

EXPERIMENTAL STUDY AND DEVELOPMENT OF A WATER BASIN USED AS SOLAR SENSOR

S. E. Laouini*, B. Ben Haoua, and M^{ed}. R. Ouahrani

VTRS laboratory Institute of sciences and technology, University Centre of El-Oued,
B.P.789, 39000, El-Oued, Algeria

Received: 01 February 2010 / Accepted: 02 June 2010 / Published online: 30 June 2010

ABSTRACT

Energy sources play an important role in the development of humanity, with the industrial and technological evolution of our century. Energy demand is increasing every year, for this reason we must seek an alternate source of energy more specifically new and renewable energy including solar energy. Note that solar energy is abundant, especially the south-eastern Algeria, where solar radiation is significant in any year. Given that it is the cheapest of all other energy, many researches and experiments have been conducted to recover the maximum amount of renewable energy and to address the problems of use and operation to reduce and save energy traditional.

This work concerns the development of a new device is a basin filled with water used as a solar plane and a storage medium. The results obtained are very important in terms of heating water, the water temperature at outlet of basin reaches up to 74 ° C, also the inlet temperature is 29 ° C.

Keywords: Solar energy, renewable energy, solar, water heating, Oued Souf.

1. INTRODUCTION

Les sources d'énergie jouent un rôle très important dans le développement de l'humanité, avec l'évolution industrielle et technologique de notre siècle.

Author Correspondence, e-mail: salah_laouini@yahoo.fr

[ICID: 1040438](#)

La demande énergétique est croissante chaque année, pour cette raison il faut chercher sur une autre source d'énergie nouvelle plus précisément les énergies renouvelables et notamment l'énergie solaire.

Notons que l'énergie solaire est abondante, surtout que le Sud-est de l'Algérie, où le rayonnement solaire est considérable au cours de l'année.

Etant donnée qu'elle est la plus économique de toutes les autres énergies, plusieurs recherches et expériences ont été réalisées pour récupérer le maximum d'énergie renouvelable et en faire face aux problèmes d'utilisation et d'exploitation afin réduire et épargner l'énergie traditionnelle.

Ce travail concerne le développement d'un nouveau dispositif, c'est un bassin rempli eau utilisé comme capteur solaire plan et un milieu de stockage.

Synthèse théorique

Archimède au 3^{ème} siècle avant J.C incendie la flotte romaine à Syracuse avec des miroirs plans groupés de façon à former un miroir concave. Vers 100 ans après J.C, Héron d'Alexandrie construit un dispositif de pompage de l'eau à l'aide des radiations solaires. En 1774, Joseph Priestley concentre les rayons solaires sur de l'oxyde de mercure, et recueille le gaz produit dont la propriété est de faire brûler une bougie plus vivement que l'air; Il découvre ainsi l'oxygène, ce qui permet à Lavoisier d'établir la théorie complète de la combustion due à la combinaison d'un corps avec l'oxygène de l'air. Lavoisier lui même construira un four solaire à l'aide d'une lentille liquide, et arriva à fondre le platine (1755°C). En 1872, dans le désert d'Atacama au Chili, on construisit un distillateur solaire de 5000 m² pour fournir de l'eau à une mine de nitrate de sodium. Cette installation fonctionna pendant 40 ans jusqu'à l'abandon de la mine, produisant ainsi 20000 litres d'eau douce par jour [1].

Notions sur le gisement Solaire

Le gisement solaire est l'énergie disponible sous forme de rayonnement. L'énergie solaire est le moteur de toutes les grandes sources d'énergies naturelles.

Constitution physique du soleil

Le soleil est une sphère gazeuse constitué d'hélium et d'hydrogène avec du carbone et d'autres éléments en très faible quantités. La température du soleil à la surface est 5762°K et à l'intérieur elle est estimée entre 8.10^6 et 40.10^6 °K. Sa densité moyenne est de 1400 kg/m³, et elle atteint 76000 kg/m³ au centre. Il faut d'abord déterminer l'énergie

totale que le soleil envoie à la limite de l'atmosphère terrestre sur surface de 1 m² placée perpendiculaire au rayonnement.

D'autre part, la puissance incidente du rayonnement solaire sur la terre est de l'ordre de 1,7.10¹⁷ W. Une partie est renvoyée par diffusion sur les différentes couches de l'atmosphère, les deux tiers environs sont absorbés par l'hémisphère éclairé et après plusieurs autres transformations sont renvoyées dans l'espace.

Rayonnement atmosphérique et terrestre

L'atmosphère possède une température non uniforme pouvant descendre jusqu'à -50 à -80°C à haute altitude. Une moyenne inférieure à la température ambiante au niveau du sol, le rayonnement reçu de l'atmosphère au niveau du sol est le résultat de l'émission et de l'absorption des différentes couches atmosphérique. Vu les températures voulues, la gamme de longueur d'onde utile est entièrement située dans l'infrarouge. Les constituants de l'air présentent de longues bandes d'absorption à seras 14.7 μm pour le CO₂, 14 à 20 μm pour l'eau et 9.6 μm pour l'ozone [7].

En vertu de la loi de Kirchoff ($\epsilon = \alpha$), l'atmosphère émettra donc principalement dans ce gramme de longueurs d'ondes. L'atmosphère présente par contre une fenêtre de transparence de 8 à 13 μm. Le sol va émettre dans l'infrarouge, pratiquement comme un corps noir à sa température superficielle, ce rayonnement sera absorbé par l'atmosphère sauf dans la fenêtre transparente. Généralement, l'échange entre le sol, un équipement solaire et l'atmosphère peut se calculer comme un échange radiatif ou le ciel est considéré comme un corps noir à la température T.

Le rayonnement reçu par l'atmosphère terrestre a une valeur constante : $I_{SC}=1353 \text{ W/m}^2$. Cette constante qui dépend de la distance terre-soleil varie de ($\pm 3.5\%$) autour de sa valeur moyenne à laquelle correspond une irradiations énergétique de 33.3kh/m² par jour incidence normale[10].

Il y'a une expression pour la constate solaire définit par:

$$I_{SC} = \sigma \cdot T_s^4 \left(R_s / D_{st} \right)^2 \quad (1)$$

R_s :le rayon du soleil (m)

D_{st} :La Distance terre-soleil (m)

σ :La Constante de Stéphane-Boltzmann = 5,67.10⁻⁸ W/m² K⁴

Le rayonnement global

Le rayonnement solaire global désigne l'intensité globale du flux solaire sur une surface réceptrice :

$$I_g = I_{\text{direct}} + I_{\text{diffus}} \quad (2)$$

I_{direct} : est le rayonnement solaire direct qui a traversé l'atmosphère.

I_{diffus} : est le rayonnement solaire diffus qui est la somme de deux rayonnements, l'un provenant de la voûte céleste, et l'autre celui qui est réfléchi par le sol.

Intensité - Masse D'air optique

L'intensité du rayonnement solaire direct dépend de l'atténuation due à l'atmosphère, laquelle varie selon sa composition principalement la concentration en poussières et en vapeur d'eau, la présence de nuages mais aussi de la longueur du trajet optique du rayonnement direct.

La "Masse d'air", d'abréviation (AM) ou (M) est le rapport de la longueur du trajet optique réel à celui obtenue lorsque le soleil est au zénith en un lieu où la pression atmosphérique est de 1000 mbar [10]

M : dépend de (P_{atm}) et de la hauteur (h) du soleil au-dessus de l'horizon. Ce qui donne :

$$M = (P/1000)(1/\text{Sinh}) \quad (3)$$

Le Rayonnement

La matière émet des ondes électromagnétiques sous l'effet de diverses excitations.

Le rayonnement est donc un échange de chaleur à distance entre les corps par l'intermédiaire des ondes électromagnétiques. Le phénomène se manifeste sous divers aspects: ondes hertziennes, lumineuses, thermiques, gamma ou cosmiques. Ces rayonnements peuvent être décomposés en un spectre constitué de radiations, les radiations monochromatiques, caractérisées par leur fréquence ou leur longueur d'onde tel que: $C = \lambda \nu$, C étant la vitesse de propagation des ondes dans le milieu $C = C_0/n$, $C_0 = 3.10^8$ (m/s) et n: indice de réfraction du milieu traversé.

C_0 : La vitesse de la lumière dans le vide.

Nous nous intéresserons uniquement au rayonnement thermique qui n'occupe qu'une faible portion du spectre des ondes électromagnétiques de $0.1\mu\text{m}$ à $100\mu\text{m}$. (Le spectre visible est compris entre $0.4\mu\text{m}$ et $0.8\mu\text{m}$) [11].

L'effet de Serre

L'effet de serre est un effet souvent mis à profit pour la conversion thermique à basse température du rayonnement solaire. On désigne par "effet de Serre", L'ensemble des modifications apportées à l'équilibre énergétique et thermique d'un corps récepteur (sol, par exemple), par la mise en place d'un couvercle de verre, transparent au rayonnement solaire et opaque au rayonnement terrestre. La présence de la vitre a pour effet d'absorber totalement le rayonnement émet par le récepteur et d'être le siège d'une émission par ses deux faces, en fonction de sa température propre. L'effet de serre est généralement associé à la seule notion de modification des échanges radiatifs entre le récepteur et l'atmosphère, bien que son efficacité vis-à-vis des pertes par convection soit le plus souvent comparable. Il n'accroît aucunement l'énergie solaire disponible sur le récepteur, au contraire, celle-ci diminue. Le principal résultat de l'effet de serre est d'accroître la température limite d'équilibre du récepteur. L'effet de serre d'un vitrage apparaît ainsi comme particulièrement utile chaque fois que les échanges par rayonnements prévalent sur les autres pertes, c'est à dire lorsque des températures relativement élevées sont recherchées au récepteur [3].

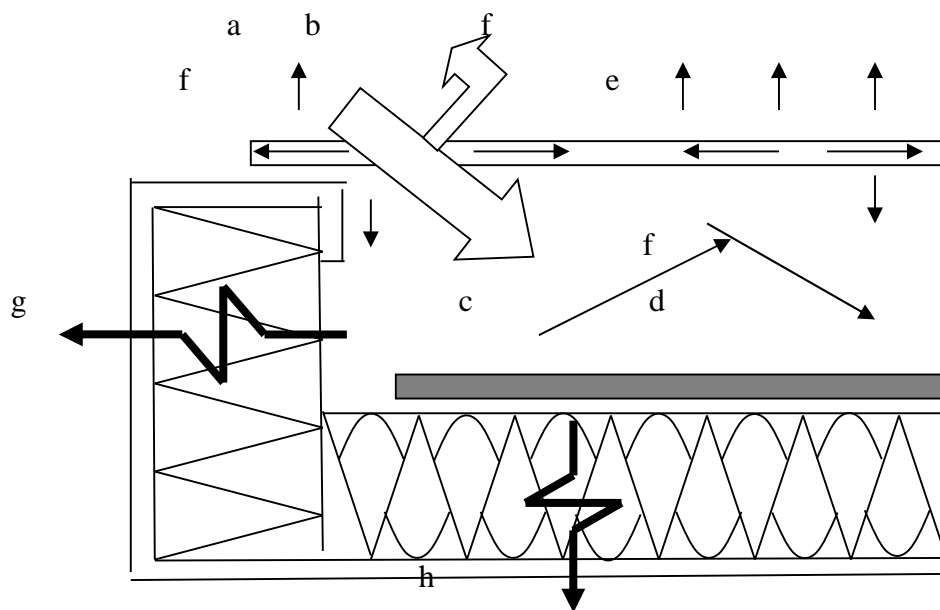


Fig.1. Schéma montrant le principe de l'effet de serre.

a : Rayonnement solaire incident

b : Rayonnement réfléchi par le vitrage (couverture transparente)

c : Rayonnement thermique émis par l'absorbeur

d : Rayonnement thermique réfléchi par le vitrage

e : Rayonnement thermique absorbé par le vitrage

f : Rayonnement thermique émis par le vitrage

g,h : perte thermique latérale et inférieures par l'isolation et le cadre.

Les capteurs solaires

Les capteurs solaires thermiques sont des appareils, transformant par des conversions photo thermiques l'énergie du rayonnement solaire en énergie thermique, qui peut être ensuite utilisé comme n'importe quelle autre source usuelle de chaleur.

Le fluide caloporteur le plus utilisé est l'eau avec laquelle la température n'atteint pas (100°C), alors que l'utilisation d'autres liquides (huile), est intéressante si on désire obtenir des hautes températures $T > (100^{\circ}\text{C})$. Le transfert des calories vers le lieu d'utilisation peut se faire naturellement, c'est-à-dire à convection naturelle, ou par convection forcée (circulatoire).

Le rôle du capteur solaire thermique est d'absorber un maximum d'énergie solaire avec le moins des pertes par refroidissements possibles[10].

Capteur solaire à eau

Dans ce type de capteur on distingue deux formes de systèmes:

Les systèmes à basse pression de circulation, et les systèmes à haute pression de circulation. On emploie les systèmes à basse pression pour le chauffage d'eau industrielle dans le cas d'un système à circulation ou lorsque l'emploi d'un chauffage dans les foyers domestiques de certaines régions du monde.

Dans les systèmes à basse pression, il suffit d'un film plastique mince comme réservoir pour l'eau. Le plastique doit cependant être suffisamment épais pour supporter les conditions atmosphériques.

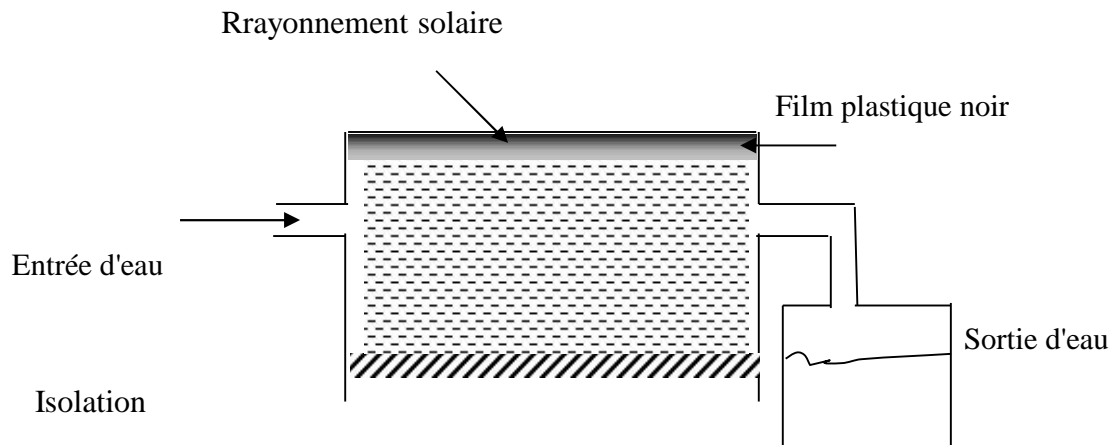


Fig2. Chauffe eau solaire simple à basse pression

Capteur à ruissellement

Dans ce type de capteur, l'absorbeur a le meilleur contact avec l'énergie incident, c'est à dire le rendement thermique est meilleur (mais pertes de charges importantes). Ce type d'isolateur est utilisé pour le chauffage d'eau. Le circuit caloporteur est constitué de deux tôles parallèles.

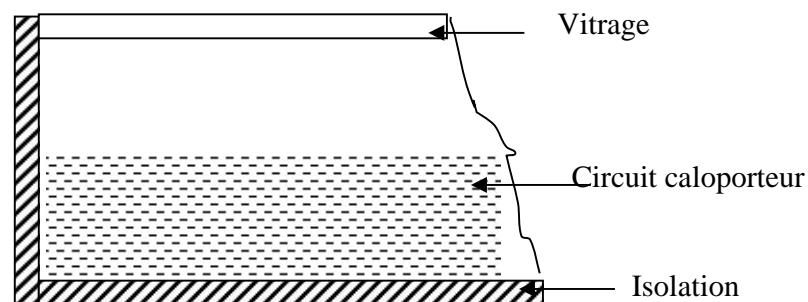


Fig.3. Capteur solaire à ruissellement simple

2. MATERIELS ET METHODES

Modélisation Mathématique

La figure 1 représente une coupe transversale du capteur. Il consiste d'un bassin cylindrique contenant un volume d'eau et de charbon. Le fluide caloporteur circule dans

un serpentin en PVC disposé dans le fond. Deux couverts en plastique sont disposés sur le bassin pour favoriser l'effet de serre.



Fig.4. Schéma du bassin solaire et du serpentin

Equation de bilan du bassin

Le bilan thermique du bassin en régime transitoire est:

La variation de l'énergie du bassin = l'énergie entrante – l'énergie sortante

Mathématiquement ce bilan se traduit par l'équation suivante:

$$(\quad) \cdot I \cdot A_B = (M \cdot c)_B \cdot \frac{dT_B}{dt} + U_L \cdot A_C \cdot (T_B - T_a) + m \cdot c_p \cdot (T_{es} - T_{ee}) \quad (4)$$

La résolution de l'équation du bilan nécessite l'introduction de certaines simplifications qui sont:

L'utilisation de la notion de la logarithmique moyenne des températures:

$$T_{LM} = \frac{(T_B - T_{ee}) - (T_B - T_{es})}{Ln \frac{T_B - T_{es}}{T_B - T_{ee}}} \quad (5)$$

A partir de laquelle on calcule la température du bassin:

$$T_B = \frac{T_{es} \cdot e^F - T_{ee}}{e^F - 1} \quad (6)$$

Où

$$F = \frac{A_e \cdot U_e}{m \cdot C_p} \quad (7)$$

Appareille de mesure

Bassin d'eau solaire



Thermocouple



Débit mètre



ensemble des appareils d'expérience



3. MODE DE TRAVAIL

On installe le capteur solaire dans un milieu de distribution des rayonnements élevés pour permet de récupérer le maximum d'énergie solaire.

On entre le débit d'eau (m^3/min) au bassin et on mesure la différence de température à l'entrée et sortie de capteur après chaque demi heures et les variables suivantes.

- L'intensité de rayonnement (W/m^2)
- La vitesse du vent (m/s)
- La température d'ambiante ($^{\circ}\text{C}$)

La méthode de calcule

$$= m \cdot C_p \cdot (T_s - T_e)$$

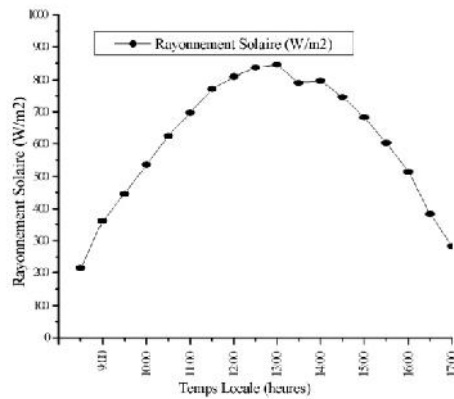
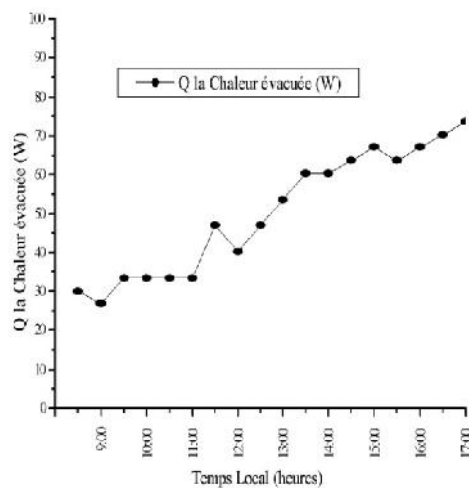
: La chaleur évacuée

m : La masse d'eau

T_s : La température d'eau a la sortie T_e : La température d'eau a l'entrée

C_p : La chaleur spécifique de l'eau

Résultats et discussion

La date des mesures 26 Avril 2009**Fig.5.** Variation du Rayonnement solaire en fonction du temps**Fig.6.** Variation de la chaleur évacuée en fonction du temps

D'après la courbe qui représente la variation du rayonnement solaire en fonction du temps, on remarque que la variation est une fonction parabolique, tel que la valeur maximum de rayonnement (846 W/m^2) est enregistré à 13:00 h. D'après la courbe (figure 6), on remarque que la variation de la chaleur évacuée en fonction du temps est une droite, c'est-à-dire la chaleur évacuée augmente proportionnellement au temps.

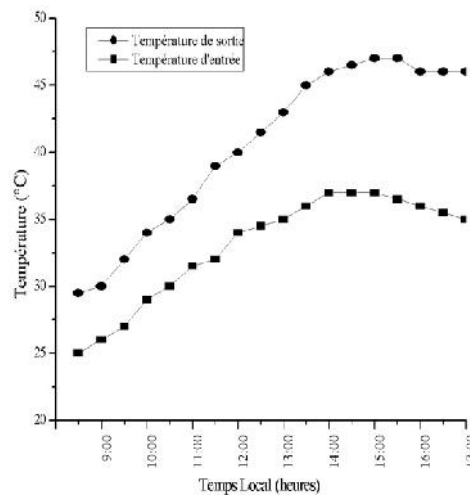


Fig.7. Variation du Température en fonction du temps

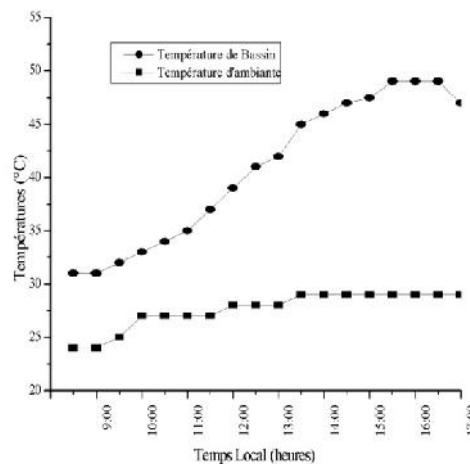
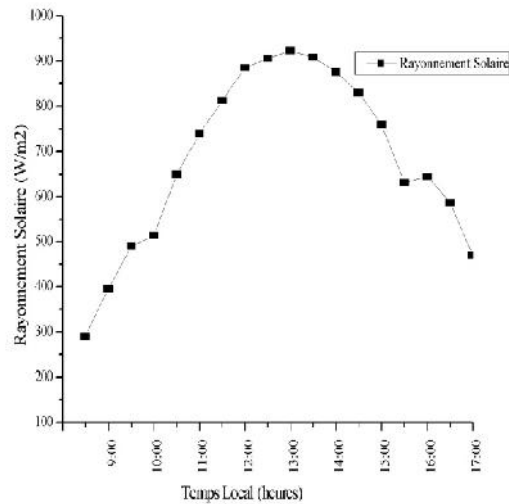
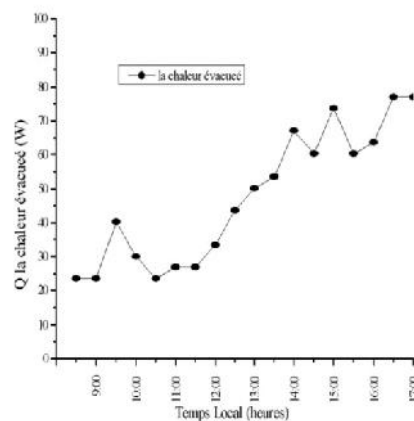


Fig.8. Variation de la température du bassin et de la température ambiante en fonction du temps

D'après la courbe (figure 7), on remarque que la différence de température entre la température d'entrée et la température de sortie augmente à partir du cours de la journée, à partir cette de 15:00 h la différence est presque constante.

D'après la courbe (figure 8) de variation de température de bassin et température ambiante en fonction de temps local, on remarque que la température ambiante évolue à partir le début de mesure jusqu'à 13:30, après cette est considéré constante. Pour la température de bassin est augmenté jusqu'à la fin de mesure.

La date des mesures 30 Avril 2009**Fig.9.** Variation du Rayonnement solaire en fonction du temps**Fig.10.** Variation de la chaleur évacuée en fonction du temps

D'après la courbe qui représente la variation du rayonnement solaire en fonction de temps, on remarque que la variation est une fonction parabolique, tel que la valeur maximum du rayonnement (923 W/m²) est enregistré à 13:00 h.

D'après la courbe (figure 10), on remarque que la chaleur évacuée est presque augmentée en fonction de temps, c'est-à-dire la chaleur évacuée augmente proportionnellement en fonction de temps.

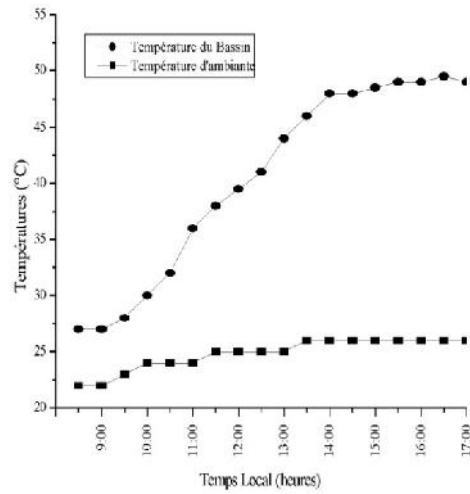


Fig.11. Variation du Température en fonction du temps

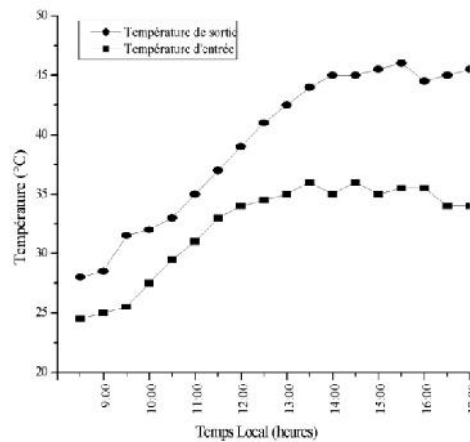


Fig.12. Variation des températures du bassin et de la température ambiante en fonction du temps

D'après la courbe (figure 11), on remarque que la différence de température entre la température d'entrée et la température de sortie augmente à partir du cour de la journée, à partir cette de 14:00h la différence est presque constante.

D'après la courbe (figure 12) de variation de température du bassin et la température ambiante en fonction du temps, on remarque que la température ambiante évolue à

partir de début de mesure jusqu'à 13:30, après cette est considéré constante. Pour la température du bassin est augmenté jusqu'à la fin.

4. CONCLUSION

D'après cette étude expérimentale, on remarque que le bassin solaire donne des résultats importants pour le chauffage d'eau. Il augmente la température des eaux à la sortie de celle-ci jusqu'à 65 C, pour cette raison, la possibilité d'utilisé ce bassin comme moyen de chauffage d'eau pour les maisons et la possibilité de développer ce travail pour donner des résultats plus importantes.

5. REFERENCES

- [1] Roger B., Glibert M., Marcel S. Conversion Thermique et Applications " Technique et documentation 1979"
- [2] Pr. Boumaza. Analyse des systèmes thermique solaire dans la région de CONSTANTINE. Congrès maitrise énergie et environnement CEME, BISKRA 11/1987)
- [3] C P de Brichambaut, C.Vauge: Le Gisement Solaire. "évaluation de la ressource énergétique". "Lavoisier Paris 1982"
- [4] Duffie J A., Bekman W A. Solar engineering Of thermal Process (1980)
- [5] Guermit T. (2000). Analyse et Simulation d'une Machine Frigorifique à Absorption couplée à l'énergie solaire, Thèse Magister.
- [7] Perrier J I. Energie Solaire."État actuel des applications" . "Technique et scientifiques françaises 1979"
- [8] Capderou M. Atlas Solaire de l'angrie. "Modèles théoriques et expérimentaux 1988"
- [10] Guennoun A. (2001). Dimensionnement d'un capteur solaire plan, mémoire de fin d'études, Ouargla.
- [11] Sellami M H. Utilisation de l'énergie solaire pour la déminéralisation des eaux saumâtres dans le sud algérien, Thèse Magister.

ETUDE EXPERIMENTALE ET DEVELOPPEMENT D'UN BASSIN D'EAU UTILISE COMME CAPTEUR SOLAIRE

RESUME

Les sources d'énergie jouent un rôle très important dans le développement de l'humanité, avec l'évolution industrielle et technologique de notre siècle. La demande énergétique est croissante chaque année, pour cette raison il faut chercher sur une autre source d'énergie nouvelle plus précisément les énergies renouvelables et notamment l'énergie solaire.

Notons que l'énergie solaire est abondante, surtout que le Sud-est de l'Algérie (la région de Oued souf), où le rayonnement solaire est considérable au cours de toute de l'année. Etant donnée qu'elle est la plus économique de toutes les autres énergies, plusieurs recherches et expériences ont été réalisées pour récupérer le maximum d'énergie renouvelable et en faire face aux problèmes d'utilisation et d'exploitation afin réduire et épargner l'énergie traditionnelle.

L'objectif de ce travail est l'étude thermique d'un bassin d'eau utilisé comme capteur solaire. On a noté que le bassin d'eau peut fonctionner comme capteur solaire avec plusieurs avantages tels que la capacité de stockage d'énergie, la simplicité de réalisation et fonctionnement. Un prototype expérimentale est en cours de réalisation pour des teste en conditions réelles de fonctionnement.

Mots clés: Energie solaire, énergie renouvelable, capteur solaire, chauffage d'eau, Oued souf.

How to cite this article

Laouini S E, Haoua B, and Ouahrani M^{ed} R. Experimental study and development of a water basin used as solar sensor. J Fundam Appl Sci. 2010, 2(1), 151-165.