citoyen. Cette demande de confort thermique nécessite en particulier des installations de chauffage et de climatisation très énergivores. En plus, en été, la charge électrique maximale annuelle de pointe est souvent enregistrée dans la matinée, plus précisément vers midi.

La croissance de cette demande, en particulier dans les régions chaudes, imposent de s'orienter vers de nouvelles solutions. De ce fait le rafraîchissement solaire de bâtiments est une des solutions les plus attractives à l'heure actuelle. Contrairement aux autres applications solaires telles que l'eau chaude, la demande en climatisation est en adéquation avec la période où le rayonnement solaire est le plus intense [1]. Le climat tunisien favorise l'utilisation de ces systèmes puisqu'il dispose d'un bon gisement solaire.

Il existe de multiples configurations possibles d'installations solaires de rafraîchissement de locaux. Les deux systèmes couplage capteurs solaires thermiques et machine frigorifique à sorption (absorption ou adsorption), et couplage capteurs solaires thermiques à un système de conditionnement d'air par rafraîchissement évaporatif (DEC) ont fait l'objet de réels travaux de développement et d'opérations de démonstration de taille significative [2].

Le système dont nous proposons l'étude, est un couplage de capteurs solaires à tubes sous vides et une machine frigorifique à absorption.

## 2. Description du système de climatisation

Le système solaire à absorption est composé des éléments suivants :

- Un champ de capteurs solaires à tubes sous vide,
- Un ballon de stockage d'eau chaude à appoint hydraulique intégré,
- Une machine frigorifique à absorption,
- Un système de régulation.

### 2.1. Capteur solaire

Pour caractériser les performances d'un capteur, on effectue des essais normalisés selon la norme NF EN 12975-2 et l'équation du rendement d'un capteur est [3]:

$$\eta = B - K \frac{(T_m - T_a)}{W} - K' \frac{(T_m - T_a)^2}{W} \quad (1)$$

Avec :

$T_m$ : la température moyenne du capteur (en première approche la moyenne entre la température d'entrée et la température de sortie du capteur en °C),

$T_a$  : la température ambiante dans l'environnement du capteur (en °C),

$w$  : la puissance de l'irradiation solaire mesurée dans le plan du capteur (en  $W.m^{-2}$ ).

Dans la pratique, le coefficient  $K'$  étant très faible, il est souvent négligé et un capteur solaire est caractérisé par les coefficients  $B$  et  $K$ .

Le capteur utilisé dans cette étude est de surface  $1,764 m^2$  et il possède les caractéristiques suivantes [4]:

coefficients	valeurs
B	0,779
K	$2,103 W.m^{-2}.K^{-1}$
K'	$0,0107 W.m^{-2}.K^{-2}$

Tableau 1 : Caractéristiques du capteur

### 2.2. Machine frigorifique à absorption

La machine frigorifique est de marque Yazaki, de type WFC-SC 5. La puissance frigorifique de cette machine est 17,6 kW et elle fonctionne avec le couple  $H_2O/LiBr$ . La figure 1 représente le schéma de principe de cette machine, le tableau 2 donne ses caractéristiques techniques et la figure 2 donne les puissances échangées [5].

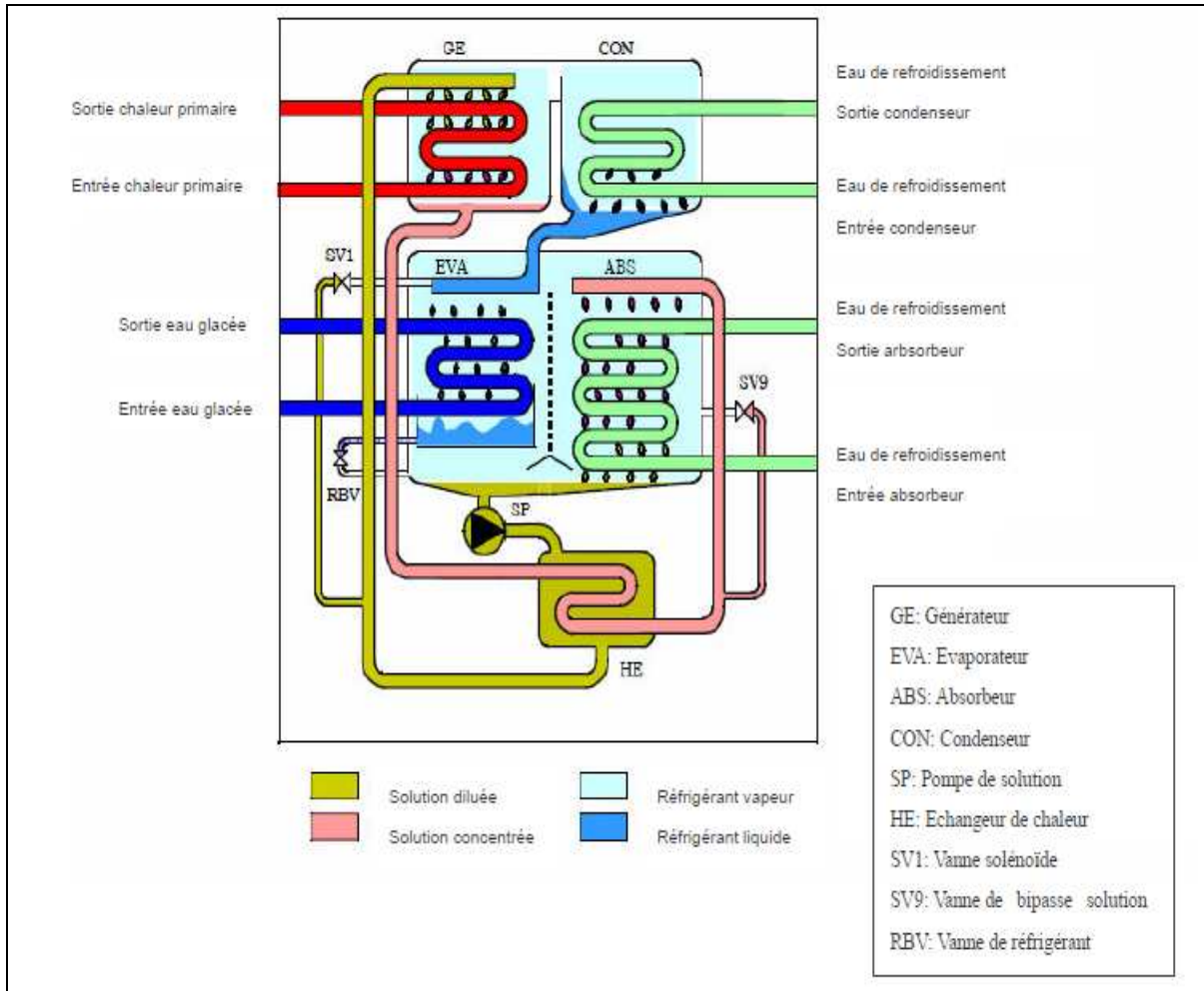


Figure 1 : Schéma de principe du refroidisseur WFC-SC5 (source : Yazaki)

Paramètres		Unité	Valeur
Capacité de refroidissement		kW	17,6
Eau glacée	Température	Entrée	°C 12,5
		Sortie	°C 7
	Débit nominal de l'eau		m <sup>3</sup> /h
Eau de refroidissement	Chaleur restituée		kW 42,7
	Température	Entrée	°C 31
		Sortie	°C 35
Chaleur primaire	Chaleur entrante		kW 25,1
	Température	Entrée	°C 88
		Sortie	°C 83
		Entrée (plage)	°C 70-95
	Débit nominal de l'eau		l/s
m <sup>3</sup> /h			4,32

Tableau 1 : Caractéristiques du refroidisseur WFC-SC5 (source : Yazaki)

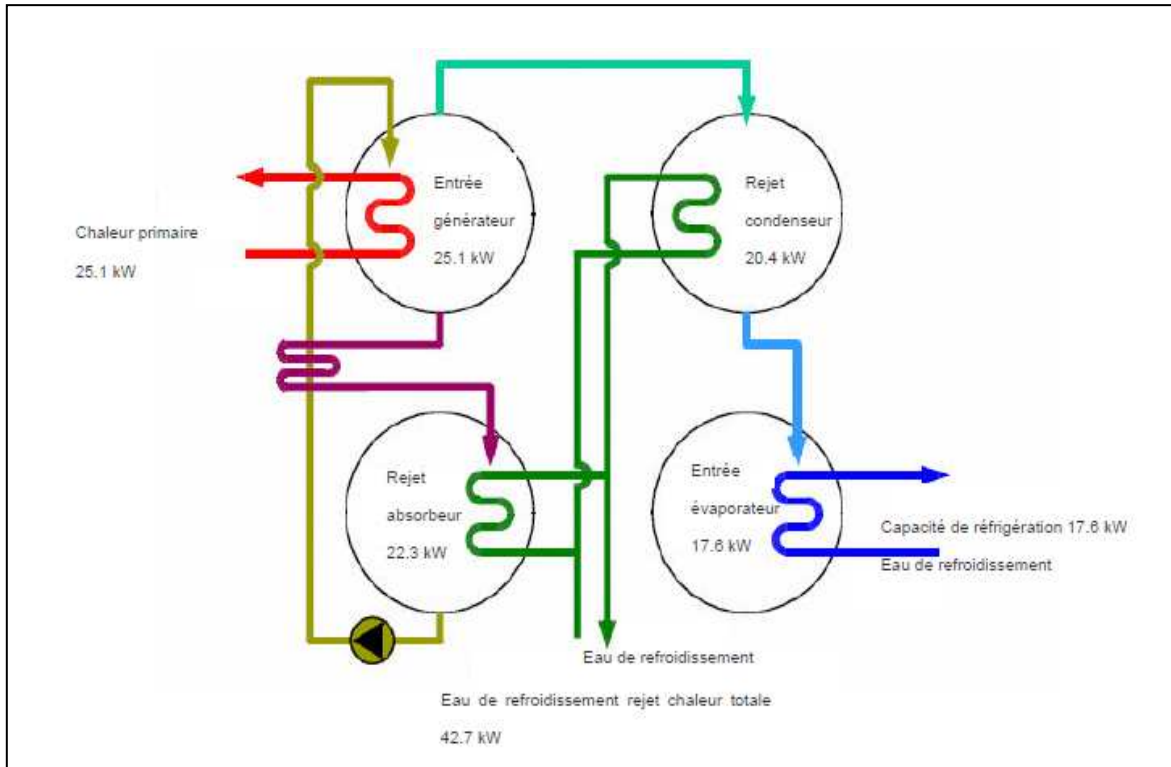


Figure 2 : Puissances échangées dans le refroidisseur WFC-SC5 (source : Yazaki)

L'installation solaire doit fournir un débit de 4,2 m<sup>3</sup>/h d'eau avec un régime de 88/83°C.

### 3. Dimensionnement du champ des capteurs

L'énergie produite par les capteurs solaires s'exprime selon la formule [6]:

$$E = \eta A H_j \quad (2)$$

Avec :

$E$  : énergie solaire utile ou apport solaire (kWh.j<sup>-1</sup>),

$\eta$  : rendement du capteur (voir équation 1),

$H_j$  : rayonnement solaire global reçu dans le plan des capteurs (kWh.m<sup>-2</sup>.j<sup>-1</sup>),

$A$  : surface des capteurs (m<sup>2</sup>).

La surface de capteurs théorique est calculée par l'équation :

$$A = \frac{B_{ener}}{\eta H_j} \quad (3)$$

Avec :

$B_{ener}$  : les besoins énergétiques nécessaires (kWh.j<sup>-1</sup>).

Les besoins énergétiques sont déterminés par l'équation :

$$B_{ener} = \frac{P_{gen}}{\eta_{dis}} t_j \quad (4)$$

Avec :

$P_{gen}$  : puissance nécessaire apportée au générateur de la machine frigorifique. Dans notre cas sa valeur est 25,1 kW,

$\eta_{dis}$  : rendement de distribution dans l'installation solaire (entre capteurs et générateur). Nous avons pris un rendement de 90%,

$t_j$  : temps de fonctionnement journalier de la machine frigorifique (pris six heures dans notre étude).

Le taux de couverture solaire est le rapport entre la quantité d'énergie fournie par le circuit de capteurs et la quantité d'énergie totale demandée (les besoins énergétiques). Ce taux représente donc la part fournie par le soleil dans la consommation totale.

En Tunisie, la saison de refroidissement inclut les mois de juin, juillet, août et septembre.

Les données météorologiques utilisées sont celles de la région RT4 : les plaines du sud-est, qui regroupent les gouvernorats de Gabes et Médenine [7].

## 4. Résultats

En se basant sur les caractéristiques des équipements constituant le système de climatisation et sur les données météorologiques, on peut déterminer la surface du champ de capteurs en fonction du taux de couverture solaire choisi.

Les capteurs sous vide sont orientés au plein sud avec une inclinaison de 30°.

La figure 3 représente la variation du taux de couverture solaire pour les mois de la saison de refroidissement (juin, juillet, août et septembre) en fonction du nombre de capteurs.

La figure 4 représente la variation du taux de couverture solaire de la saison en fonction du nombre de capteurs.

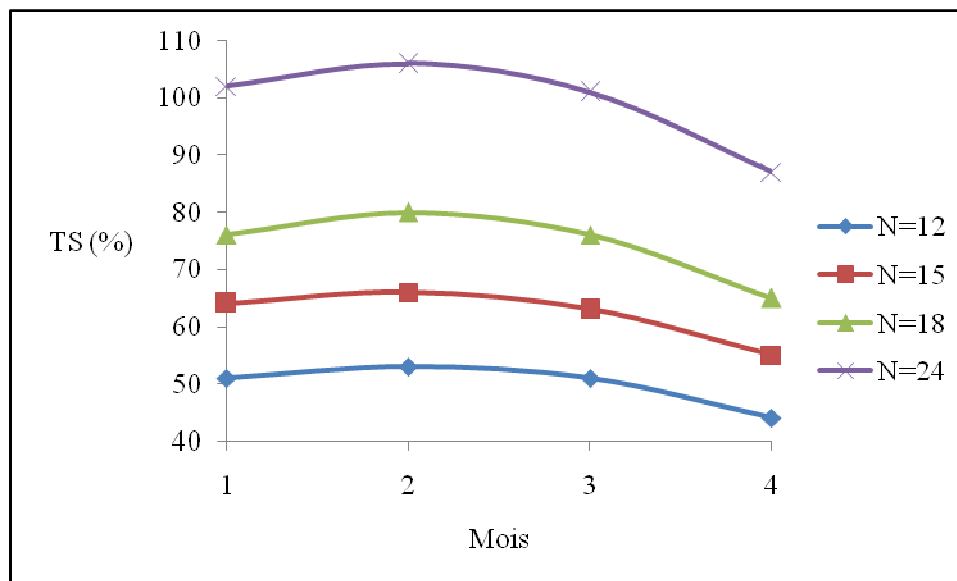


Figure 3 : Variation du taux de couverture solaire mensuel en fonction du nombre de capteurs

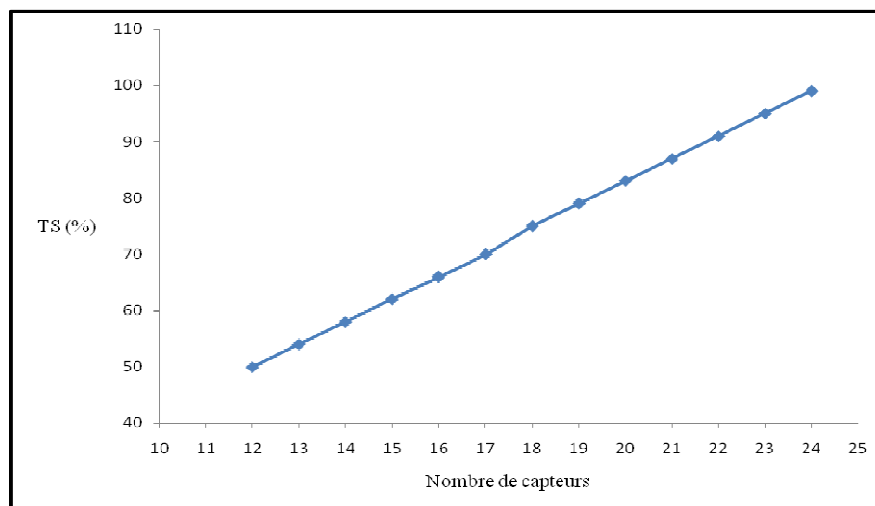


Figure 4 : Variation du taux de couverture solaire en fonction du nombre des capteurs

## 5. Conclusion

Avec la climatisation solaire, il existe une parfaite adéquation entre le gisement solaire et les besoins de rafraîchissement. C'est en effet au moment où l'irradiation solaire est maximale que les besoins de froid sont les plus importants [6].

Dans ce travail nous avons dimensionné le champ de capteurs nécessaire pour alimenter une machine frigorifique à absorption de puissance nominale 17,6 kW pour la climatisation d'un ensemble de bureaux.

La surface du champ de capteur varie de 26,46 m<sup>2</sup> pour un taux de couverture solaire de 62% à 42,336 m<sup>2</sup> pour un taux de couverture solaire de 99%.

Grace à cette étude, nous connaissons le nombre de capteurs à mettre en œuvre pour obtenir la climatisation recherchée. A présent, il faut comparer le coût de leur mise en œuvre (coût des capteurs, mise en place, coût de fonctionnement, maintenance...) par rapport aux coûts liés aux autres dispositifs possibles.

## Références

- [1] J. P. Parene, F. Garde, F. Lucas, Simulation et optimisation d'un système de rafraîchissement solaire par absorption couplé à un bâtiment, *IBPSA France 2006 a La Réunion*, 2 et 3 Novembre 2006.
- [2] Note de synthèse sur la climatisation solaire, *Département Energies Renouvelables ADEME France*, (Juillet 2007).
- [3] A. Joffre, Energie solaire thermique dans le bâtiment : chauffe-eau solaires, *Techniques de l'ingénieur*, BE 9164
- [4] Test report: KTB N°. 2006-27 : collector test according to EN 12975-1,2 : 2006, *Fraunhofer – Institut for solar energy systems ISE*
- [5] Spécifications refroidisseur à absorption indirecte WFC-SC5 version 9.1, *Yazaki*
- [6] A. Joffre, Energie solaire thermique dans le bâtiment : chauffage-climatisation, *Techniques de l'ingénieur*, BE 9165
- [7] Règlementation thermique et énergétique des bâtiments neufs en Tunisie : Données climatiques de base pour le dimensionnement des installations de chauffage et de refroidissement, *ANME Tunisie*, (Janvier 2008).