



# Etude Technico-Economique D'une Installation De Chauffage Solaire pour une piscine domestique

K. Kaci<sup>1</sup>, M. Merzouk<sup>1</sup>, N. Kasbadji<sup>2</sup>, M. EL Ganaoui<sup>3</sup>, Z. Kourim<sup>1</sup>, S. Sami<sup>4</sup>  
et S. Kherrou<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Département des énergies renouvelables, faculté de Technologie, Université Saad Dahleb, Blida,  
<sup>2</sup> Centre de Développement des Energies Renouvelables Unité de Développement des Equipements Solaires,  
UDES

<sup>3</sup> Institut universitaire de technologie de Longwy, Universitaire de Lorraine, LERMAB, France

<sup>4</sup> Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER,

<sup>5</sup> Centre de Développement des Energies Renouvelables Unité de Recherche Appliquée en Energies  
Renouvelables, URAER,

**Résumé** - Notre travail consiste à étudier la possibilité d'intégrer un système de chauffage solaire thermique de production d'eau chaude sanitaire (ECS) et chauffage de piscine pour une maison individuelle pour la région d'Alger, avec ballon solaire à échangeur externe pour l'ECS et la piscine, avec appoint connecté indirectement au ballon et une valve thermostatique de contrôle de température pour l'ECS. un bilan thermique du système a été élaboré. la simulation pour les performances thermiques a été faite sous le logiciel TRANSOL. Une étude économique a été réalisée aussi pour voir la rentabilité du système.

**Mots clé** - Energie solaire, piscine, TRANSOL, Performance thermique, Economie.

## I. INTRODUCTION

Le solaire thermique est largement exploité dans le monde, essentiellement pour des besoins d'eau chaude sanitaire, éventuellement combinées à du chauffage. En revanche son utilisation pour le chauffage des piscines reste marginale, à la différence de ce qui se fait en Asie et Moyen-Orient et en Europe où plusieurs applications ont été réalisées. Le chauffage des piscines extérieures est une des applications les plus rentables de l'utilisation de l'énergie solaire, et cela pour la période pendant laquelle les piscines sont utilisées correspond à celle qui offre le meilleur ensoleillement, l'efficacité des capteurs solaires thermiques à des basses températures ( environ

26°C.) , le coût est très faible ainsi que la durée de vie des capteurs solaires qui reste très importante . Afin de prolonger des saisons de natation dans les pays plus froids et en même temps sauvegarder les intérêts financiers des propriétaires, des systèmes de plus en plus efficaces ont été développés dans ce domaine. Ils intègrent des mécanismes et des techniques de thermorégulation qui réduisent les pertes de chaleur de la piscine.

## II. MODELISATION DE INSTALLATION

Le système étudié se compose essentiellement d'une piscine domestique située à l'extérieur, d'un champ de capteurs solaires et les divers éléments de raccordement. Les différents facteurs pris en compte dans le bilan thermique de la piscine sont représentés sur la figure.1

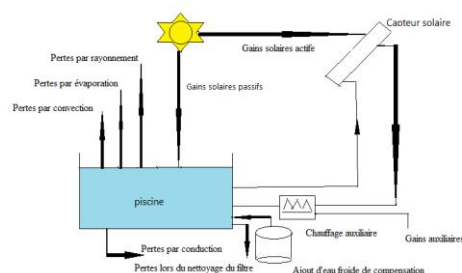


Figure 1 : Bilan thermiques dans une piscine



**Le 4<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables  
The 4<sup>th</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa - Algérie 24 - 25 Octobre 2016



Les pertes et les apports d'énergie au niveau de la piscine sont repris comme suit :

$$B = (G+G_a) - (P_{ray} + P_{ev} + P_{cv} + P_{cond} + P_{renouv}) \quad (1)$$

**A. Gains solaires passifs sans la couverture**

En l'absence de couverture, les gains solaires passifs peuvent être exprimés par :

$$G_a \text{ sans couv} = S_p \cdot [(1-r_b) \cdot (1-s) \cdot H_b + (1-r_d) \cdot H_d] \quad (2)$$

**B. Gains solaires passifs avec une couverture solaire :**

Dans le cas d'une piscine recouverte par une toile, les gains solaires passifs peuvent s'écrire [3]:

$$G_a \text{ pas couv} = S_p \alpha_c H \quad (3)$$

**C. Pertes par rayonnement**

Les pertes par radiation vers l'environnant, en l'absence de toile de piscine, sont données par :

$$P_{ray} = S_p \cdot \epsilon_w \cdot \sigma \cdot (T_p^4 - T_{ciel}^4) \quad (4)$$

**D. Pertes par évaporation**

Les pertes par évaporation proposée dans ASHRAE (ASHRAE, 1995), revue par Smith et Coll :

$$P_{ev} = S_p \cdot h_e \cdot (P_{v, sat} - P_{v, amb}) \quad (5)$$

$P_{v, sat}$  et  $P_{v, amb}$  : Sont les pressions partielles de la vapeur d'eau respectivement à la saturation et aux conditions ambiantes

Le coefficient de transfert de masse  $h_e$  (en  $(W/m^2)/Pa$ ) s'exprime par :

$$h_e = 0.05058 + 0.0669 \cdot V \quad (6)$$

**E. Pertes par Convection**

Les pertes de la convection sont définies comme :

$$P_{cv} = A_s \times h_{ca} \times (T_p - T_a) \quad (7)$$

$h_{ca}$  : Coefficient de transfert de chaleur estimé à environ  $(W/m^2 \cdot ^\circ C)$

$V$  : La vitesse du vent (m/s)

Coefficient de transfert de chaleur est donné par l'expression suivante :

$$h_{ca} = 3.1 + 4.1 \times v^{0.8} \quad (8)$$

**F. Pertes par Renouveaulement d'eau**

Le taux de remplacement d'eau entré par l'utilisateur, exprimé comme une fraction du volume de la piscine renouvelé chaque semaine, (kg/s) est donné par :

$$P_{renouv} = P_{eva} + f_{renouv} \times [(\rho \times V_p) / (7 \times 86400)] \quad (9)$$

**III. SIMULATION DU SYSTÈME**

**A. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE :**

Notre zone d'étude est la région de Bordj El Kiffan, située environ à 10 Km de l'est d'Alger (Algérie)

- Latitude : 36° 44 55" Nord
- Longitude : 3° 11 32" Est
- Altitude : 11 m

Sa position géographique est représentée par la figure 3.1



Fig. 1 Représentation de la zone d'étude

La piscine étudiée est représentée en figure 2

Les dimensions de la piscine sont :

- Longueur = 8 m
- Largeur = 4 m
- Surface = 32 m<sup>2</sup>
- Profondeur = 1.5 m
- Volume = 48 m<sup>3</sup>



Fig. 2 Photo de la piscine étudiée



## Le 4<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables The 4<sup>th</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa - Algeria 24 - 25 Octobre 2016



### B. DESCRIPTION DU SYSTEME UTILISE

L'originalité de l'étude est le chauffage solaire qui est non seulement destiné au chauffage de la piscine mais également au chauffage d'eau sanitaire de notre habitation. Le système se compose essentiellement d'un ensemble de capteurs solaires thermiques qui fournissent de l'énergie au ballon d'eau chaude sanitaire à partir d'un échangeur de chaleur externe et à la piscine au travers d'un autre échangeur de chaleur externe.

Le schéma du système est représenté en figure 3

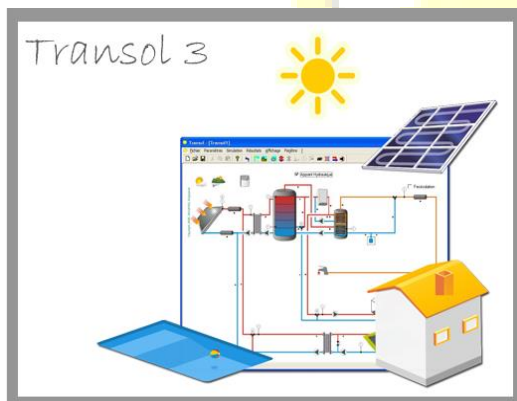


Fig. 3 Schéma du système

### IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Après simulation sous le logiciel TRANSOL, les résultats sont comme suit

#### A. Besoins en eau chaude sanitaire :

Les besoins en consommation annuel pour l'eau chaude sanitaire sont représentés en figure 4

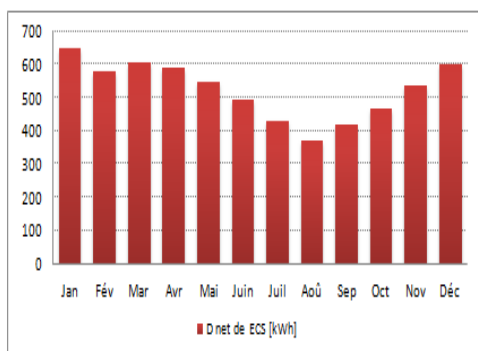


Fig. 4 Besoin énergétique net en ECS

La figure représente le besoins net de consommation d'eau chaude sanitaire en fonction

des mois de l'année, la consommation décroissant pour les mois de la saison estivale, le minimum est pour le mois d' Aout (autour de 370 kWh) et croissant pour les mois d'hiver, ou le maximum est atteint à plus de 630kWh, les besoins varient selon les habitudes des occupants et période de l'année (le climat).

#### B. Besoin en piscine

Les besoins en consommation pour une petite piscine domestique sont donnés par la figure 5

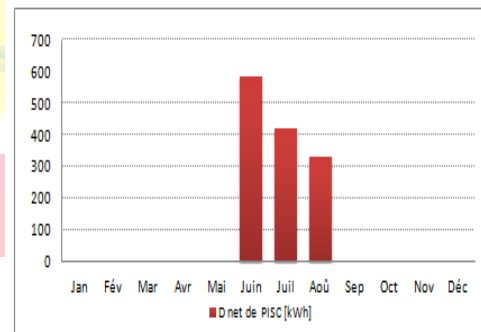


Fig. 5 Besoin énergétique en piscine

la figure représente le besoins en chauffage de la piscine en (kWh) en fonction des mois de l'été (période d'utilisation), on remarque qu'il a une grande hausse de besoins pour le premier mois de l'été avec un maximum atteint avec plus de 600 kWh puis décroît progressivement jusqu'à atteindre la moitié de la consommation en mois d'aout environ 300 kWh, un besoin relativement faible ceci est due au volume de la piscine (volume très petit: piscine domestique) et un fort potentiel au mois d'aout ainsi que l'inertie du système.

#### C. Présentation du bilan énergétique

Les résultats énergétiques globaux du système solaire combiné, piscine et en eau chaude CS obtenus grâce à la simulation sous le logiciel TRANSOL.

#### D. Résultat énergétique du système de chauffage d'eau sanitaire

Résultat énergétique du système solaire thermique sont donné en figure 6



**Le 4<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables  
The 4<sup>th</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa - Algérie 24 - 25 Octobre 2016

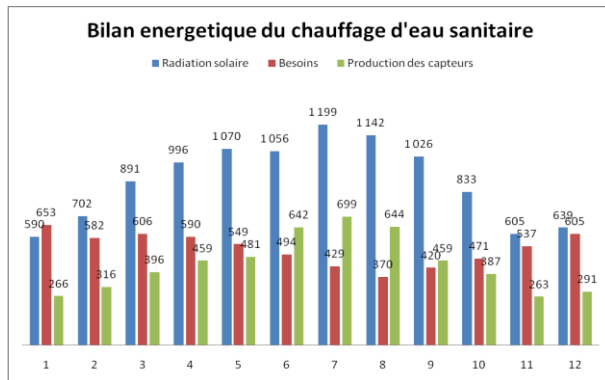


Fig. 6 Résultats énergétique du chauffage d'eau sanitaire

On remarque que les besoins en eau chaude sanitaire durant toute l'année sont relativement réguliers et continues (autour de 600 kWh) selon les habitudes des occupants, un potentiel solaire suffisamment important pour couvrir les besoins de cette habitation, mais le choix des capteurs de production nationale rendent une production énergétique très réduite qui donne une fraction solaire en hiver assez faible (fraction solaire annuel 49.9).

**E. Résultat énergétique du chauffage de la piscine**

Résultat énergétique du système solaire thermique sont donné en figure 7

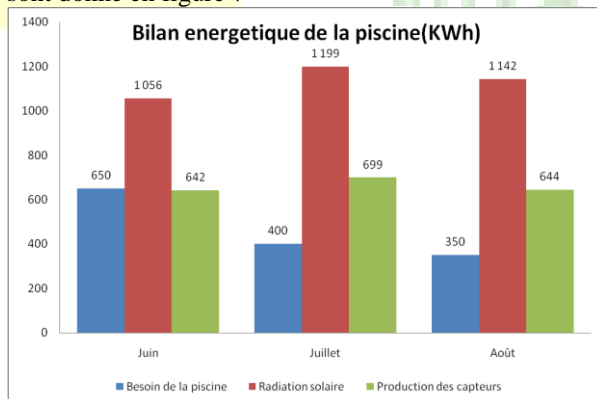


Figure 7 Bilan énergétique de la piscine

On remarque que les besoins de la piscine pour la période d'utilisation (été) sont variables d'un mois à un autre contrairement au potentiel ainsi que la production énergétique des capteurs utilisés qui reste relativement constante. On constate que cette dernière peut couvrir la totalité de ces besoins malgré les différents pertes dans le système (fraction solaire moyenne donné par la simulation est de 95.6 %).

**F. Etude écologique et environnementale**

Afin de connaître les avantages et les inconvénients du système que nous étudions, une comparaison a été réalisée avec et sans le système solaire, l'analyse est donné le tableau ci-dessous

Table 1.  
Analyse économique et environnementale

Paramètres économiques	Unité	Avec système solaire	Sans système solaire
Période d'exploitation:	(années)	25	25
Consommation énergie primaire	[kWh]	5 540	11 301
Conso. parasite énergie primaire	[kWh]	387	205
Retour sur investissement	(ans)	8	
VAN	[DA]	3 725	
<b>Bilan environnemental</b>			
Taux en Co2	[kg]	0	824

Le tableau 1 de l'analyse économique présentée, est une comparaison entre un système avec sans système solaire, on remarque que dans le système solaire la VAN est positif ce qui signifie que ce système est plus rentable et plus avantageux que le second système (VAN: est l'une des méthode de comparaison entre deux systèmes en terme d'actualisation), les résultats ont donné aussi un temps de retour de 8 ans , un temps relativement intéressant, le faite du bas prix du KWh conventionnel et le prix élevé de l'investissement. L'analyse économique et en bilan environnemental donne le première système nulle en émission de co2 et le second système avec 824 kg émission de Co2, donc on peut dire qu'un système solaire peut éviter un taux très important des gaz à effets de serres. Donc on peut dire aussi que d'après les résultats précédents, nous concluons que le système solaire est plus rentable et plus intéressant, malgré un investissement initial important mais en cours des années l'investissement est amortit et delà le système devient très compétitifs.

**V. CONCLUSION**

On peut dire que les résultats de la simulation thermique donnent des résultats très satisfaisants (fraction solaire de 95%) sur la période d'utilisation de la piscine pour le site d' Alger. Le choix d'un système combiné est très judicieux, le fait d'utilisation des capteurs solaire tout le long de l'année (chauffage de la piscine en été et le chauffage de l'eau sanitaire pour le reste de l'année).



**Le 4<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables**  
**The 4<sup>th</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies**

**Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa - Algeria 24 - 25 Octobre 2016**



Même sur le plan écologique, nous avons trouvé qu'on peut éviter un taux très important de CO<sub>2</sub>.

**REFERENCES**

- [1] D. Govaer et Y. Zarmi, «Analytical evaluation of direct solar heating of swimming pools,» Solar Energy , vol. 27, n° 6, pp. 529-533, (1981).
- [2] Govind et M. Sodha, «Thermal model of solar swimming pools,» Energy Convers. vol. 23, n° 3, pp. 171-175, (1983).
- [3] S.A. Klein, «Calculation of flat-plate collector loss coefficient. Solar energy», Vol.17, N°1, pp 79-80. (1975)
- [4] J.A. Duffie et W.A. Beckman, « Solar engineering of thermal processes». Editions Wiley&Sons, USA ; (2006).
- [5] W. Haaf, U. Luboschik et B. Tesche, «Solar swimming pool heating: description of a validated model,» Solar Energy, vol. 53, n° 1, pp. 41-46, (1994).
- [6] R. Dorantes, « Thermal and hydraulic design of a solar collector field for a primary school pool », (2014).
- [7] K. Kaci , «Effet de l'angle d'incidence modifié sur les performances d'un capteur solaire plan », These de Magister, ENPA, (2010)
- [8] M. Merzouk, Protocole et Banc d'Essai l'étude expérimentale des capteurs solaires plans ; Rapport interne, CDER, (1985)
- [9] Centre de technologie d'énergie de CANMET «Analyse des projets de chauffage d'eau », , Manuel d'ingénierie et d'étude de cas document Retscreen (2004)

