

OPTIMISATION DE LA CONVERSION PHOTOTHERMIQUE PAR LES SURFACES SELECTIVES, NATURE ET TAILLE DE L'ABSORBEUR

C. BOUTGHAN¹, A. CHAKER²

¹Laboratoire Physique Energétique, Université des frères mentouri, boutaghanecherifa@yahoo.fr

²Laboratoire Physique Energétique, Université des frères mentouri, chakamine@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Le gaspillage effréné des combustibles fossiles (charbon, gaz naturel et pétrole) à épuisé en moins d'un siècle la quasi-totalité de ce que la nature avait patiemment fabriqué et conservé au sein de la terre pendant des millions d'années. La conversion photo thermique de l'énergie solaire, pourrait alors procurer un apport d'énergie non négligeable pour un grand nombre d'application thermiques. Parmi toutes les sources d'énergies renouvelables, la concentration solaire pourrait être l'une des technologies majeures pour répondre aux besoins énergétiques mondiaux. L'objectif principal de notre travail est d'adopter différentes technologies, qui favorisent encore plus la concentration solaire, tel que la surface acier/chrome noir qui possède un coefficient d'émissivité faible de l'ordre de **0,07**. Et même les résultats paraient acceptable par rapport à la référence [1].

Mots Clés: *surfaces sélectives, modélisation mathématique, concentrateur cylindro parabolique.*

NOMENCLATURE

Symboles :

q_i les différents échanges thermiques j

p_i le terme de la source W

M_{ab} masse de l'absorbeur kg

$C_{p_{ab}}$ chaleur spécifique $J/kg.k$

P_{ab} puissance absorbée W

S composante directe du rayonnement directe solaire W/m^2

S^* composante normale directe du rayonnement solaire W/m^2

P_c puissance recue à l'ouverture du collecteur W

A_i surface inactive des extrémités du collecteur m^2

T_{ab} température de l'absorbeur $^{\circ}C$

A_c aire total du recepateur m^2

A_b surface soumise à l'ombre m^2

Lettres grecques :

ρ_c coefficient de reflexion

α_{ab} coefficient d'absorptivité abs

τ_v coefficient d'émissivité vitre

Indices / Exposants :

i différents éléments du capteur

1. INTRODUCTION

Si l'on veut produire du travail à partir de l'énergie solaire, il faut atteindre des températures de source chaude plus élevées que celles rencontrées avec les capteurs plans, qui en général ne permettent pas de dépasser une température de $130^{\circ}C$ au niveau de la surface absorbante. Pour cela il faut accroître le flux incident au moyen des surfaces optiques qui permettront de le concentrer.

L'utilisation des surfaces sélectives, participent à la prédiction des pertes thermiques. Différents critères doivent intervenir lors du choix d'une surface sélectif tel qu'une absorptivité élevé et une faible émissivité dans l'infrarouge. La longueur de l'absorbeur, plus elle est élevée le fluide caloporteur prend plus de temps en contact avec l'absorbeur d'où température de sortie élevée du fluide caloporteur.

2. MODELE MATHEMATIQUE

2.1. Description du système

Notre système est un long miroir cylindro parabolique, de (2 m) de long, (4 m²) comme surface d'ouverture et une distance focale de (50 cm).

La couverture transparente est en verre pyrex, le tube absorbeur en cuivre et le miroir réfléchissant est en aluminium pur.

En pratique, le flux solaire ainsi que tous les variables climatiques sont en évolution permanente, aussi l'étude sera menée en régime transitoire.

Lorsqu'un matériau se trouve à l'équilibre thermique, sa température est fixe et les échanges de chaleur (échange par conduction, convection, rayonnement) qu'il a avec son environnement sont équilibrés (autant de chaleur reçue de son environnement que de chaleur cédée à cet environnement).

On utilise le terme de l'inertie thermique, pour dresser notre bilan thermique, qui a pour expression [2] :

$$M_i \times C_{p_i} \times dT_i / dt$$

Cette énergie stockée est donnée par la relation :

$$M_i \times C_{p_i} \times dT_i / dt = \sum q_i + P_i \quad (1)$$

2.2. Bilan thermique (tube absorbeur)

Ces échanges sont donnés par la relation :

$$M_{ab} \times C_{p_{ab}} \times dT_{ab} / dt = -q_{conv.ab-v} - q_{conv.ab-f} - q_{ray.ab-v} + P_{ab} \quad (2)$$

2.3. Puissance absorbée par le récepteur

La puissance reçue à l'ouverture du récepteur est réduite par les pertes thermiques. La puissance totale nette absorbée est donnée par [3] :

$$P_{ab} = \alpha_{ab} \times \rho_c \times \tau_v \times P_c \times A_c \quad (3)$$

$$P_c = S^* \times A_e \quad (4)$$

$$S^* = S \times \cos(\Theta) \quad (5)$$

A_e , étant la surface active donnée par [4] :

$$A_e = A_c - (A_i + A_b) \quad (5)$$

$$A_i = 4 \times f \times D \times \tan(\theta/3) \quad (6)$$

$$A_b = 2 \times f \times D \times \tan(\theta/3) \quad (7)$$

θ : angle d'incidence

3. RESULTATS

3.1. Evolution temporelle de la puissance absorbée

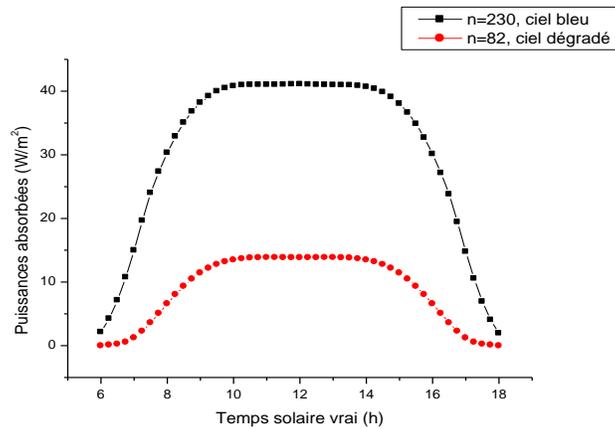


FIGURE 1. Evolution temporelle de la puissance absorbée pour deux journées types

Il apparaît clairement sur la (FIGURE 1), que la puissance absorbée au mois de Mars est moins importante que celle absorbée au mois d'Aout, ce qui s'explique par l'intensité importante de l'irradiation solaire en ce dernier mois.

Les deux courbes présentent une période où la puissance absorbée reste constante (l'absorbeur atteint son maximum d'énergie interne). Pendant ce temps, l'énergie captée sera transmise au fluide caloporteur.

3.2. Effet de la sélectivité de l'absorbeur

Deux types de matériaux ont été étudiés. Il apparaît sur la (FIGURE 2) que l'utilisation d'une surface cuivre/chrome noir pour l'absorbeur engendre plus de pertes thermiques qu'une surface acier/chrome noire (FIGURE 2), ce qui peut être expliqué par le coefficient d'absorptivité de la première surface (0,95) plus élevé que celui de la seconde. De plus le coefficient d'émissivité de la surface acier/chrome noir (0,07) est faible, d'où des pertes thermiques moindres.

Par ailleurs, l'effet de la surface sélective de l'absorbeur sur le rendement thermique du concentrateur a été examiné.

L'observation de la (FIGURE 3), permet de constater que les courbes représentant l'évolution temporelle du rendement thermique instantané du concentrateur, pour les deux types de surfaces sélectives utilisées, sont quasi confondues. Par conséquent, il est économiquement préférable d'utiliser la surface sélective acier/chrome noire de moindre coût, ce qui a été également recommandé par les laboratoires SANDIA [5].

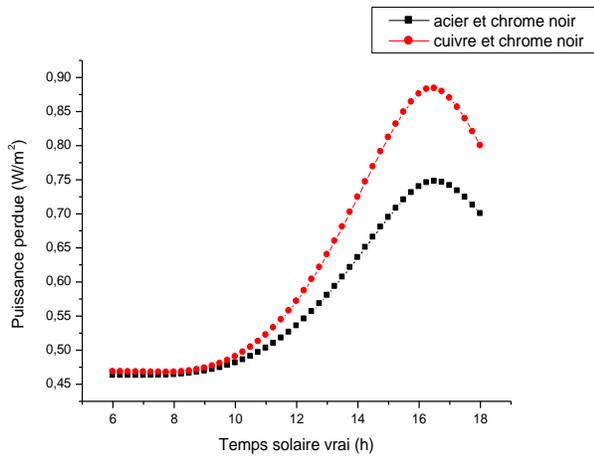


FIGURE 2. Evolution temporelle de la puissance perdue pour deux surfaces sélectives

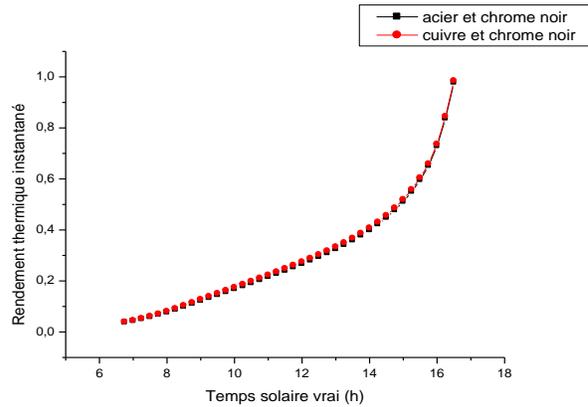


FIGURE 3. Evolution temporelle du rendement thermique instantané du concentrateur avec deux surfaces sélectives

3.3. Effet de la nature du matériau de l'absorbeur

L'analyse des courbes des (FIGURES 5, 6), montrent clairement que malgré le bon rendement atteint en utilisant de l'aluminium, les pertes thermiques sont très importantes, cela est due à la légèreté de l'aluminium et a son inertie thermique qui est faible par rapport à celle du cuivre.

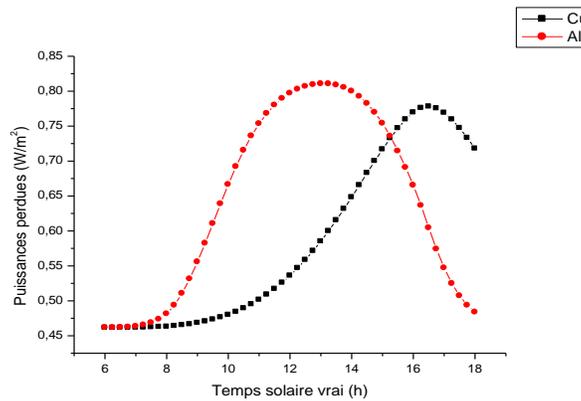


FIGURE 5 Evolution temporelle des pertes thermiques pour les deux matériaux

Matériau	Absorptivité	Masse volumique [Kg/m ³]	Chaleur spécifique [J/kg.k]
Cuivre	0,92	8940	380
Aluminium	0,5	2700	86

TABLEAU 1 Propriétés thermo physiques des matériaux constituant l'absorbeur

Les propriétés thermo physiques des matériaux constituant l'absorbeur utilisés dans notre travail sont présentées en dessus dans le TABLEAU 1 :

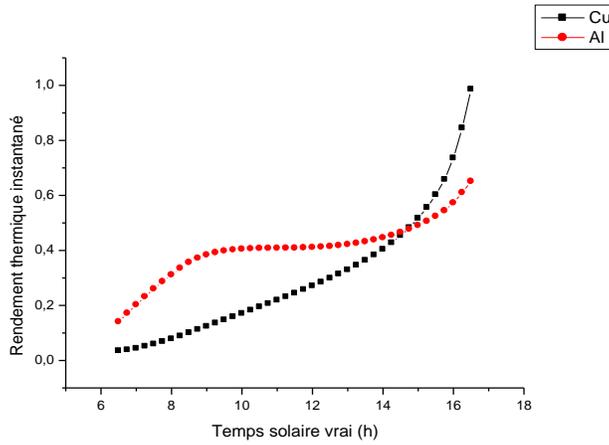


FIGURE 6 Evolution temporelle du rendement thermique instantané pour les deux matériaux

3.4. Effet de la taille de l'absorbeur

3.4.1. Le diamètre

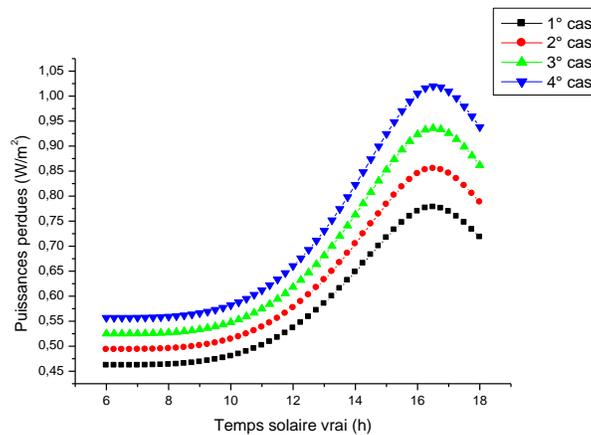


FIGURE 7. Evolution temporelle des pertes thermiques pour différents diamètres de l'absorbeur

L'analyse des courbes de la (FIGURE 7), permet de noter que l'augmentation du diamètre de l'absorbeur conduit a un accroissement sensible des pertes thermiques, il en résulte un effet très défavorable sur les performances du collecteur.

3.4.2. La longueur

Il apparaît clairement sur la (FIGURE 8), que la température de sortie du fluide caloporteur est d'autant plus élevée que le tube absorbeur est long.

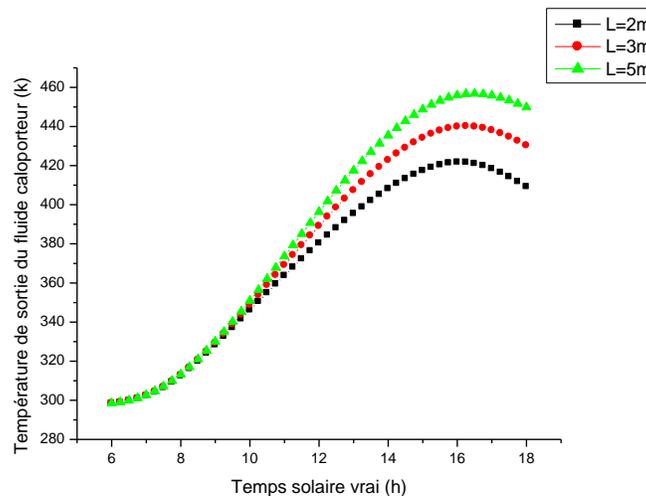


FIGURE 8. Evolution temporelle de la température de sortie du fluide pour différentes longueurs

4. CONCLUSIONS

L'étude théorique et numérique d'un concentrateur cylindro parabolique menée dans le cadre de ce travail a permis de préciser l'effet de différents paramètres sur les performances du concentrateur. Le coefficient d'émissivité de la surface sélective acier/chrome noir (0.07) faible, présente un effet très favorable sur les pertes thermiques, et pour la longueur du tube absorbeur, il y'a lieu d'observer que si une augmentation de celui-ci permet d'augmenter la température de sortie du fluide caloporteur.

REFERENCES

- [1] A. Gama , M. Hadadi et A. Malek, *Etude et réalisation d'un concentrateur cylindro parabolique avec poursuite solaire aveugle*, Revue Des Energies Renouvelables. Vol.11, N° 3, pp 437-451, (2008).
- [2] J. Bernard, *Energie Solaire, Calculs et Optimisation*. Ellipse Edition Marketing. Paris. (2004).
- [3] I. Zeghib, *Etude et Réalisation d'un Concentrateur Solaire Parabolique*, thèse de magistère, Université de Constantine. (2005).
- [4] S. M. Jeter, D. I. Jarrar and S. A. Moustafa, *Geometrical Effects on the Performance of Trough Collectors*. Solar Energy. vol 30 N° 2. pp.109-113.(1983).
- [5] T. A. Stuetzele, *Automatic Control of the 30 MWe SEGS VI Parabolic Trough Plant*, thesis of Master of Science, University of Wisconsin-Madison. (2002).