



Etude Technico-Economique D'une Installation De Chauffage Solaire A Usage Industriel

(a) Kaci Karim, (b) Kouadri Mustapha (c) Merzouk Mustapha (d) Merzouk Kasbadji Nachida
(e) Hakem Sid Ali (f) Kherrou Sofiane

(a) Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, BP 62 Route de l'Observatoire, Bouzaréah,
16340, Algiers, Algeria

(b) Département énergétique et environnement, Université M'Hamed Bougera de Boumerdes,

(c) Laboratoire de Physique Fondamentale et appliquée, Université Saad Dahleb, 42000, Blida,

(d) Unité de Développement des Equipements Solaire, UDES, Centre de Développement des Energies
Renouvelables, CDER, 42004, Tipaza, Algeria

(e) Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, URAER, Centre de Développement des Energies
Renouvelables, CDER, 47133, Ghardaïa, Algeria

(f) Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, BP 62 Route de l'Observatoire, Bouzaréah,
16340, Algiers, Algeria

(a) k.kac@cder.dz

k.kaci2001@yahoo.fr

Résumé

Notre étude porte sur l'étude et la réalisation une installation à base de capteurs solaires devant fournir, quotidiennement, 6 m³ d'eau à la température de 60°C. Les puisages sont répartis deux fois par jour selon des horaires conformes au processus industriel. Un ballon de stockage de 9 m³ est installé afin de satisfaire de façon convenable, ainsi qu'un système de régulation de d'appoint électrique sont prévus afin d'optimiser notre l'installation

Le dimensionnement de notre installation a été réalisé par deux manières différentes en utilisant la méthode f-chart et Φ -f chart, ou nous a avons déterminé la surface optimum de captation selon en configuration de série de deux (voire figure.1), pour la région d'Alger en utilisant les Document technique réglementaires.

En exploitant le code de calcul TRNSYS, ce dernier nous a permis de simuler le comportement du modèle choisi au cours de l'année, en évaluant le rendement globale du champ.

I. INTRODUCTION

Notre pays est confronté à de multiples problèmes liés directement à l'environnement et à la rationalisation de l'utilisation de l'énergie. Avec un potentiel énergétique solaire très riche une moyenne de 3500 MW/m²/an [1], on peut définir les énergies renouvelables en Algérie, comme étant essentiellement l'énergie solaire qui permet de couvrir un besoin très important en terme de chaleur ou de l'électricité.

Cependant, l'utilisation de l'énergie solaire pour la production d'eau chaude sanitaire et industrielle, est une des meilleures applications de cette énergie. Dans ce cadre, l'installation des chauffages solaires à grande échelle est l'une des diverses solutions qui répondent à l'objectif de notre travail qui est l'étude d'une installation chauffage solaire à usage industriel.

II. DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Ce programme est basé essentiellement sur la méthode F-Chart et Φ F-Chart .

Sachant que l'énergie utile récupérée par un capteur solaire s'écrit comme suit [2]

$$\dot{Q}_u = A_c [\eta_0 I_g - F_r U_g (T_i - T_a)]$$

(1)

D'une manière générale, la fraction de satisfaction des besoins énergétiques exprimés [3]

$$f = \frac{1}{L} \int_{\Delta t} A Fr [(\tau\alpha)_e I_g - U_g (T_e - T_a)]^+ dt$$

(2)

Cette équation peut être décomposée en 2 paramètres adimensionnels, à savoir [4]:



**Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
The 3rd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 13 et 14 Octobre 2014



$$X = \frac{A Fr}{L} (\overline{\tau\alpha})_e H_\beta N$$

$$Y = \frac{A Fr}{L} U_g (T_{ref} - \overline{T}_d) \Delta t$$

(3)

Alors le taux de couverture solaire est donné par l'expression suivante [5] :

$$f = 1.029 Y - 0.065 X - 0.245 Y^2 + 0.0018 X^2 + 0.0215 Y^3 \quad (4)$$

Comme pour la méthode f-chart, la méthode Φf -chart définit 2 variables adimensionnelles X et Y, tel que [6]:

$$X = \frac{A Fr'}{L} (\overline{\tau\alpha})_e H_\beta N$$

$$Y = \frac{A Fr'}{L} U_g (100) \Delta t$$

(5)

La fraction de satisfaction est alors donnée par [6] :

$$f = \overline{\phi}_{\max} Y - a \left[\exp(b f) - 1 \right] \left[1 - \exp(c X) \right] \quad (6)$$

2- Simulation du système

2.1. Les données de la simulation

La demande est de 6m3d'eau chaude à 60 °C avec deux soutirages par jour d'une capacité de 3 m3 chacune (9heures et 13 heures)

Le stockage est de 9 m3

Le capteur utilisé ayant les caractéristiques suivant: surface 1.6 m2 de surface, un rendement optique de 0.82 et un coefficient de pertes globales de 6.5 W/m2K

Le débit du fluide caloporteur est de 0.02 kg/s m2

Efficacité de l'échangeur est de 0.7

Appoint électrique: 12 kW

Inclinaison des capteurs: 36° sur l'horizontal (latitude du lieu).

Orientation des capteurs: 0° plein Sud (pour l'hémisphère nord).

La configuration choisie pour le dimensionnement est le montage par séries de 2 capteurs et un taux de satisfaction de 95 % pour le mois d'aout, le mois de référence 7

Le résultat de la simulation sous MATLAB de notre étude a donné une surface total de captation de S total =128 m².

2.2. Présentation du schéma de la simulation

En figure 1, nous avons représenté le modèle du système choisis sur le logiciel en respectons la configuration déterminée initialement.

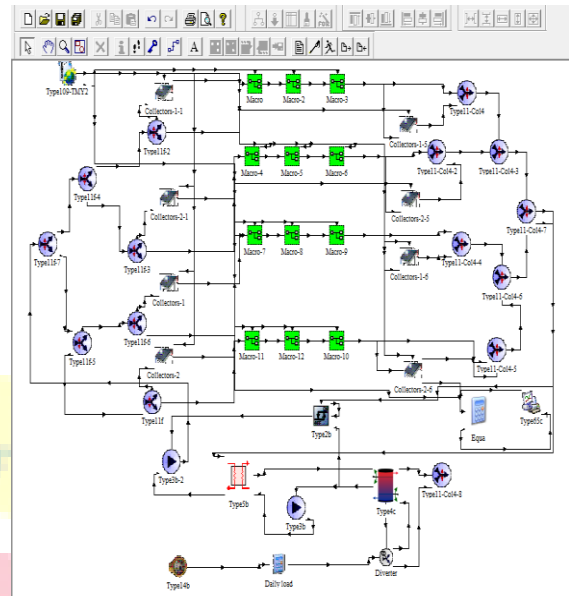


Figure 1 : Modèle du système

III- RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Résultats du rendement de l'installation en fonction du rayonnement solaire

3.1.1. La journée de 21Mars

On représentante dans la figure 2, les résultats de la journée du 21Mars.

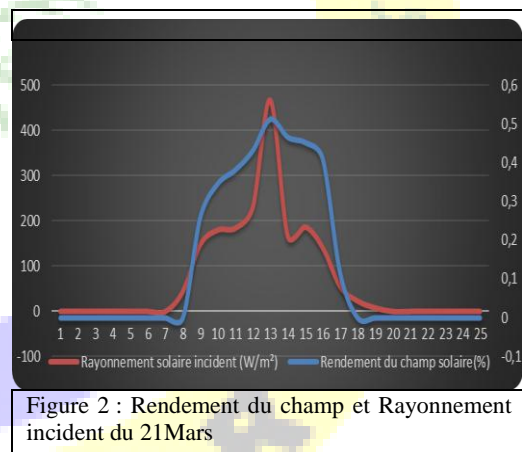


Figure 2 : Rendement du champ et Rayonnement incident du 21Mars

On remarque que le rendement de cette journée suit une forme de cloche et prend relativement l'allure du rayonnement solaire, ils atteignent leurs maximum autour de midi TSV avec des valeurs respectives de 0.5 pour le rendement instantané de l'installation et 475W/m² pour le rayonnement solaire. On remarque aussi, que le rendement commence à partir de 8 heures (une heure après le rayonnement solaire) ceci est dû à la capacité thermique du champ de captation.

3.1.2. La journée de 21juin:



**Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
The 3rd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 13 et 14 Octobre 2014



On représentant dans la figure 3 les résultats de la journée la plus longue de l'année (21juin)

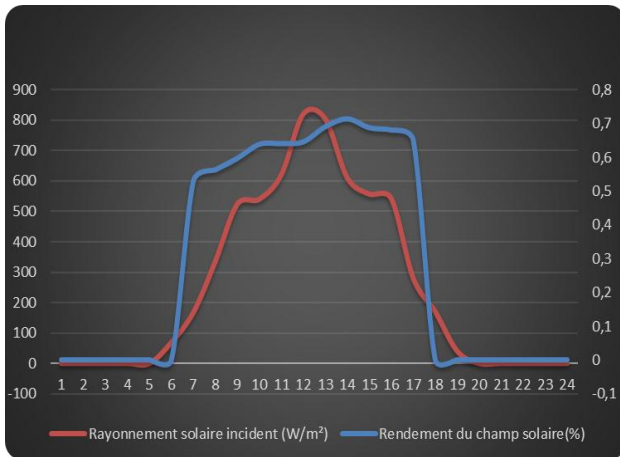


Figure 3 : Rendement du champ et Rayonnement incident du 21Juin

On remarque sur cette courbe que les rendements lors de cette journée atteignent les valeurs les plus importante de l'ordre de 0.7 et ceci toujours autour de midi TSV, ceci est justifier par le potentiel énergétique solaire important lors de cette journée avec une valeur instantanée de 850W/m². Quelques fluctuations sont remarquées sur cette figure, ceci est du probablement aux données météorologiques

3.1.3. La journée de 21 septembre
Les résultats de la journée du 21 septembre sont représentés dans la figure 4

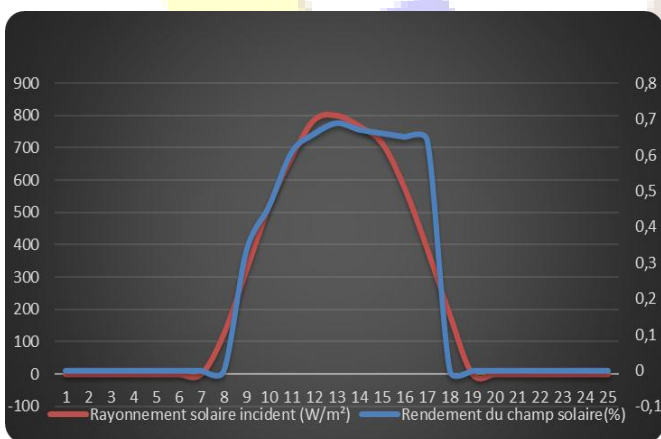


Figure 4 : Rendement du champ et Rayonnement incident du 21 Septembre.

Cette figure montre le rendement lors de cette journée est toujours de l'ordre de 0.68, ceci est justifier également par l'intensité du rayonnement instantané important de 800W/m². On remarque

aussi que ces deux courbes sont presque similaires (pertes thermiques sont moins importantes).

3.1.4. La journée de 21 décembre

On représente sur la figure 5 les résultats de la journée du 21 décembre.

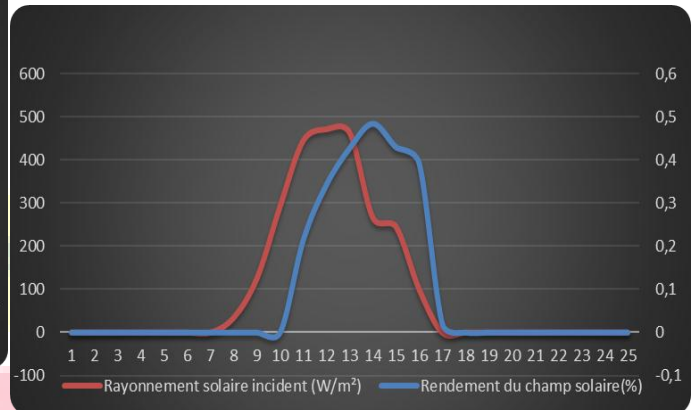


Figure 5: Rendement du champ et Rayonnement incident du 21 Décembre.

On remarque que le rendement de cette journée est relativement faible de l'ordre 0.48. Il suit l'allure du rayonnement solaire qui atteint son maximum autour de midi TSV d'une intensité de 475W/m². On remarque surtout que l'installation commence a donné des rendements qu'a partir de 10 heures, ceci est du probablement au faible potentiel énergétique et les basses températures ambiante lors de cette saison et à l'énergie thermique du système.

IV- ÉTUDE ÉCONOMIQUE

Nous avons calculé la consommation annuelle de l'énergie électrique avec appoint et sans appoint en suivant le profil de charge établi par le personnel de l'entreprise.

Les résultats du calcul de la consommation électrique de l'entreprise pendant l'année en utilisant l'énergie électrique sont donnés par le tableau 1.

TABLEAU 1 : CONSOMMATION ANNUELLE

Type de consommation	Energie électrique (kWh/an)
Résistance électrique	53481
Système solaire avec appoint	10696
Gain	42785

Calcul du temps de retour brut (TRB)

$$TRB = \frac{\text{investissement}}{\text{gain annuel}} = 17 \text{ ans}$$

Impact environnemental



**Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
The 3rd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 13 et 14 Octobre 2014



Les installations solaires de production d'eau chaude permettent d'éviter une quantité importante d'émissions de gaz à effet de serre ou polluants et de déchets de combustion. Pour cela nous avons élaboré un bilan environnemental en termes de réduction des émissions de CO₂ que permet d'obtenir notre installation en une année.

Le tableau 2 présente les émissions de gaz à effet de serre évitées par le système solaire proposé.

TABLEAU : 2 : QUANTITÉS DES ÉMISSIONS DE GAZ ÉVITÉES.

	Émission de gaz (g/kWh) par énergies électrique	Emissions évitées par l'installation (kg/an)
CO ₂	89	3807
NO _x	0.476	20

Ainsi, la quantité de CO₂ évitée annuellement par une telle installation solaire du même type est d'environ 3807 kg. Avec en plus une émission de 20 kg de No_x évitée. Gaz qui toxiques et à effet de serre.

CONCLUSION

Pour le dimensionnement d'une installation de chauffage solaire industriel, il faut savoir d'abord les besoins journaliers en eau chaude solaire (ECS), il est donc essentiel d'estimer correctement ces besoins qui sont imposées par le consommateur. Le dimensionnement à été réalisé par deux logiciels

différents sous MATLAB et sous SOLO (logiciel destiné aux installations solaires).

Les résultats ainsi obtenus dans ce travail encourageant vraiment l'utilisation du chauffage solaire à usage industriel (apport solaire annuel avoisinant les 80 %) sans avoir recours aux énergies fossiles.

Du point de vue économique, les facteurs coûts des capteurs solaires ainsi que le système hydraulique rendent le temps d'amortissement de l'installation solaire élevé. Le coût de l'investissement est très important, étant donné que le prix du kWh d'électricité reste toujours subventionné.

L'étude montre que l'aspect écologique n'est pas négligeable avec une importante quantité de gaz polluants et à effet de serre dont l'émission est ainsi évitée.

REFERENCES

- [1] R.Yaiche « Conception et Validation d'un programme sous Excel pour l'Estimation du Rayonnement solaire Incident en Algérie. Cas d'un Ciel Totalement Clair », Revue des Energies Renouvelables Vol.11 N° 3, pp 423-436 ; (2008)
- [2] K. Kaci « Effet de l'angle d'incidence modifié sur les performances d'un capteur solaire plan selon la norme EN 12975-2 », thèse de magister, université Saad Dahleb , Blida (2010)
- [3] S. Sami, « Optimisation des surfaces de captation pour les installations solaires de chauffage d'eau sanitaire », thèse de Magister en énergétique. Université de Blida ; (2004).
- [4] S.A. Klein, « Calculation of flate-plate collector loss coefficient. Solar energy», Vol.17, N°1, pp 79-80. (1975)
- [5] J.A. Duffie et W.A. Beckman, « Solar engineering of thermal processes». Editions Wiley&Sons, USA ; (2006).
- [6] M.Merzouk « Conversion Thermodynamique Solaire Potentiel, Théorie, Systèmes et Performances », support de cours Master 2, Université Saad Dahleb de blida ; (2013)

Nomenclature

Tr	Température du réseau	(°C)
Ts	Température du stockage	(°C)
Td	Température diurne	(°C)
Td	Température diurne	(°C)
Te	Températures du fluide à l'entrée	(°C)
Ts	Températures du fluide à la sortie	(°C)
Ts	Température du stockage	
A	Surface de captation	(m ²)
N	Nombre de jours dans le mois	
Qs	Pertes thermiques de la cuve de stockage et des conduites de raccordement	(KWh/m ²)
L	Besoins énergétiques sur une période Δt	KWh/mois)
Aux	L'énergie fournie par un système d'appoint	(KWh)
Ic	Seuil de fonctionnement du capteur	(KWh)
(τ _α)e	Rendement optique du capteur plans	
Ug	Coefficient de pertes le global	(W/m ² °C)



Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables
The 3rd International Seminar on New and Renewable Energies
Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 13 et 14 Octobre 2014



Fr Facteur de conductance du capteur
F' Efficacité de l'absorbeur.

