

M. CH 05/111

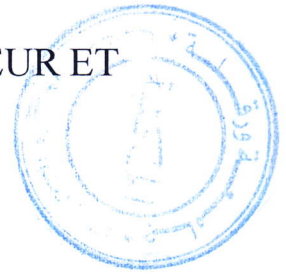
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DE OUARGLA

UNIVERSITE DE OUARGLA



Faculté des sciences et des sciences de l'ingénieur
Département de génie des procédés

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT

Spécialité : Génie des procédés
Option : Génie chimique

Présenté par :

ABDELLAOUI Med KHIMMISTI
GUERRICHA FOUAD

Thème

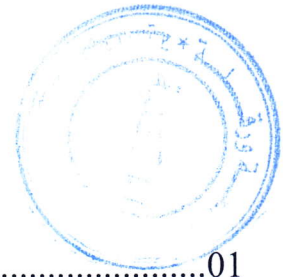
***ETUDE EXPERIMENTALE D'UN BASSIN D'EAU
UTILISÉ COMME CAPTEUR SOLAIRE PLAN***

Soutenu publiquement devant le jury :

- SELLAMI Med HASSAN (M.A.C.C) **President**
- SAOULI SALAH (M.C) **Encadreur**
- GUERMIT TAHAR (M.A.C.C) **Examineur**
- BECHKI DJAMEL (M.A.C.C) **Examineur**

Année Universitaire 2004/2005

Sommaire



1 / Introduction générale	01
2 / Nomenclature	02
3 / Chapitre I	03

GÉNÉRALITÉS

I.1/ Introduction sur l'énergie solaire	04
I.2/ Notions sur le gisement Solaire	04
Constitution physique du soleil	04
1) Troposphère	05
2) Stratosphère.....	05
3) Ionosphère	05
4) Exosphère	05
I.3/ Rayonnement atmosphérique et terrestre	06
I.4/ Le rayonnement direct, diffus et global	07
1.4-1/ Le rayonnement global	07
1.4-2/ Le rayonnement direct	07
1.4-3/ Le Rayonnement solaire diffus	10
I-5/ Rayonnement Réfléchi	12
I.6/ Intensité -Masse D'air optique	13
I.7/ Les différents modes de transfert de chaleur	13
1) La conduction	14
2) La Convection	15
3) Le Rayonnement	18
I.8/ L'Effet de Serre	19
I.9/ La Conversion de L'énergie solaire	21
I.10/ L'importance d'utilisation de l'énergie solaire	22

4 / Chapitre II	23
THÉORIES SUR LES CAPTEURS SOLAIRES	
II.1/ Introduction	23
II.2/ Différents types des capteurs solaires	24
II.2-1/ Concentrateurs	24
II.2-2/ Capteur solaire plan	25
II.2-3/ Capteur solaire à eau	26
II.2-4/ Capteur à ruissellement	28
II.2-5/ Capteur à air	29
II.2-6/ Capteur à tubes évacués	30
II.3/ Différentes composantes des capteurs solaires	31
5 / Chapitre III	34
THÉORIES SUR LES BASSINS D'EAU UTILISÉS COMME CAPTEUR SOLAIRE	
III.1/ Introduction	34
III.2/ Modélisation Mathématique	35
III.2/1-Coefficient global d'échange	36
III.2/2- Equation de bilan du bassin	37
III.3/ Conclusion	39
6 / Chapitre IV	40
ETUDE EXPERIMENTALE	
IV-1/ Les appareils de mesures	40
IV-2/ Mode de travail	41
IV-2/ Les mesures et résultats expérimentaux	42
7 / Conclusion	68
8 / Bibliographie	69

Nomenclature:

- A_C : surface du bassin (m^2)
 A_e : surface du tube (m^2)
 C : Chaleur spécifique du bassin ($KJ/kg^\circ C$)
 C_p : Chaleur spécifique de l'eau ($KJ/kg^\circ C$)
 d_e : Diamètre externe du tube (m)
 d_i : Diamètre interne du tube (m)
 F : Coefficient d'extraction d'énergie
 h_j : Coefficient d'échange thermique par convection ($W/m^2^\circ C$)
 I : Intensité du rayonnement solaire W/m^2
 L : Longueur du tube (m)
 m : débit massique du fluide caloporteur (kg/S)
 M : Masse du bassin (kg)
 S : Efficacité du bassin
 t : Ecart de temps (s)
 T_a : Température ambiante ($^\circ C$)
 T_B : Température du bassin ($^\circ C$)
 T_{ee} : Température de l'eau à l'entrée du tube ($^\circ C$)
 T_{es} : Température de l'eau à la sortie du tube ($^\circ C$)
 ΔT_{LM} : Différence de température logarithmique moyenne ($^\circ C$)
 U_e : Coefficient globale d'échange de chaleur ($W/m^2^\circ C$)
 U_L : Coefficient globale de chaleur du bassin ($W/m^2^\circ C$)
 λ : Conductivité thermique ($W/m^\circ C$)
 α : Coefficient d'absorption
 θ : Température ($^\circ C$)
 ρ : Masse volumique (kg/m^3)
 τ : Coefficient de transmission

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.

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 donné 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'utilisations et d'exploitations afin réduire et épargner l'énergie traditionnelle.

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

Chapitre I

(GÉNÉRALITÉS)

GENERALITES

1.1/ Introduction sur l'énergie solaire:

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].

1.2/ 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 constituée d'hélium et d'hydrogène avec du carbone et d'autres éléments en très faibles 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/m^3 , et elle atteint 76000 kg/m^3 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 m^2 placée perpendiculaire au rayonnement.

D'autre part, la puissance incidente du rayonnement solaire sur la terre est de l'ordre de $1,7.10^{17}\text{ W}$. Une partie est renvoyée par diffusion sur les différentes couches de l'atmosphère, les deux tiers environ sont absorbés par l'hémisphère éclairé et après plusieurs autres transformations sont renvoyées dans l'espace.

L'atmosphère est divisée en quatre régions:

1) Troposphère :

Une couche qui commence du sol jusqu'à 10 à 15 km d'altitude ou la température décroît de $6,5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ pour atteindre -50 à -90°C .

2) Stratosphère :

De 15 à 100 km, cette partie de l'atmosphère connaît une décroissance de la température qui atteint -75°C , ensuite cette température augmente jusqu'à 0°C , et même plus et cela est dû à la présence d'ozone qui capte la majorité du rayonnement ultra-violet émet par le soleil.

3) Ionosphère :

A partir de 100 km jusqu'à 800 km, dans cette zone les rayons X et les rayons ultra-violet qui interagissent avec les molécules de l'air provoquent un dégagement de chaleur.

La chaleur dégagée de ces réactions permet de réchauffer considérablement cette zone.

4) Exosphère :

De 800 à 3000 km environs. Jusqu'à 80 km la composition gazeuse reste inchangée: 78 % N_2 , 21 % O_2 , 0.9 % Ar, 0.03 % CO_2 , la moitié de la masse gazeuse est comprise entre 0 et 5 km et 90 % est située dans les 30 premiers kilomètres[2].

1.3/ 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 $14.7\ \mu\text{m}$ pour le CO_2 , 14 à $20\ \mu\text{m}$ pour l'eau et $9.6\ \mu\text{m}$ pour l'ozone [7].

En vertu de la loi de kirchoff ($\alpha_{\lambda} = \rho_{\lambda}$), l'atmosphère émettra donc principalement dans cette gamme de longueurs d'ondes. L'atmosphère présente par contre une fenêtre de transparence de 8 à $13\ \mu\text{m}$.

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 33.3 kW/m^2 par jour incidence normale[10].

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

$$I_{SC} = \sigma \cdot T^4 (R_s / D_{st}) \quad (I)$$

R_s : Le rayon du soleil (m)

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

σ : La Constante de Stéphane-Boltzmann = $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$

Les phénomènes principaux altérant le rayonnement solaire sont:

- La diffusion par les molécules et les particules en suspension.
- L'absorption sélective, dans des bandes de longueurs d'ondes définies par l'oxygène, l'ozone, le CO_2 et la vapeur d'eau.
- La réflexion sur les nuages.

1.4/ Le rayonnement direct, diffus et global:

1.4-1/ Le rayonnement global :

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

$$I_g = I_{\text{direct}} + I_{\text{diffus}} \quad (\text{I} - 1)$$

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 voute céleste, et l'autre celui qui est réfléchi par le sol.

1.4-2/ Le rayonnement direct :

C'est l'éclairement énergétique d'une surface réceptrice normale aux rayons solaires, par le seul rayonnement provenant directement du disque solaire.

Le flux direct (I_D) d'une surface inclinée d'un angle (β) avec l'horizontale et orientée vers le sud est donné par:

$$I_D = I_{DN} \cdot \cos\beta \quad (\text{I} - 2)$$

I_{DN} : est le rayonnement solaire normale reçu par unité de surface et donné par l'expression :

$$I_{DN} = A \exp \left(\frac{-P}{P_0} \right) K / \cos\theta_z \quad (\text{I} - 3)$$

A :est l'intensité de l'éclairement hors atmosphère ou bien la constante solaire réctifiée.

P/P_0 : pression relative en un lieu donné ce tel que:

$$P/P_0 = \exp (-0.0001184 * \text{Altitude (m)}) \quad (\text{I} - 4)$$

K = coefficient d'extinction.

$$K = 32 \pi^3 / 3 \cdot N(n-1)^2 \cdot (1/\lambda^4) \quad (\text{I} - 5)$$

θ_z :La distance zénithale = $(\pi/2) - h$ (h: hauteur du soleil).

N :Le nombre de molécule par unité de volume.

n :L'indice de réfraction.

λ :Le longueur d'onde.

L'angle d'inclinasion est donné par:

$$\text{Cos}\beta = \text{Cos} (\Phi - \beta) \text{Cos}\delta \text{Cos} H + \text{Sin} (\Phi - \beta) \text{Sin}\delta \quad (\text{I} - 6)$$

Φ : étant la latitude est La distance angulaire Nord ou Sud de l'équateur mesurée du centre de la terre.

δ : est la déclinasion du soleil, c'est l'angle formé par la normale à l'elliptique et l'axe de rotation de la terre.

Le rapport entre le rayonnement solaire instantané (I_h) sur un plan horizontal, et le rayonnement global (H_h) journalier sur un plan horizontal est défini par (r_g), ce rapport est aussi applicable à n'importe quel jour du mois:

$$R_g = I_h / H_h \quad (I - 7)$$

$$\delta = 23.45 \text{ Sin } (360/365(j+284)) \quad (I - 8)$$

j : Nombre de jour de l'année[10].

1.4-3/ Le Rayonnement solaire diffus (I_d):

C'est un rayonnement d'origine solaire diffusé par l'hémisphère à l'exception du disque solaire, vu par la surface réceptrice à tout moment du jour. Ce dernier n'a pas d'orientation privilégiée et parvient donc au sol en provenance de la voûte céleste.

$$I_{\text{diff}} = I_{\text{diff h}} (1 + \text{Cos } i) / 2 \quad (I - 9)$$

i : est l'inclinaison du capteur en (deg).

$H_{\text{diff h}}$: le rayonnement solaire diffus horizontale.

H : l'angle horaire de rayonnement diffus, est négative avant midi TSV

$$H = 360/24(\text{TSV}-12) \quad (I - 10)$$

TSV: Le temps solaire vrai. C'est l'angle dièdre du méridien du soleil et du lieu à un instant donné, TSV est donné par les cadrans solaire et le temps légale (TL) est donnée par les horloges [10].

La relation du TSV en fonction de TL est:

$$\text{TSV} = \text{TL} - (1+L)/60 (15+E_t) \quad (\text{I} - 11)$$

L : Le longitude du lieu en (deg).

E_t : L'équation du temps, donnée en (min) par l'expression suivante :

$$E_t = 1/60[-0.0037+0.43177 \text{Cos}\omega j-3.1650(2\omega j)0.072724\text{Cos}(3\omega j)-7.3764\text{Sin}(\omega j) - 9.3193\text{Sin}(2\omega j)-0.24498\text{Sin}(3\omega j) \quad (\text{I} - 12)$$

$$\text{Avec : } \begin{cases} \omega = 2\pi/365 \\ j = \text{nombre du jour de l'année} \end{cases}$$

1-5/ Rayonnement Réfléchi (I_r) :

Si (ρ) est le coefficient de réflexion appelé (Albédo), et supposant que cette réflexion est une diffusion, on obtiendra :

$$I_r = \rho * (I) = I_h (1 - \cos\beta) / 2 \quad (I - 13)$$

On donne quelques valeurs du coefficient de l'albédo (ρ) pour quelques corps [10]:

- Neige fraîche : $\rho = 0.85$
- Herbe sèche : $\rho = 0.30$
- Gravier : $\rho = 0.22$
- Herbe fraîche : $\rho = 0.20$
- Terre Nue : $\rho = 0.17$

1.6/ 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 :

$$M = (P/1000) (1/\text{Sin}h) \quad (I - 14)$$

1.7 Les différents modes de transfert de chaleur :

Le transfert de chaleur influe sur l'énergie du système. Celle-ci augmente dans le cas où le système reçoit de la chaleur, et diminue lorsque le système en perd selon la relation:

Le transfert thermique se fait par trois modes:

- Interaction directe avec les particules voisines, par exemple le choc de molécules ou d'atomes, ce qui correspond à la conduction.

- Déformation du fluide par déplacement de ses molécules du aux différences de densité liées à d'une différence de température, ce qui correspond à la convection.
- Absorption et/ou émission de radiations électromagnétiques, ce qui correspond au rayonnement.

1) La conduction:

Lorsque deux solides sont en contact, et ayant des températures différentes, le flux de chaleur se dirige du plus chaud vers le plus froid. Ce transfert de chaleur est du aux mouvements locaux des électrons et leurs agitations thermiques. Le flux de chaleur (Φ) est donné par la loi de Fourier:

$$\vec{\phi} = - \lambda \overrightarrow{\text{grad}}(T) \quad (\text{I-15})$$

λ : est la Conductivité thermique du solide (W/mK) est généralement est fonction de température.

En régime stationnaire unidimensionnel et à travers une paroi d'épaisseur (e) et de section (s), et si $\lambda=C^{\text{te}}$, l'équation (I-15) devient:

$$\phi = \frac{\lambda s}{e} (T_2 - T_1) \quad (\text{I-16})$$

T_1, T_2 : présentent respectivement (les températures de four) de la paroi.

Pour les métaux qui sont bons conducteurs de chaleur: $100 \leq \lambda \leq 425$

Exemple: à 20°C, $\lambda_{\text{Al}} = 200$ (W/mK)

Pour les isolants qui sont mauvais conducteurs de chaleur : $4.10^{-2} \leq \lambda \leq 2.5$

Exemple: à 20°C, $\lambda_{\text{verre}} = 1.2$ (W/mK)

2) La Convection:

C'est un mode de transfert de chaleur qui se produit uniquement au sein des fluides.

La convection apparaît lors que ces fluides sont en mouvement et présentant des hétérogénéités spatiales de températures.

La convection intervient en particulier dans les échanges de chaleur entre une paroi et un fluide en mouvement. La convection est alors un transfert de chaleur dû aux mouvements macroscopiques (déplacement d'atomes ou de molécules).

Lors que le mouvement du fluide est animé par une machine (pompe, compresseur, ventilateur, ...), la convection est dite forcée, mais si le mouvement du fluide est du seulement aux différences de masses volumiques, la convection devient libre.

Lorsque la convection est libre entre un fluide en mouvement (l'air dans notre cas) et une paroi, une couche limite turbulente ($Re \approx 10^5$) apparaît au contact de la paroi.

$$\phi = \bar{h} \cdot S \cdot \Delta T \quad (\text{I-17})$$

Des nombres adimensionnels sont introduits pour connaître le régime du mouvement et pour calculer le coefficient d'échange par convection (h).

- Le nombre de Reynolds:

Ce nombre est une mesure de la grandeur relative des forces d'inertie par rapport aux forces de viscosité existantes dans l'écoulement.

Il est défini par la relation:

$$Re = V.d / \nu$$

V: La vitesse de mélange (ou débitante) (m/s).

d: Le diamètre intérieur d'un tube.

ν : La viscosité cinématique (m^2/s)

$Re > 2300$ le régime est turbulent

$Re = 2300$ le régime est critique

$Re < 2300$ le régime est laminaire

- Le nombre de Prandtl:

Ce nombre est le rapport de la viscosité cinématique à la diffusivité thermique.

Il est défini par la relation:

$$Pr = C_p \cdot \mu / \lambda$$

- Le nombre de Nusselt:

Il caractérise l'intensité de l'échange de chaleur sur la limite (fluide-surface).

Il est défini par la relation:

$$Nu = h.x / \lambda$$

Pour trouver les valeurs moyennes de ces nombres Re, Pr, et Nu les grandeurs ρ , Cp, ν , et μ sont évaluées à une température moyenne (T_m).

La quantité de chaleur transférée par convection à travers une section(s) en régime stationnaire est alors:

$$q = s \cdot h \cdot (T_0 - T_\infty)$$

Le coefficient de transfert par convection (h) est fonction de (Nu), et $Nu = f(Re, Pr)$.

$Nu = 0.664(Re)^{1/2} \cdot (Pr)^{1/3}$ en régime laminaire.

- Le nombre de Grashoff:

Il est défini par la relation:

$$\overline{Gr} = \frac{\rho^2 g \beta (T - T_\infty) L^3}{\mu^2}$$

Ce nombre caractérise la transmission de chaleur en convection naturelle, il exprime le rapport entre les forces de viscosité et les forces créées dans la différence de température qui y régnent.

Pour un régime turbulent: $2 \cdot 10^7 < Gr < 3 \cdot 10^{10}$

$$Nu = 0.14 (Gr \cdot Pr)^{1/3}$$

Pour un régime laminaire: $10^5 < Gr < 2 \cdot 10^7$

$$Nu = 0.54 (Gr \cdot Pr)^{1/4}$$

Avec $Ra = Gr \cdot Pr$ Nombre moyen de Rayleigh.

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 ν ou leur longueur d'onde λ tel que: $C = \nu \cdot \lambda$, C étant la vitesse de propagation des ondes dans le milieu $C = C_0/n$, $C_0 = 3 \cdot 10^8$ (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].

1.8/ 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].

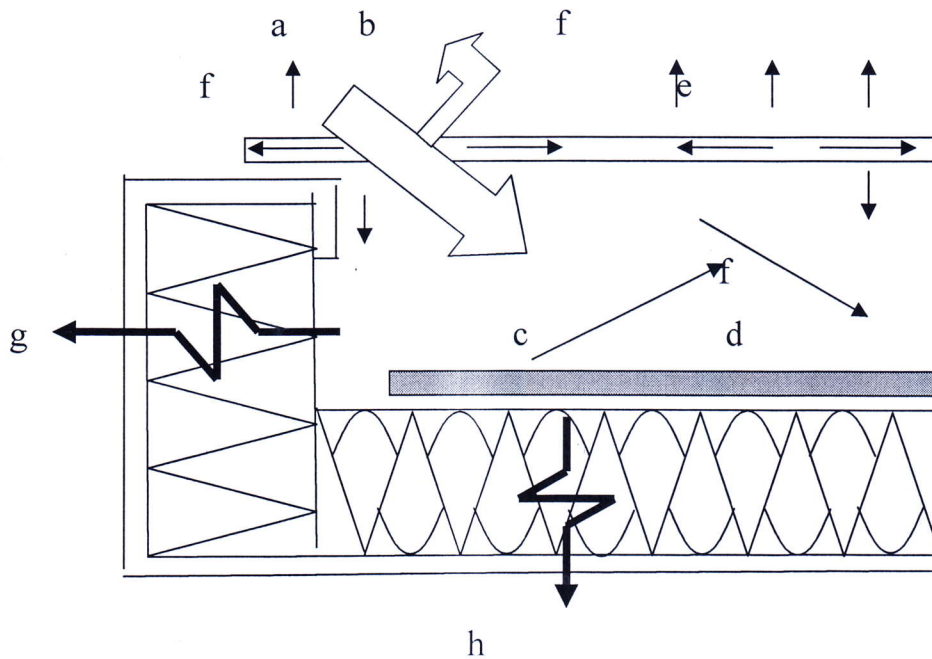


Fig I.1: Schéma montrant le principe de l'effet de serre.

Légende:

- 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.

1.9/ La Conversion de L'énergie solaire:

Il existe plusieurs méthodes de conversion de l'énergie solaire, parmi les quelles on distingue: La conversion photo-voltaïque, et la conversion photo-thermique.

La conversion photo-voltaïque consiste à transformer l'énergie solaire incidente directement en énergie électrique par utilisation de l'effet photo-voltaïque.

La conversion thermique de l'énergie solaire si nouvelle trouve par application dans divers domaines, tel que: La production d'eau chaude sanitaire, d'eau distillée, le chauffage des habitations, etc..... .

D'un autre côté, l'énergie thermique ainsi obtenu n'est généralement pas utilisable sur place, il est nécessaire de la transporter en prenant comme

Support un fluide plus facile à véhiculer qu'un solide, ce fluide est appelé: " fluide caloporteur". L'énergie utilisable qui véhicule le fluide dépend :

- De son débit.
- De sa température.

Et de sa chaleur massique.

Le flux solaire globale frappant une surface d'orientation et d'inclinaison données dépend de:

- La latitude de lieu.
- La période de l'année.
- L'instant considéré dans la journée.

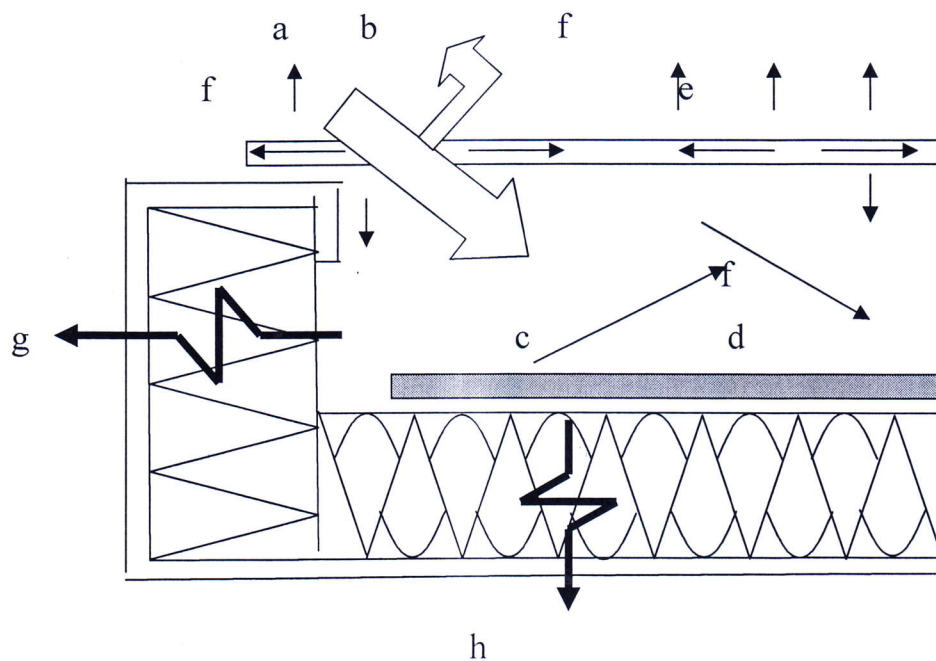


Fig I.1: Schéma montrant le principe de l'effet de serre.

Légende:

- 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.

On dispose des relevés météorologiques du sol pour les stations réparties sur le territoire national, et en particulier on connaît:

- 1) Le flux globale recueilli sur le plan horizontal.
- 2) La durée journalière d'insolation.

Le stockage de l'énergie est une exigence fondamentale de tout système solaire. Ce stockage peut se faire sous forme thermique ou chimique [2].

1.10/ L'importance d'utilisation de l'énergie solaire:

La terre capte l'énergie solaire sous forme de rayonnement constitué de rayons ultraviolets, lumière visible, et l'infrarouge.

Pour cette raison l'homme recherche toujours le moyen de tirer le maximum de l'énergie solaire, mais cela ça reste modeste et insuffisant. Parallèlement avec la révolution technologique, il y a des domaine d'utilisation de l'énergie solaire.

La climatisation, le préchauffage ou le chauffage de domestique sont des applications directes de la chaleur qu'apporte le rayonnement solaire, ainsi que le séchage des récoltes, en plus de la distillation de l'eau de mer[2].

Chapitre II

(THÉORIES SUR LES CAPTEURS SOLAIRES)

THEORIES SUR LES CAPTEURS SOLAIRES

II.1/ Introduction:

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 utilisée 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 (circulateur).

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

II.2/ Différents types des capteurs solaires:

La classifications des capteurs solaires thermiques peut se faire selon le type de captation de l'énergie solaire on distingue:

- 1- Les concentrateurs.
- 2- Les capteurs plans.

Ou selon la concentration du fluide, on cite:

- 1 Capteur solaire à eau.
- 2 Capteur à ruissellement.
- 3- Capteur à air.
- 4- Capteur à tubes évacués.

II.2-1/ Concentrateurs:

Les concentrateurs utilisent des surfaces réfléchissantes parabolique ou cylindro-parabolique pour concentrer les rayons solaires respectivement dans le foyer ponctuel ou dans le foyer linéaire de ces surfaces.

Dans le foyer ponctuel on le long du foyer linéaire se trouvent les récepteurs (absorbeurs) qui captent la chaleur solaire ainsi concentrée.

Naturellement ces concentrateurs doivent suivre le mouvement du soleil.

La forme parabolique permet d'obtenir des facteurs de concentration allant jusqu'à de température de l'ordre de (4000°C) au foyer.

Donc, suivant la taille de surface réfléchissante du on sera amené à construire la surface parabolique en ajoutant des segments disposés en cercles concentriques, pour que, l'absorbeur placé en foyer reçoive le rayonnement. L'axe du parabolique doit être en direction du soleil, ce qui impose la présence de deux mouvement d'orientations: angle horaire et angle déclinaison.

Par le cylindro-parabolique cela nécessite seulement un mouvement d'orientation, mais le facteur de concentration est compris entre (20 et 50 soleil). Le tube absorbeur présente une disposition verticale ou horizontale au choix.

L'orientation est collective en assemblant plusieurs surface réfléchisse cylindro-paraboliqes, côte à côte sur un cadre mobile ou individuelle.

II.2-2/ Capteur solaire plan :

Le capteur solaire plan est un capteur simple qui reçoit de toutes les directions le rayonnement solaire.

En ce qui concerne le capteur solaire plan il est constitué des parties principales suivants.

La partie avant qui est exposé au rayonnement: C'est une couverture qui est généralement en verre simple ou double destinée à réduire les pertes vers l'avant de l'absorbeur par rayonnement (effet de serre), et par convection (effet de lame d'air immobile).

Elle doit résister aux changements de la température aux intempéries et recevoir le rayonnement sans réflexion ni diffusion importante. La partie suivante est l'absorbeur qui est panneau noir pourvu d'un réseau de tube dans le quel circule un fluide caloporteur.

Dans la partie arrière qui est le boîtier, il contient le tout et ses parois sont tapissées d'une couche isolante destinée à réduire les pertes de l'absorbeur vers l'arrière et vers les côtés.

Les capteurs les plus utilisés sont les capteurs plans orientés le plus souvent vers le sud et inclinés par rapport à l'horizontale d'un angle pouvant être adapté à chaque saison.

II.2-3/ 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 recirculation 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.

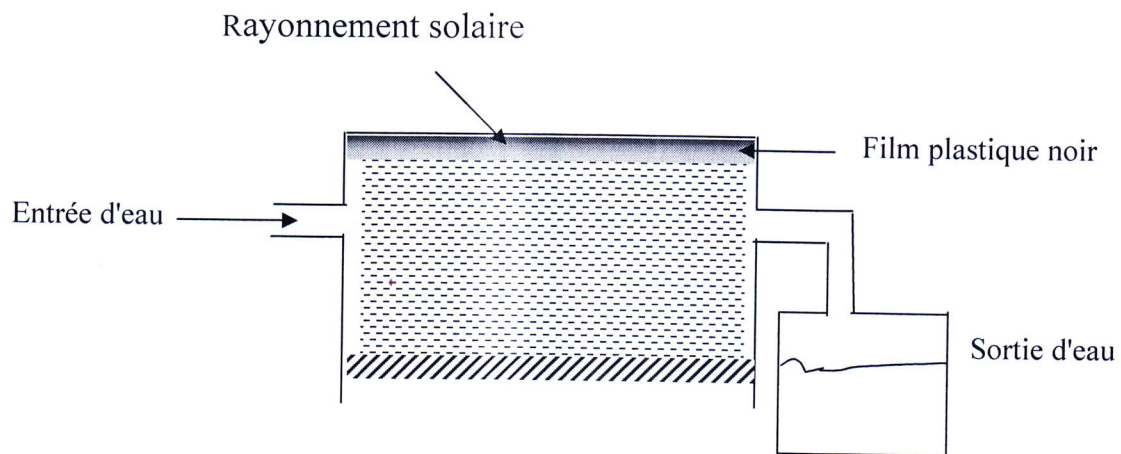


Fig.2-1: Chauffe eau solaire simple à basse pression

II.2-4/ Capteur à ruissellement :

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

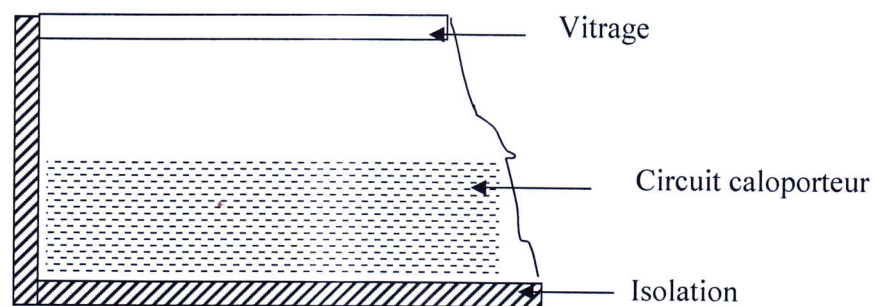


Fig.2-2: Capteur solaire à ruissellement simple

II.2-5/ Capteur à air :

Ce type de capteur est très simple est constitué d'une couche absorbante à dos isolé, refroidie par un courant d'air circulant entre l'absorbeur et un couvercle de verre. Pour l'amélioration du rapport surface d'échange où utilise un absorbeur poreux.

On peut employer à cet effet du tissu noir de la fibre de verre noircie, des écrans rainurés et étirés de la laine d'acier ou des assemblages de lamelles.

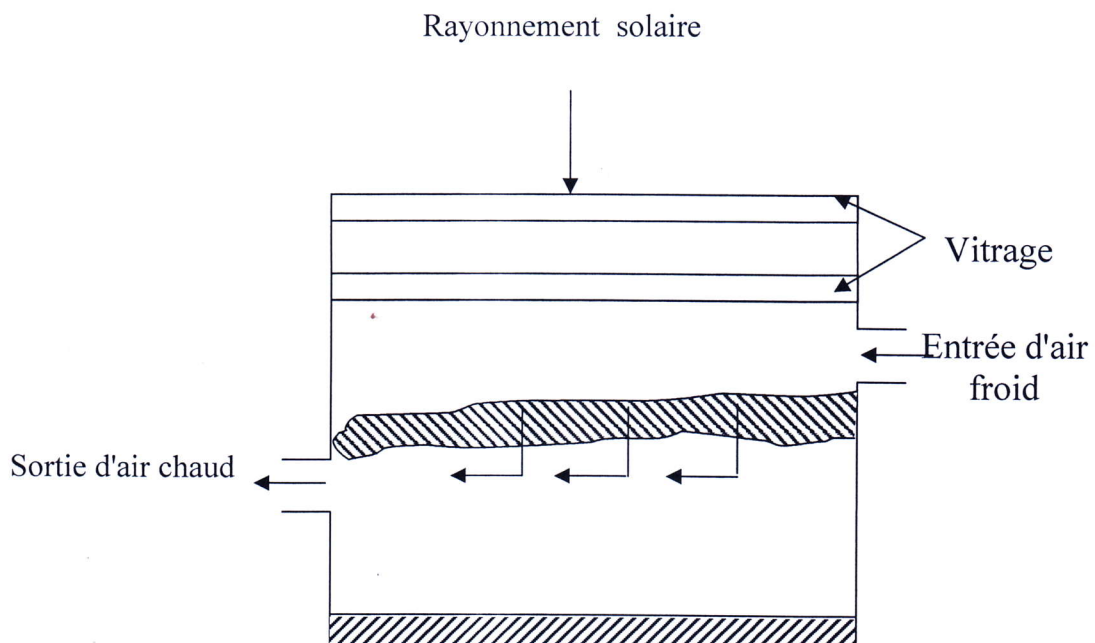


Fig.2-3: Capteur à absorbeur poreux

II.2-6/ Capteur à tubes évacués :

Le capteur est constitué de plusieurs tubes en verre dans lesquels sont placés les absorbeurs. Ils sont montés en série. Les tubes sont mis dans le vide ce qui permet de réduire les pertes thermiques par convection et par conduction.

Le capteur est composé d'un récipient rempli d'une certaine quantité de fluide volatile qui fonctionne comme milieu caloporteur à chaque fois que le fluide s'évapore et se condense.

Plus précisément, le rayonnement solaire fait évaporer le fréon qui se charge de chaleurs latentes, laquelle est transmise au liquide caloporteur lors de sa condensation.

Il existe également des capteurs à tubes évacués qui fonctionnent plus simplement en circuit direct.

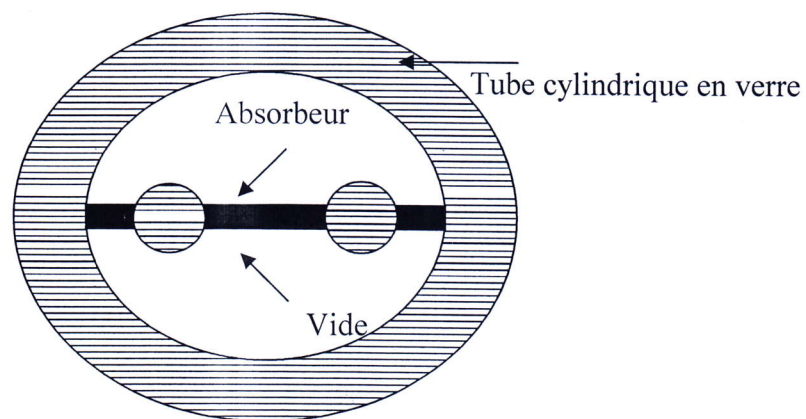


Fig.2-4: Coupe d'un tube évacué

Comme utilise le vide comme isolation thermique, ce capteur possède un très bon rendement à haute température. Il est recommandé pour des températures de service supérieures à 70°C[10].

II.3/ Différentes composantes des capteurs solaires:

Le capteur solaire comprend les éléments suivants:

- a/ Le corps opaque qui absorbe le rayonnement solaire.
- b/ Un système de refroidissement par le fluide caloporteur.
- c/ Un isolant thermique (dos et cotés non exposés).
- d/ Une couverture transparente (face avant, exposée au rayonnement) qui assure l'effet de serre.
- e/ Un coffrage étanche à l'eau et un système de support mécanique de l'ensemble.

Pour absorber au maximum l'énergie rayonnée du soleil, il suffit d'une surface placée de façon judicieuse. Cette surface doit avoir un coefficient d'absorption le plus élevée possible.

Les meilleurs coefficients sont de l'ordre de (0.95).

Pour limiter les pertes par rémission de rayonnement infrarouge, il est important que l'absorbeur possède aussi la propriété d'émissivité superficielle la plus faible possible (valeur inférieure 0.15) dans ce cas l'absorbeur sera qualifié de sélectif.

Après transformation du rayonnement en chaleur sur la face exposée, il y'a lieu de transmettre cette chaleur au fluide caloporteur.

Les métaux ont de bons coefficients de conduction de la chaleur:

(Cuivre: 300 W/mk, Aluminium:200 W/mk, Acier:60 W/mk).

Pour le système, le contact entre les tuyaux véhiculant le fluide et la plaque absorbante doit être très proches, soit par emboutissage ou par soudure.

De même, l'espacement entre les tuyaux devra être rigoureusement calculé en fonction du diamètre du tuyau, de l'épaisseur de la plaque et des matériaux employés. Les tuyaux de circulation du fluide en contact avec l'absorbeur seront de préférence placés en parallèle plutôt qu'en serpentin.

Limiter les pertes par transmission vers l'extérieur du capteur est primordial si on cherche à optimiser les performances de ces derniers. Nombreux sont les produits isolants, qui peuvent convenir pour l'isolation arrière et latérale, mais il faut veiller à leur résistance aux conditions extrême d'été.

Les pertes par transmission peuvent également être éliminées en plaçant l'absorbeur sous vide, ce qui permet d'obtenir un rendement élevé même à hautes températures[10].

Chapitre III

(THÉORIES SUR LES BASSINS D'EAU UTILISÉ COMME
CAPTEUR SOLAIRE)

I-Introduction:

L'énergie solaire a été utilisée depuis longtemps pour produire de la chaleur et de l'électricité, bien que les expériences accumulées soient considérables, ce domaine continue de susciter beaucoup d'études tant théoriques qu'expérimentales. Les bassins d'eau solaire peuvent être utilisés dans plusieurs applications nécessitant des températures basses et modérées, telles que le conditionnement d'air, le dessalement d'eau, le chauffage etc

Ce travail concerne le développement d'un nouveau dispositif permettant la réception et le stockage de l'énergie solaire en utilisant un bassin rempli d'eau.

2-Modilisation Mathématique [9]:

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.

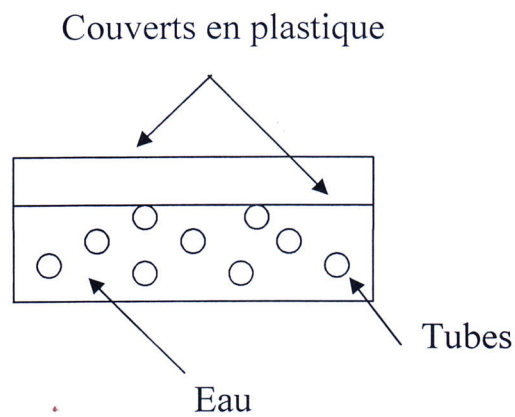


Fig.3-1: Schéma du bassin solaire et du serpentin

2-1-Coefficient global d'échange:

Pour déterminer le coefficient globale d'échange, on opte pour les hypothèses suivantes:

1. La température est uniforme le long des tubes.
2. On néglige le transfert de chaleur par conduction le long du serpentin.
3. On néglige le transfert de chaleur par convection à l'extérieur du serpentin.

Le transfert de chaleur s'effectue donc par convection forcée entre le fluide caloporteur et l'eau du bassin, dans ce cas on a la relation suivante :

$$\frac{1}{U_e} = \frac{1}{h_i} \quad (1)$$

h_i : est déterminé à l'aide de la formule empirique suivante:

$$\text{Nu} = \frac{h_i D_i}{\lambda} = 1.86 \left(\frac{4}{\pi} \cdot \frac{m c_p}{\lambda L} \right)^{1/3} \quad (2)$$

2-2 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:

$$(\tau\alpha).I.A_C = (M.c)_B \cdot \frac{dT_B}{dt} + U_L.A_C.(T_B-T_a) + m.c_p.(T_{es}-T_{ee}) \quad (3)$$

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:

$$\Delta T_{LM} = \frac{(T_B - T_{ee}) - (T_B - T_{es})}{\ln \frac{T_B - T_{ee}}{T_B - T_{es}}} \quad (4)$$

A partir de laquelle on calcule la température du bassin:

$$T_B = \frac{T_{es} \cdot e^F - T_{ee}}{e^F - 1} \quad (5)$$

Où

$$F = \frac{A_e.U_e}{m.C_p} \quad (6)$$

L'efficacité de l'échangeur de chaleur peut se calculer comme:

$$S = \frac{T_{es} - T_{ee}}{T_s - T_{ee}} \quad (7)$$

Ainsi , la température du bassin solaire devient:

$$\frac{dT_B}{dt} = \frac{1}{s} \cdot \frac{dT_{es}}{dt} \quad (8)$$

La combinaison des équation 3 et donne l'équation différentielle suivante pour la température du bassin:

$$\frac{d\theta}{dt} = b - a.\theta \quad (9)$$

Où

$$\theta = T_{es} - T_a$$

$$a = \frac{UL + \frac{m.C_p.S}{A_c}}{\frac{(M.c)_B}{A_c}} \quad (10)$$

$$b = \frac{(\tau\alpha).I.S + \left(U_L.(1-S) + \frac{m.C_p.S}{A_c} \right) (T_{ee} - T_a)}{\frac{(M.c)_B}{A_c}} \quad (11)$$

La solution de l'équation différentielle (équation 9) nous donne finalement, la variation temporelle de la température du bassin:

$$\frac{\theta_1 - \theta_0}{\frac{b}{a} - \theta_0} = 1 - e^{-a\Delta t} \quad (12)$$

Avec

$$\Delta t = t_1 - t_0$$

Conclusion:

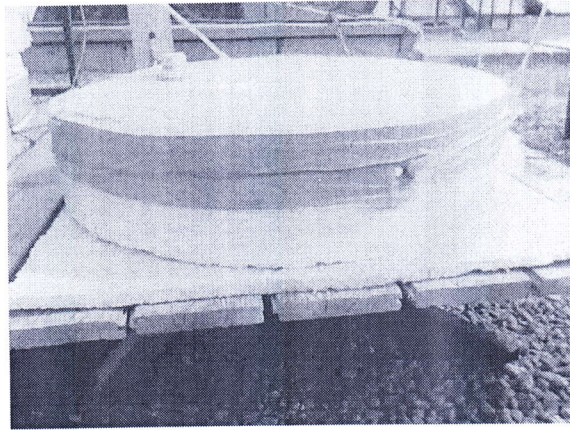
L'objectif de ce travail est l'étude thermique d'un bassin d'eau utilisé comme capteur solaire. On a noté que le bassin d'eau peut fonctionner comme capteur solaire avec plusieurs avantages tels que la capacité de stockage d'énergie, la simplicité de réalisation et de fonctionnement. Un prototype expérimental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

Chapitre IV

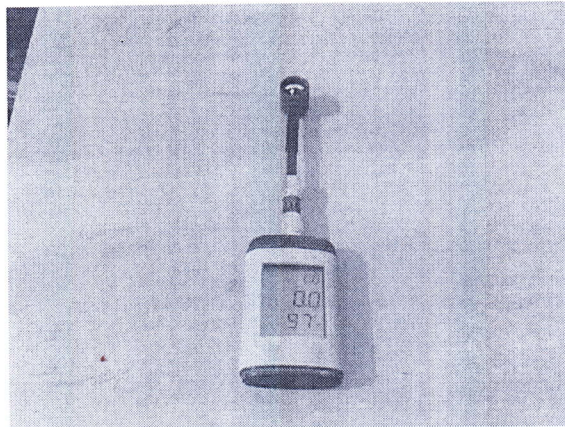
(ETUDE EXPÉRIMENTALE)

IV-1 / Les appareils de mesure:

1. Bassin d'eau solaire



2. Thermocouple

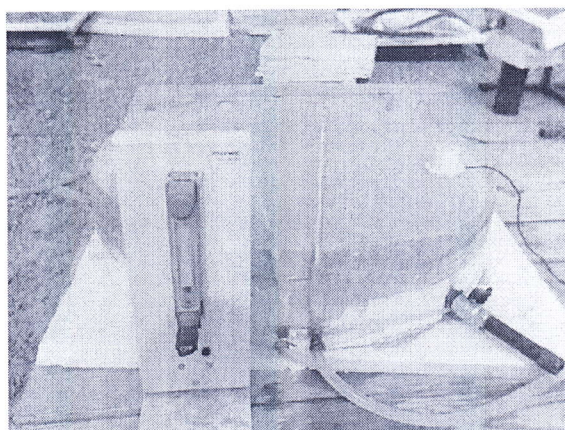


3. Trois (3) thermomètres

4. Débitmètre



Assemblage des appareils de l'expérience



IV-2 / Mode de travail:

On installe le capteur solaire dans un milieu de distribution des rayonnements élevés pour permet de récepter 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 à la sortie du capteur après chaque demi heure 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:

$$\Phi = m.C_p. (T_s - T_e)$$

Φ : La chaleur évacuée m : Le débit massique de l'eau

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

C_p : La chaleur spécifique de l'eau a la T^{ure} moyenne

Tableau N°01

Mesures et Résultats expérimentaux : 26 Avril 2005

Temp	\bar{V} (m/s)	V (m ³ /s)	H (w/m ²)	Ta (°c)	Te(°c)	Ts(°c)	Ts - Te (°c)	T Bassin (°c)	Qu (W)
8:30	3.20	0.0000016	215	24.00	25.00	29.50	4.50	31.00	30.13
9:00	2.60	0.0000016	361	24.00	26.00	30.00	4.00	31.00	26.78
9:30	3.60	0.0000016	446	25.00	27.00	32.00	5.00	32.00	33.48
10:00	6.40	0.0000016	535	27.00	29.00	34.00	5.00	33.00	33.48
10:30	5.10	0.0000016	625	27.00	30.00	35.00	5.00	34.00	33.48
11:00	5.80	0.0000016	698	27.00	31.50	36.50	5.00	35.00	33.48
11:30	3.70	0.0000016	770	27.00	32.00	39.00	7.00	37.00	46.87
12:00	3.80	0.0000016	808	28.00	34.00	40.00	6.00	39.00	40.18
12:30	2.40	0.0000016	835	28.00	34.50	41.50	7.00	41.00	46.87
13:00	2.60	0.0000016	846	28.00	35.00	43.00	8.00	42.00	53.57
13:30	4.00	0.0000016	790	29.00	36.00	45.00	9.00	45.00	60.26
14:00	1.90	0.0000016	796	29.00	37.00	46.00	9.00	46.00	60.26
14:30	2.40	0.0000016	745	29.00	37.00	46.50	9.50	47.00	63.61
15:00	1.50	0.0000016	683	29.00	37.00	47.00	10.00	47.50	66.96
15:30	1.70	0.0000016	602	29.00	36.50	47.00	10.50	49.00	63.61
16:00	2.40	0.0000016	513	29.00	36.00	46.00	10.00	49.00	66.96
16:30	1.60	0.0000016	383	29.00	35.50	46.00	10.50	49.00	70.31
17:00	1.20	0.0000016	283	29.00	35.00	46.00	11.00	47.00	73.66

Tableau N°02

Mesures et Résultats expérimentaux : 30 Avril 2005

Temp	\bar{V} (m/s)	V (m ³ /s)	H (w/m ²)	Ta (°c)	Te(°c)	Ts(°c)	Ts - Te (°c)	T Bassin (°c)	Qu (W)
8:30	2.30	0.0000016	290	22.00	24.50	28.00	3.50	27.00	23.44
9:00	2.50	0.0000016	395	22.00	25.00	28.50	3.50	27.00	23.44
9:30	0.90	0.0000016	490	23.00	25.50	31.50	6.00	28.00	40.18
10:00	1.70	0.0000016	514	24.00	27.50	32.00	4.50	30.00	30.13
10:30	1.90	0.0000016	650	24.00	29.50	33.00	3.50	32.00	23.44
11:00	1.30	0.0000016	740	24.00	31.00	35.00	4.00	36.00	26.78
11:30	3.20	0.0000016	813	25.00	33.00	37.00	4.00	38.00	26.78
12:00	2.50	0.0000016	885	25.00	34.00	39.00	5.00	39.50	33.48
12:30	3.30	0.0000016	906	25.00	34.50	41.00	6.50	41.00	43.52
13:00	2.90	0.0000016	923	25.00	35.00	42.50	7.50	44.00	50.22
13:30	2.50	0.0000016	908	26.00	36.00	44.00	8.00	46.00	53.57
14:00	2.60	0.0000016	875	26.00	35.00	45.00	10.00	48.00	66.96
14:30	3.50	0.0000016	830	26.00	36.00	45.00	9.00	48.00	60.26
15:00	3.40	0.0000016	760	26.00	35.00	45.50	10.50	48.50	73.66
15:30	4.00	0.0000016	631	26.00	35.50	46.00	10.50	49.00	60.26
16:00	3.80	0.0000016	645	26.00	35.50	44.50	9.00	49.00	63.61
16:30	3.10	0.0000016	586	26.00	34.00	45.00	11.00	49.50	77.00
17:00	2.80	0.0000016	470	26.00	34.00	45.50	11.50	49.00	77.00

Tableau N°03

Mesures et Résultats expérimentaux: 02 Mai 2005

Temp	\bar{V} (m/s)	V (m ³ /s)	H (w/m ²)	Ta (°c)	Te(°c)	Ts(°c)	Ts - Te (°c)	T ^{Bassin} (°c)	Qu (W)
8:30	0.60	0.0000016	330	23.00	26.00	27.00	1.00	27.00	6.70
9:00	0.70	0.0000016	416	24.00	28.00	29.00	1.00	29.00	6.70
9:30	1.70	0.0000016	503	24.00	29.00	30.00	1.00	30.00	6.70
10:00	0.90	0.0000016	600	25.00	32.00	34.00	2.00	32.00	13.39
10:30	0.90	0.0000016	667	25.00	34.00	36.00	2.00	33.00	13.39
11:00	0.60	0.0000016	750	25.00	35.00	38.00	3.00	36.00	20.09
11:30	1.80	0.0000016	835	25.00	37.00	41.00	4.00	39.00	26.78
12:00	2.50	0.0000016	905	25.00	38.00	43.00	5.00	42.00	33.48
12:30	2.60	0.0000016	932	25.00	38.00	44.00	6.00	44.00	40.18
13:00	1.20	0.0000016	950	26.00	38.00	46.00	8.00	46.00	53.57
13:30	2.10	0.0000016	936	26.00	38.00	47.00	9.00	48.00	60.26
14:00	2.50	0.0000016	905	26.00	37.00	49.00	12.00	50.00	80.35
14:30	1.60	0.0000016	860	26.00	35.00	50.00	15.00	51.00	100.44
15:00	1.10	0.0000016	810	26.00	36.00	50.50	14.50	51.00	93.74
15:30	1.80	0.0000016	750	26.00	36.00	50.00	14.00	52.00	103.79
16:00	1.20	0.0000016	687	26.00	35.50	51.50	16.00	52.50	90.40
16:30	2.70	0.0000016	502	26.00	35.00	49.00	14.00	52.00	87.05
17:00	3.60	0.0000016	370	26.00	34.00	48.00	14.00	51.00	93.74

Tableau N°04

Mesures et Résultats expérimentaux : 03 Mai 2005

Temp	\bar{V} (m/s)	V (m ³ /s)	H (w/m ²)	Ta (°c)	Te(°c)	Ts(°c)	Ts - Te (°c)	T Bassin (°c)	Qu (W)
8:30	0.70	0.0000016	310	22.00	25.00	28.50	3.50	29.00	23.44
9:00	0.50	0.0000016	415	23.00	28.00	29.00	1.00	29.00	6.70
9:30	0.30	0.0000016	506	24.00	30.00	31.00	1.00	31.00	6.70
10:00	1.20	0.0000016	593	25.00	32.50	34.00	1.50	33.00	10.04
10:30	0.50	0.0000016	672	25.00	35.00	36.50	1.50	35.50	10.04
11:00	2.10	0.0000016	745	26.00	35.00	39.00	4.00	38.00	26.78
11:30	1.60	0.0000016	827	26.00	36.50	41.50	5.00	41.00	33.48
12:00	0.70	0.0000016	902	26.00	37.00	44.00	7.00	44.00	46.87
12:30	1.20	0.0000016	920	26.00	39.00	45.00	6.00	46.00	40.18
13:00	1.70	0.0000016	939	27.00	39.00	47.00	8.00	48.00	53.57
13:30	1.20	0.0000016	931	27.00	39.00	48.00	9.00	50.00	60.26
14:00	1.80	0.0000016	900	27.00	40.00	49.00	9.00	51.00	60.26
14:30	1.70	0.0000016	843	28.00	40.00	49.00	9.00	53.00	60.26
15:00	1.50	0.0000016	620	28.00	38.00	49.00	11.00	53.00	73.66
15:30	0.90	0.0000016	733	27.00	38.00	49.00	11.00	53.00	73.66
16:00	1.50	0.0000016	655	27.00	37.00	49.00	12.00	52.00	80.35
16:30	2.00	0.0000016	485	27.00	36.50	49.00	12.50	51.00	60.26
17:00	1.40	0.0000016	350	27.00	35.00	45.50	10.50	50.00	70.31

Tableau N°05

Mesures et Résultats expérimentaux : 05 Mai 2005

Temp	\bar{V} (m/s)	V (m ³ /s)	H (w/m ²)	Ta (°c)	Te(°c)	Ts(°c)	Ts - Te (°c)	T Bassin (°c)	Qu (W)
8:30	0.50	0.0000008	350	24.00	29.00	30.00	1.00	30.00	3.35
9:00	0.50	0.0000008	415	26.00	30.00	31.00	1.00	31.00	3.35
9:30	1.50	0.0000008	475	26.00	32.00	35.00	3.00	33.00	10.04
10:00	2.10	0.0000008	580	27.00	34.00	37.00	3.00	35.00	10.04
10:30	1.80	0.0000008	655	27.00	36.00	38.50	2.50	37.00	8.37
11:00	2.10	0.0000008	695	28.00	37.50	41.50	4.00	40.00	13.39
11:30	1.80	0.0000008	680	28.00	39.00	44.00	5.00	43.00	16.74
12:00	0.90	0.0000008	890	29.00	40.00	46.00	6.00	46.00	20.09
12:30	2.50	0.0000008	785	29.00	41.00	49.00	8.00	48.00	26.78
13:00	1.80	0.0000008	780	30.00	39.00	52.00	13.00	50.00	43.52
13:30	2.80	0.0000008	755	30.00	39.00	54.00	15.00	53.00	50.22
14:00	1.50	0.0000008	738	30.00	40.00	54.00	14.00	54.00	46.87
14:30	1.60	0.0000008	667	30.00	40.00	54.00	14.00	51.00	46.87
15:00	1.20	0.0000008	560	30.00	39.00	57.00	18.00	57.00	56.92
15:30	2.00	0.0000008	563	30.00	39.00	56.00	17.00	57.00	60.26
16:00	1.50	0.0000008	495	30.00	38.00	57.00	19.00	57.00	61.94
16:30	1.50	0.0000008	422	30.00	37.50	56.50	19.00	57.00	58.59
17:00	0.60	0.0000008	310	30.00	36.00	55.00	19.00	56.00	63.61

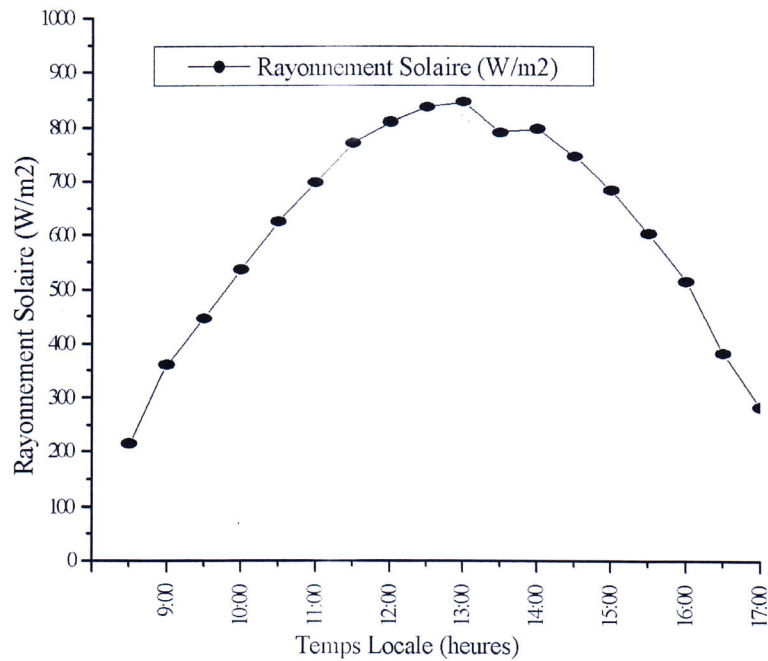
La Date: 26 Avril 2005

Fig.4-1-1: Variation du Rayonnement solaire en fonction du temps (26 Avril 2005)

D'après la courbe qui représente la variation du rayonnement solaire en fonction du temps, on remarque que la variation est une fonction parabolique, la valeur maximale de rayonnement ($846 W/m^2$) est enregistré à 13:00 h.

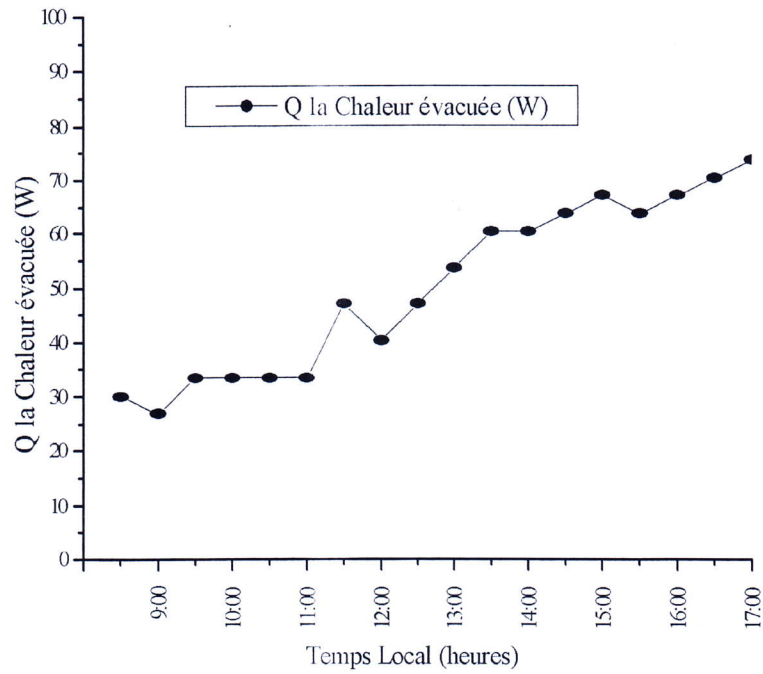


Fig.4-1-2: Variation de la chaleur évacuée en fonction du temps (26 Avril 2005)

D'après la courbe ci-dessus, on remarque que la variation de la chaleur évacuée en fonction du temps est presque une droite, c'est-à-dire la chaleur évacuée augmente proportionnellement avec le temps.

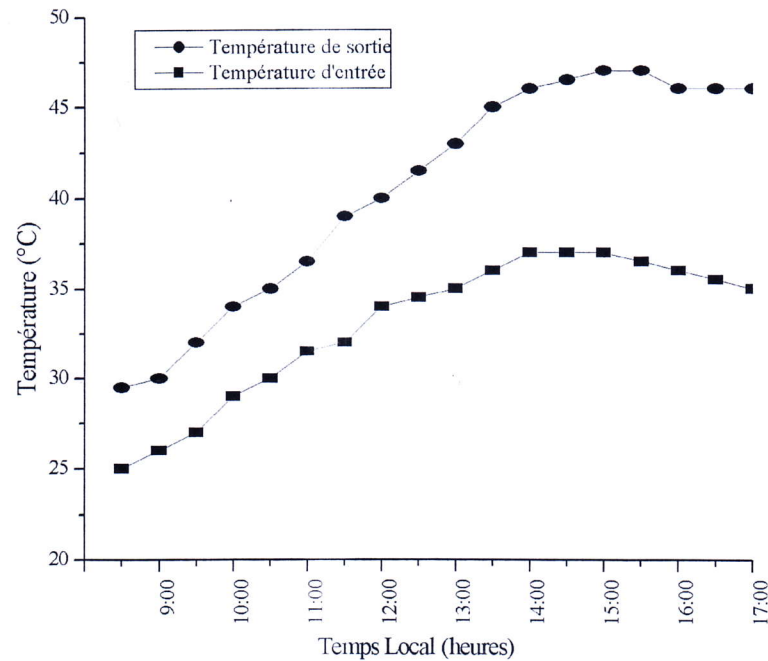


Fig.4-1-3: Variation de Température en fonction du temps (26 Avril 2005)

D'après la courbe ci-dessus, on remarque que la différence entre la température d'entrée et la température de sortie augmente au cours de la journée, à partir de 15:00 h la différence est presque constante.

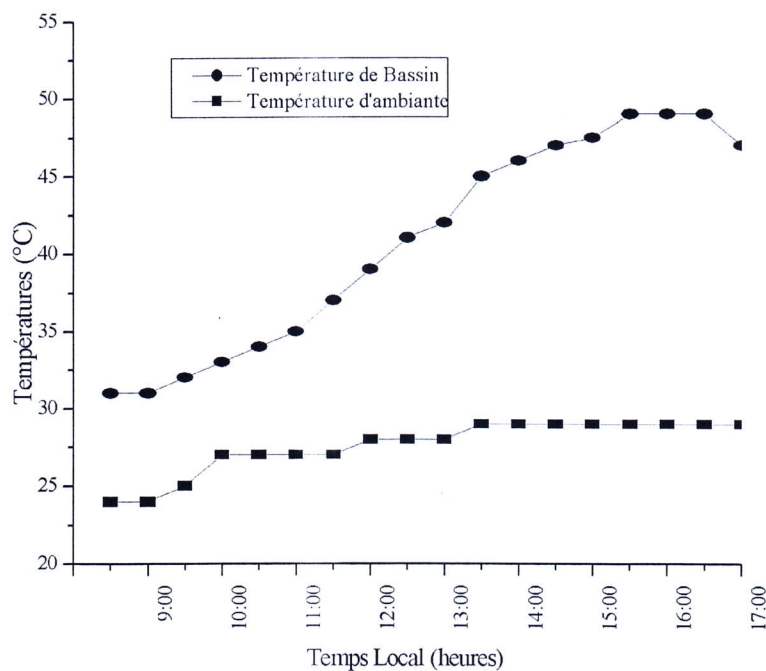


Fig.4-1-4: Variation de la températures du bassin et de la température ambiante en fonction du temps (26 Avril 2005)

D'après la courbe de variation de température de bassin et de la 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 heure elle est considérée comme constante. Pour la température du bassin elle augmente jusqu'à la fin de la mesure.

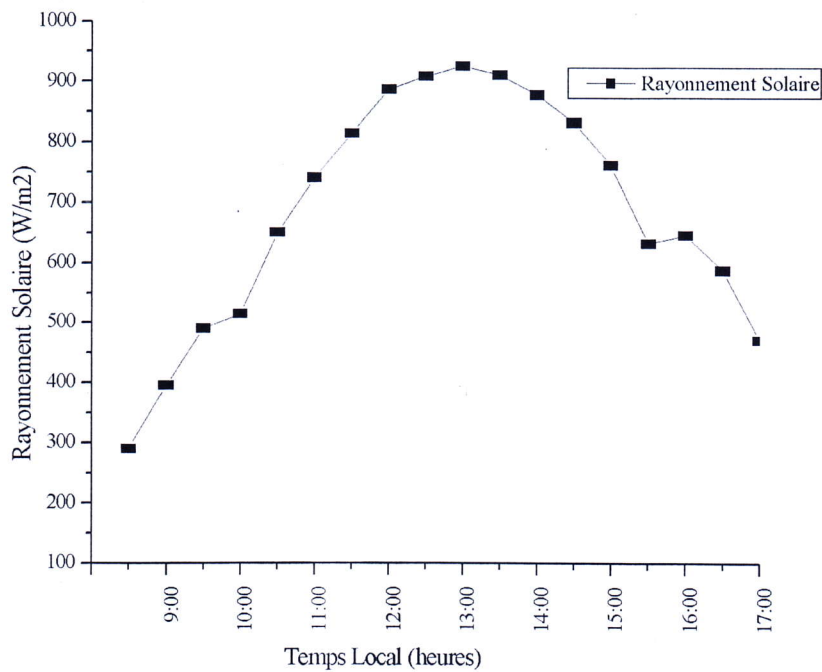
La Date: 30 Avril 2005

Fig.4-2-1: Variation du Rayonnement solaire en fonction du temps (30 Avril 2005)

D'après la courbe qui représente la variation du rayonnement solaire en fonction de temps, on remarque que la variation est une fonction parabolique, la valeur maximale du rayonnement ($923 W/m^2$) est enregistrée à 13:00 h.

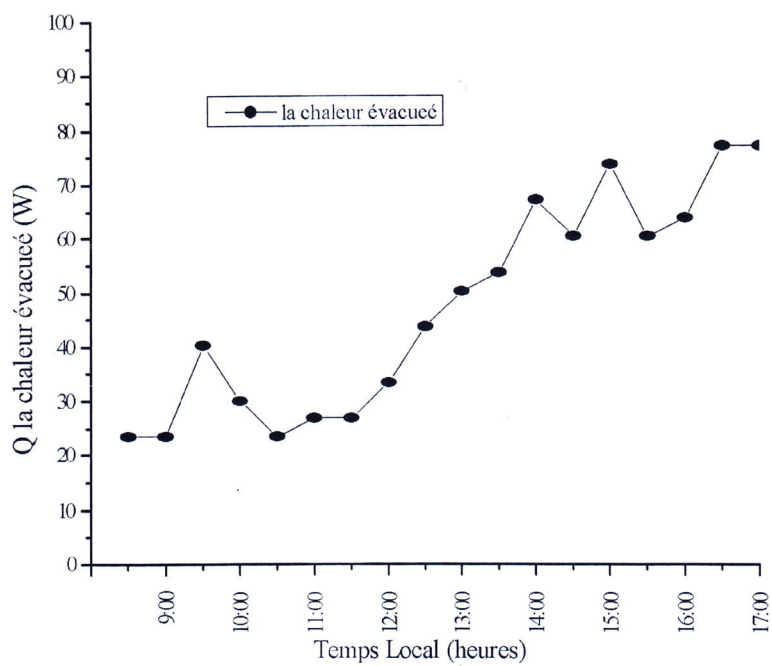


Fig.4-2-2: Variation de la chaleur évacuée en fonction du temps (30 Avril 2005)

D'après la courbe ci-dessus, on remarque que la chaleur évacuée augmente en fonction de temps, c'est-à-dire la chaleur évacuée augmente proportionnellement en fonction de temps.

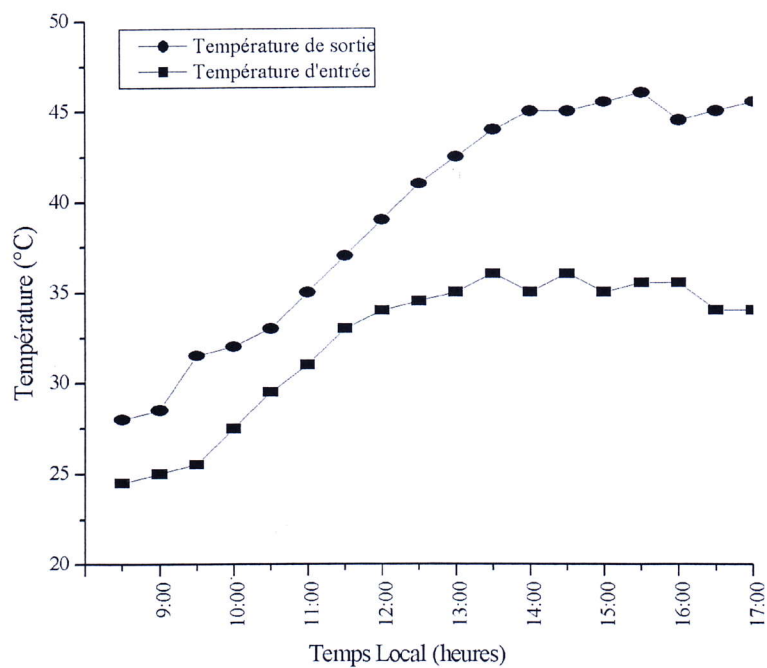


Fig.4-2-3: Variation de Température en fonction du temps (30 Avril 2005)

D'après la courbe ci-dessus, on remarque que la différence entre la température d'entrée et la température de sortie augmente au cours de la journée, à partir de 14:00 h la différence est presque constante.

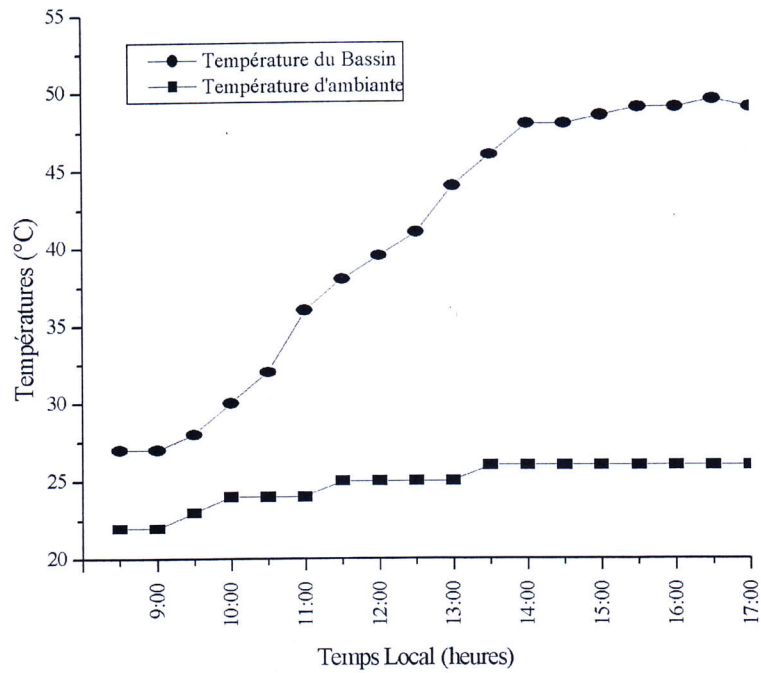


Fig.4-2-4: Variation de la température du bassin et de la température ambiante en fonction du temps (30 Avril 2005)

D'après la courbe de variation de température du bassin et de 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 heure elle est considérée comme constante. Pour la température du bassin elle augmente jusqu'à la fin.

La Date: 02 Mai 2005

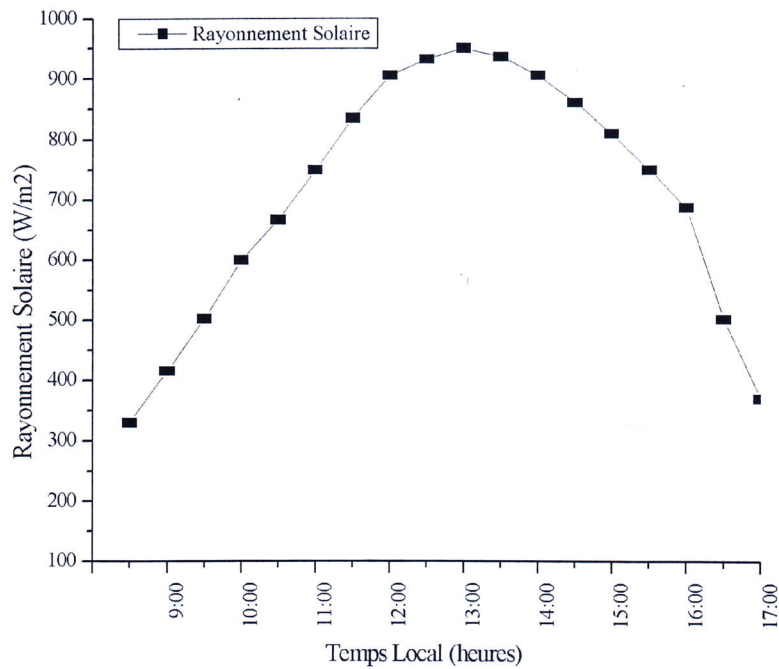


Fig.4-3-1: Variation du Rayonnement solaire en fonction du temps (02 Mai 2005)

D'après la courbe qui représente la variation du rayonnement solaire en fonction du temps, on remarque que la variation est une fonction parabolique, la valeur maximale de rayonnement ($950 W/m^2$) est enregistrée à 13:00 h.

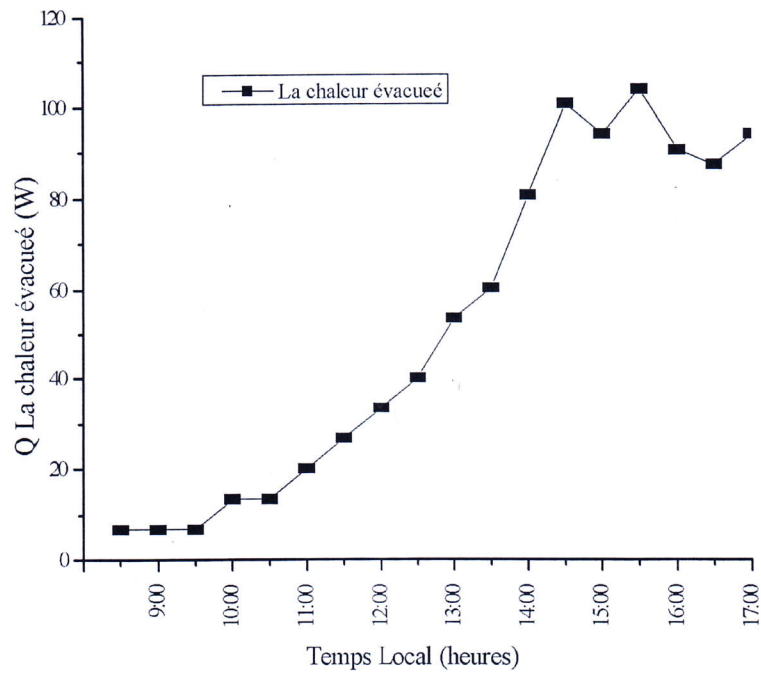


Fig.4-3-2: Variation de la chaleur évacuée en fonction du temps (02 Mai 2005)

D'après la courbe ci-dessus, on remarque que la variation de la chaleur évacuée en fonction du temps est presque une droite, c'est-à-dire la chaleur évacuée augmente proportionnellement en fonction de temps.

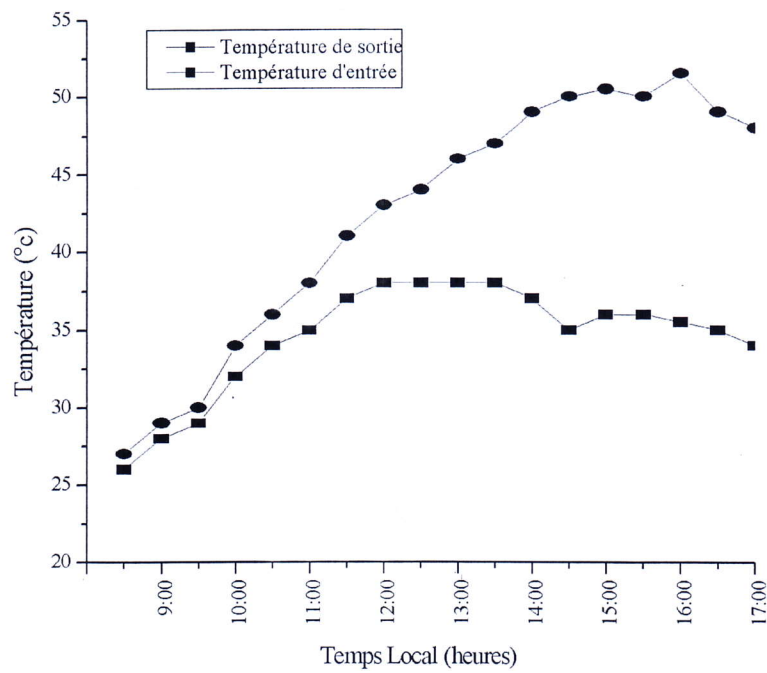


Fig.4-3-3: Variation de Température en fonction du temps (02 Mai 2005)

D'après la courbe ci-dessus, on remarque que la différence entre la température d'entrée et la température de sortie augmente au cours de la journée, à partir de 14:30 h, la différence est presque constante.

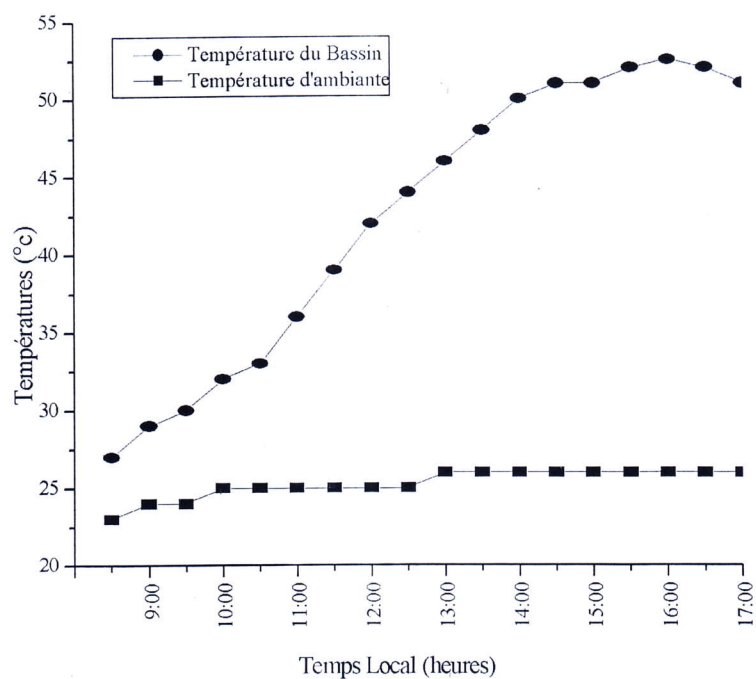


Fig.4-3-4: Variation de la température du bassin et de la température ambiante en fonction du temps (02 Mai 2005)

D'après la courbe de variation de température du bassin et de la température ambiante en fonction du temps, on remarque que la température ambiante évolue à partir du début de mesure jusqu'à 13:00, après cette heure elle est presque constante. Pour la température de bassin elle augmente jusqu'à la fin.

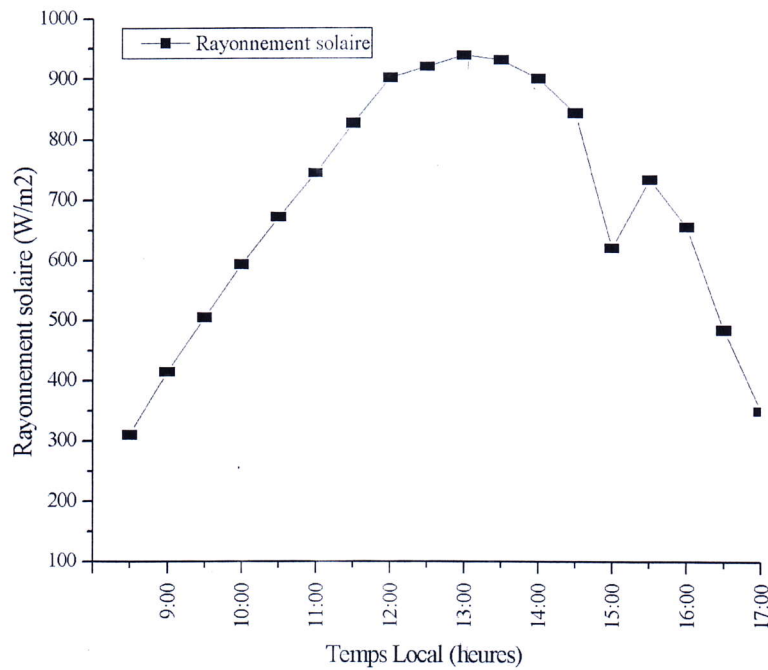
La Date: 03 Mai 2005

Fig.4-4-1: Variation du Rayonnement solaire en fonction du temps (03 Mai 2005)

D'après la courbe qui représente la variation du rayonnement solaire en fonction de temps, on remarque que la variation est une fonction parabolique, la valeur maximale du rayonnement ($939 W/m^2$) est enregistrée à 13:00 h.

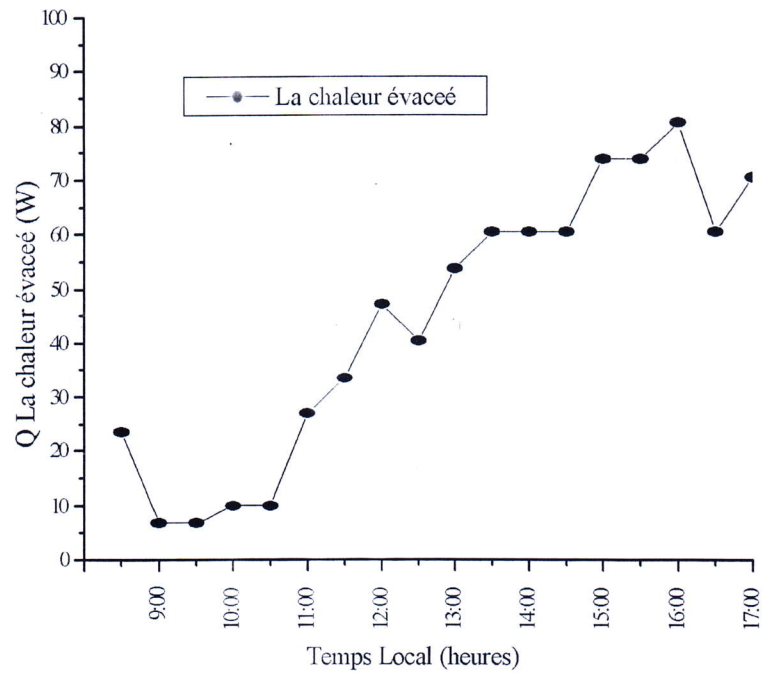


Fig.4-4-2: Variation de la chaleur évacuée en fonction du temps (03 Mai 2005)

D'après la courbe ci-dessus, on remarque que la chaleur évacuée est évolue en fonction de temps, c'est-à-dire la chaleur évacuée augmente proportionnellement en fonction de temps.

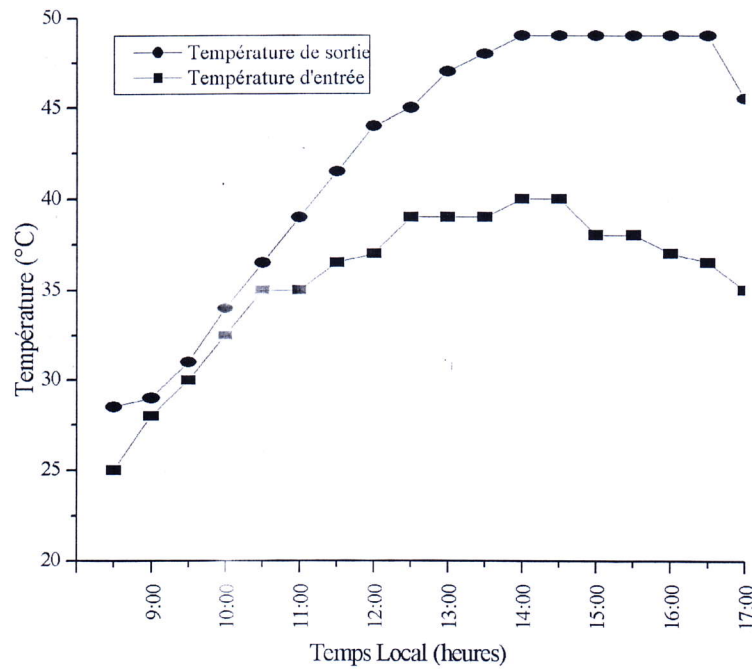


Fig.4-4-3: Variation de Température en fonction du temps (03 Mai 2005)

D'après la courbe ci-dessus, on remarque que la différence entre la température d'entrée et la température de sortie augmente au cours de la journée, à partir de 15:00 h la différence est presque constante.

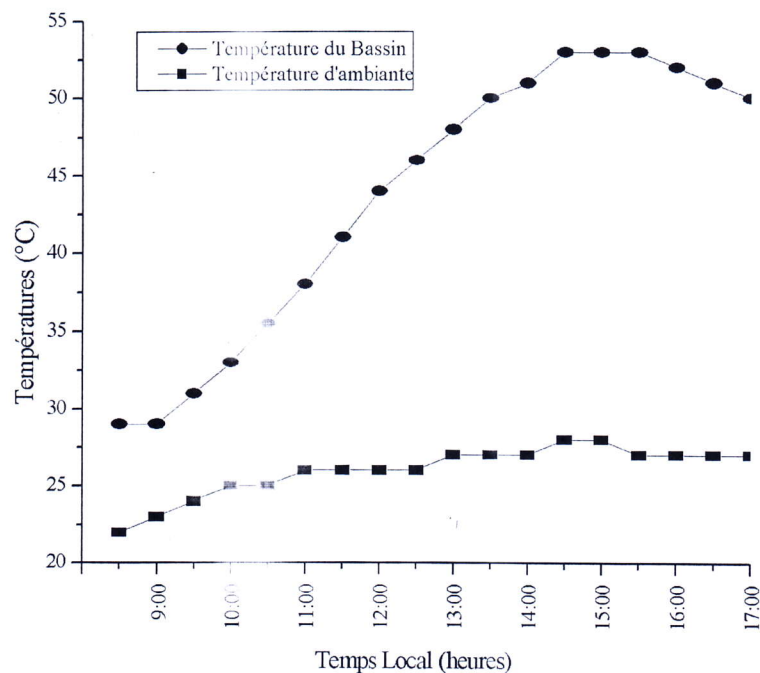


Fig.4-4-4: Variation de la température du bassin et de la température ambiante en fonction du temps (03 Mai 2005)

D'après la courbe de variation de température du bassin et de la température ambiante en fonction du temps, on remarque que la température ambiante évolue à partir de début de mesure jusqu'à 13:00, après, elle est considérée comme constante. Pour la température du bassin elle augmente jusqu'à la fin.

La Date: 05 Mai 2005

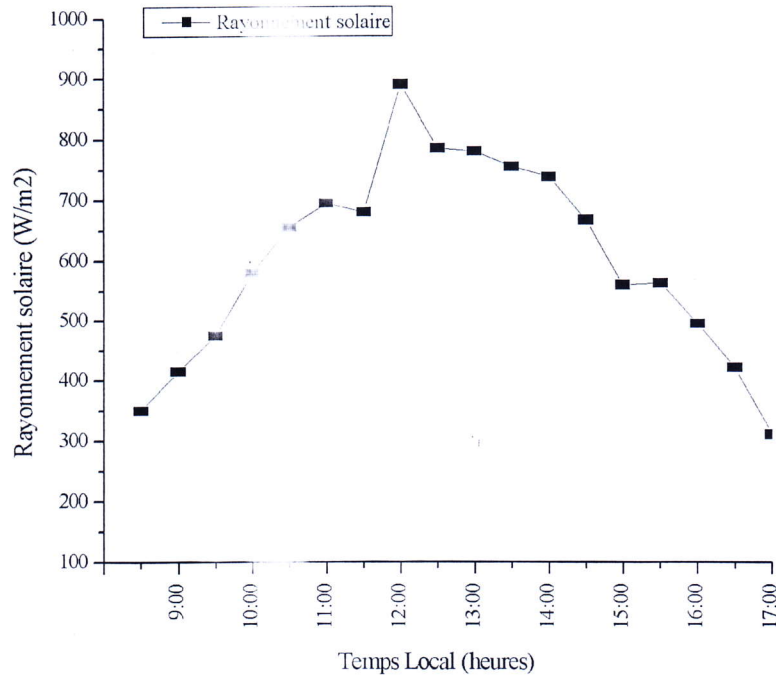


Fig.4-5-1: Variation du Rayonnement solaire en fonction du temps (05 Mai 2005)

D'après la courbe qui représente la variation du rayonnement solaire en fonction du temps, on remarque que la variation est une fonction parabolique, la valeur maximal de rayonnement ($890 W/m^2$) est enregistrée à 12:00 h.

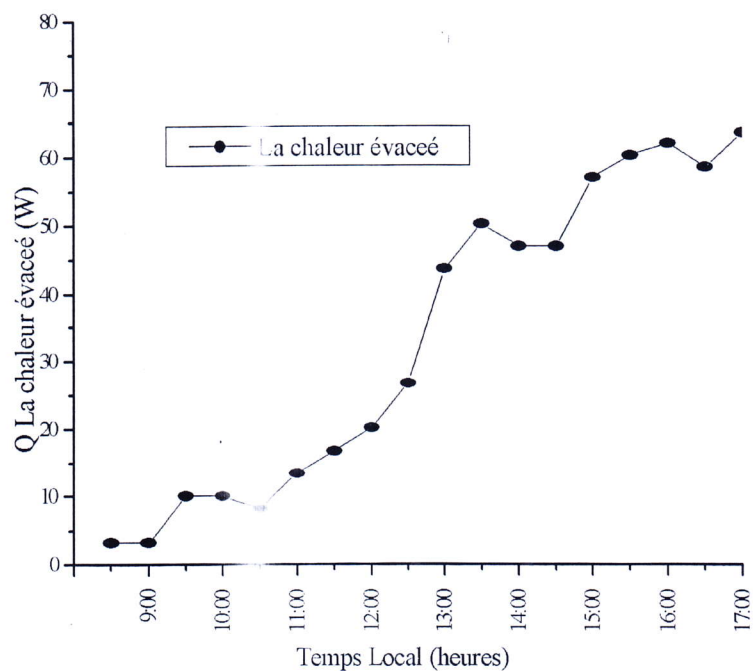


Fig.4-5-2: Variation de la chaleur évacuée en fonction du temps (05 Mai 2005)

D'après la courbe ci-dessus, on remarque que la variation de la chaleur évacuée en fonction du temps est presque une droite, c'est-à-dire la chaleur évacuée augmente proportionnellement en fonction du temps.

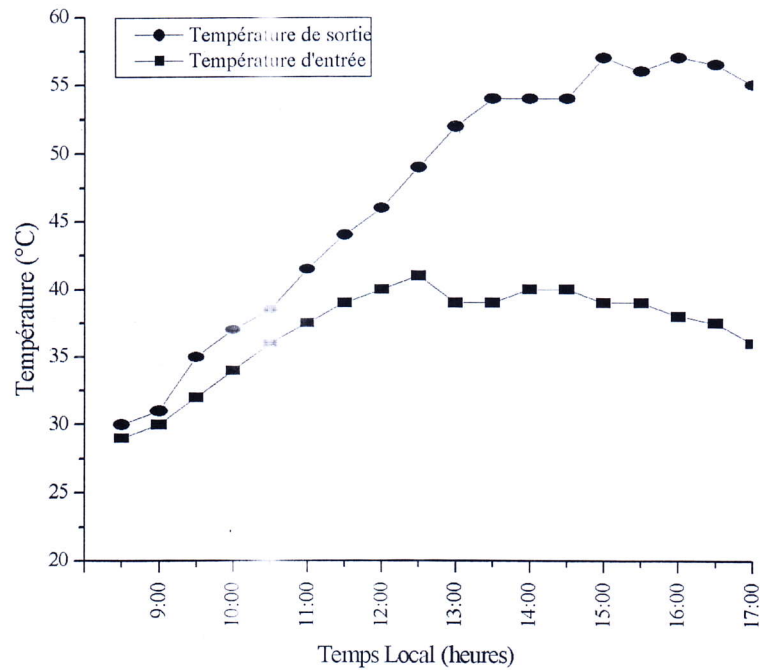


Fig.4-5-3: Variation de la Température en fonction du temps (05 Mai 2005)

D'après la courbe ci-dessus, on remarque que la différence entre la température d'entrée et la température de sortie augmente au cours de la journée jusqu'à la fin de mesure.

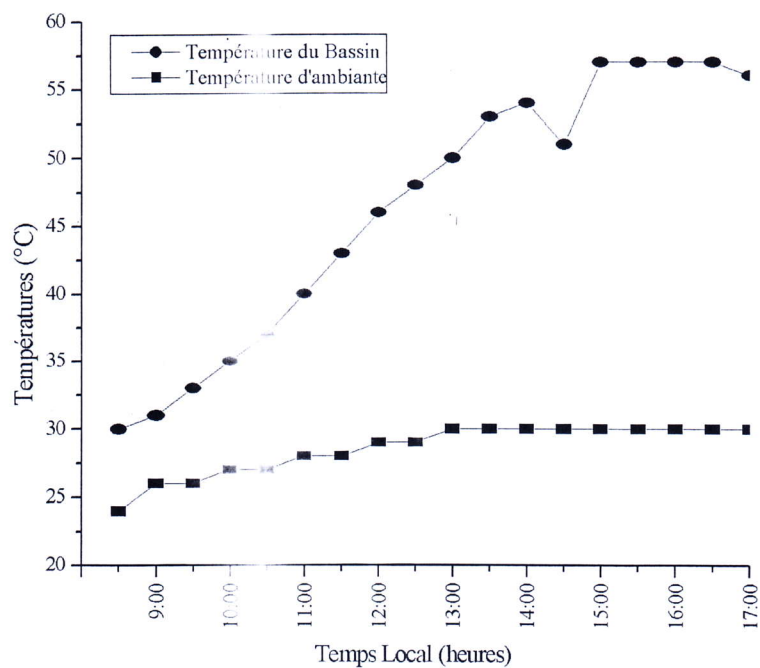


Fig.4-5-4: Variation de la température du bassin et de la température ambiante en fonction du temps (05 Mai 2005)

D'après la courbe de variation de température du bassin et de la température ambiante en fonction du temps, on remarque que la température ambiante évolue à partir de début de mesure jusqu'à 13:00, après, elle est considérée comme constante. Pour la température du bassin elle augmente jusqu'à la fin.

Conclusion.

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 de fonctionnement.

Le bassin d'eau qui est exposé aux rayonnements solaires donne une énergie évacuée continue dans une période bien déterminée. L'énergie récupérée par le capteur solaire est moins chère par rapport aux autres capteurs point de vue économique.

On peut considérer l'énergie récupérée par le capteur solaire comme énergie renouvelable, pour cette raison il faut profiter le maximum d'énergie à partir de cette source pour l'utiliser dans les différents domaines.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]- B.Roger, M.Glibert, S.Marcel: Conversion Thermique et Applications " Technique et documentation 1979"
- [2]- Pr.Boumaza: Analyse des systèmes thermique solaire dans la région de CONSTANTINE.
"Congrès maîtrise énergie et environnement CEME,BISKRA 11/1987)
- [3]- C.P.de Brichambaut, C Vauge: Le Gisement Solaire. "Évaluation de la ressource énégetique". "Lavoisier Paris 1982"
- [4]- J.A.Duffie, W.A.Bekman: Solar engineering Of thermal Process (1980)
- [5]- T.Guermit (Thèse Magister): Analyse et Simulation d'une Machine Frigorifique à Absorption couplée à l'énergie solaire "2000".
- [7]- J.I.Perrier: Energie Solaire."État actuel des applications" . "Technique et scientifiques françaises 1979"
- [8]- M.Capderou: Atlas Solaire de l'algerie. "Modèles théoriques et expérimentaux 1988"
- [9]- Journées d'études nationales de mécanique JENM05.15-16 Mars 2005,Ouaregla.
- [10]- Dimensionnement d'un capteur solaire plan (Présenté par GUENNOUN AHMED) mémoire de fin d'études, Ouaregla 2001/2002.
- [11]-Utilisation de l'énergie solaire pour la demineralisation des eaux saumâtres dans le sud algérien (Thèse Magister Présenté par SELLAMI Med HASSAN).