

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

**Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie euqinacém**



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine Sciences et Techniques

Filière : Génie Mécaniques

Spécialité : Génie Energétique

Thème :

**Etude expérimentale des performances
des capteurs solaires plans à air destiné
aux applications séchage**

Présenté et soutenu publiquement par :

**malsI IUOADNEH
ADGAGER Belkacem**

Le : 08 /06 / 2015

Devant le jury composé de :

Mr: Guermit Tahar	MA.A	Président
Mr: Mennouche Djamel	MA.A	Examineur
Pr: Boubekri Abdelgahni	Professeur	Encadreur
Mr: Halassa Daoud	Doctorant	Co-Encadreur

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2014/2015

Dédicaces

Nsuo dédnnois ce modeste travail

A mes chers parents

A mes frères et mes soeurs

A toute ma famille

A mon encadreur Mr ALIANE Khaled

A mon encadreur Mr Azzi Ahmed

A tous mes collègues et mes amis partout

A tous ceux qui ont sacrifié leur temps pour la science

et à tous ceux qui utilisent la science pour le bien

et la prospérité de l'humanité

Remerciement

Tout d'abord :

Merci à Dieu

Je tiens à remercier vivement mon encadreur Pr . **KAABI Abdenacer** professeur au département de génie climatique à l'université de Mantouri Constantine .

Je voudrais remercier aussi messieurs membres de jury :

✪ Mr : **SAOULI SALAH** Professeur à l'université de Ouargla comme président de jury .

✪ Mr : **BOUGUTTAIA HAMZA** Maître de conférences à l'université de Ouargla comme examinateur .

✪ Mr : **KHATIB YACINE** Maître de conférences à l'université de Mantouri Constantine comme examinateur .

Je reconnais aussi tout personne qui m'a aidé particulièrement à ma famille et mes amis .

Mes remerciements sont faits aux enseignants, personnel et aux étudiants de l'université de Ouargla

I-1) Le soleil :

Le soleil produit une énorme quantité d'énergie, qui quitte sa surface sous forme de rayonnement électromagnétique d'un spectre allant de 0,2mm (ultra-violet) à 4mm (infrarouge). Cette énergie représente une source majeure d'énergie dans le monde. Malgré la distance considérable de la terre du soleil (150.10^6 km), la couche terrestre reçoit une quantité d'énergie de 180.10^6 Gw.

L'énergie solaire se présente bien comme une alternative aux autres sources d'énergie. Elle représente un potentiel considérable; en effet, le pays reçoit plus de 3000 h de lumière solaire par année avec un haut niveau d'éclairement. Avec une optimisation des angles de réception, la moyenne annuelle journalière est de 5 à 7 kwh /m²/jour.[1]

I-1-2) Différents types de rayonnement:

Le soleil fournit une quantité d'énergie énorme: environ 15×10^{17} kWh/an. Le besoin global de la terre (besoins électriques + énergie thermique + transport) est de 30×10^{13} kWh/ an, le soleil fournit donc annuellement 5000 fois les besoins énergétiques globaux de la terre.

- **Rayonnement direct :**

Le rayonnement direct est le rayonnement reçu directement du Soleil. Il peut être mesuré par un pyrhéliomètre. [13]

- **Rayonnement diffus:**

Le rayonnement diffus (D_h) est le rayonnement émis par des obstacles (nuages, sol, bâtiments) et provient de toutes les directions, Il peut être mesuré par un pyranomètre avec écran masquant le soleil. [14]

- **L'albédo:**

L'albédo du sol est le rayonnement qui est réfléchi par le sol ou par des objets se trouvant à sa surface. Cet albédo peut être important lorsque le sol est particulièrement réfléchissant (eau, neige).

- **Rayonnement global:**

Le rayonnement global est le rayonnement émis par le soleil incident sur un plan donné, et c'est la somme du rayonnement direct et diffus, il est mesuré par un pyranomètre ou un solarimètre sans écran.

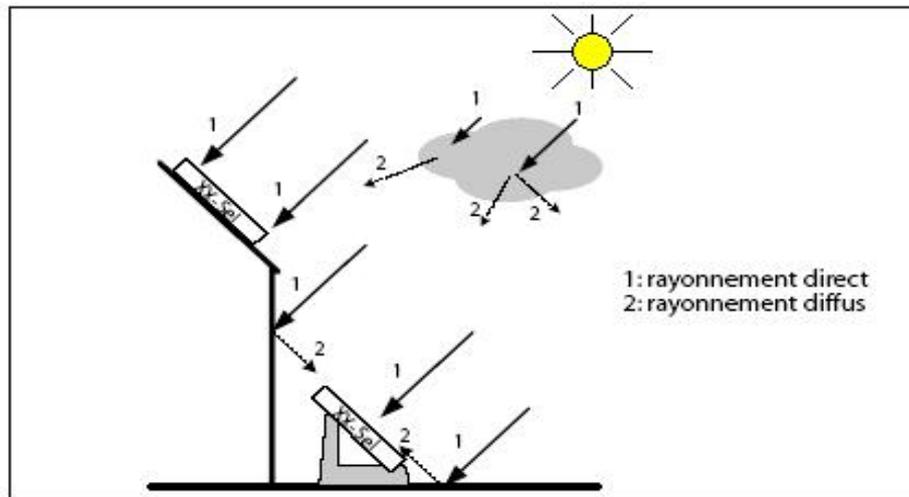


Fig. (1.1) différents composants de rayonnement. .[1]

I-1-3) Etude climatologique :

I-1-3-1) Caractéristiques climatique:

Les paramètres climatiques (températures, vent, l'humidité relative, précipitation..) ont une action directe sur toutes les processus physique ou chimique qui se déroulent dans cette environnement. Les valeurs de ces paramètres sont disponibles à l'office national météorologique d'Ouargla.

a) L'humidité relative:

L'humidité relative de l'air est le pourcentage de vapeur existant dans l'air par rapport à la quantité maximale que peut contenir l'atmosphère dans les mêmes conditions de température et de pression. Sur le tableau (1.1), nous avons représenté la variation de l'humidité moyenne mensuelle, calculée sur dix années d'observation (de 2000 à 2009)

Tabl (I-2): Humidité relative moyenne mensuelle

Mois	Jan	Féb	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
HR%	59,3	52	42,4	35,7	32,9	26,8	24,8	27,7	38,4	45,6	45,8	60,3

b) Les températures:

La connaissance de la température est décisive pour l'étude et l'utilisation de tout système solaire. Les données des températures calculées sur dix années d'observation (2000 à 2009) (Tab 2) montrent que les températures moyennes mensuelles de November à Avril sont inférieures à la moyenne annuelle (22.73 C°) et de Mai à Octobre supérieures à cette moyenne, ce qui partage l'année en deux saisons, l'une froide avec une moyenne minimale au mois de Janvier (04.79 C°), et l'autre chaude avec une moyenne maximale au mois de Juillet (42.15 C°).

Table (I-3): les températures d'Ouargla

Mois	T _{min} moy (C°)	T _{max} moy (C°)	(T _{min} moy+ T _{max} moy)/2 (C°)	(T _{max} moy - T _{min} moy) (C°)
Jan	4,79	18,37	11,58	13,58
Fév	6,79	20,84	13,815	14,05
Mar	10,72	24,39	17,55	13,67
Avr	15,01	28,63	21,82	13,62
Mai	20,25	33,61	26,93	13,36
Juin	24,79	37,08	30,93	12,29
Juil	28,15	42,15	35,15	14
Aout	27,42	37,51	32,46	10,09
Sept	23,38	35,51	29,62	12,49
Oct	17,95	30,48	24,21	12,53
Nov	10,22	22,87	16,54	12,65
Déc	6,21	18,2	12,2	11,99

Avec: $\left\{ \begin{array}{l} T_{\min} \text{ moy: la température moyenne minimale en (C}^\circ\text{)} \\ T_{\max} \text{ moy: la température moyenne maximale en (C}^\circ\text{)} \\ (T_{\max} \text{ moy} - T_{\min} \text{ moy) : Amplitude thermique en (C}^\circ\text{)} \end{array} \right.$

c) Le vent:

L'existence des hautes des basses pressions est à l'origine de vent, ce dernier est caractérisé par sa direction et la vitesse de la composante horizontale.

Les vents les plus forts, supérieures à 20(m/s) soufflent du Nord-est et du Sud, les plus fréquents au printemps avec une direction Nord-est/Sud-est. Les vents sont souvent accompagnés du sable, expliquant les zones d'ensablement de certaines palmeraies.

Les valeurs mensuelles moyennes des vitesses du vent pour la région d'Ouargla calculées sur dix années (2000 à 2009), sont représentées sur le tableau (I-4).

Table (I-4): les valeurs mensuelles moyennes des vitesses du vent pour Ouargla

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
V(m/s)	2,79	3,23	3,89	4,46	4,71	4,5	4,12	3,75	3,5	3,3	2,61	2,59

La vitesse moyenne annuelle $V_{moy} = 3.62$ (m/s)

I-1-4) Le gisement solaire en Algérie :

Le gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible au cours d'une période donnée. Il est utilisé pour simuler le fonctionnement d'un système énergétique solaire et faire un dimensionnement le plus exact possible compte tenu de la demande à satisfaire.

De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un gisement solaire énorme comme le montre la figure (I-2):

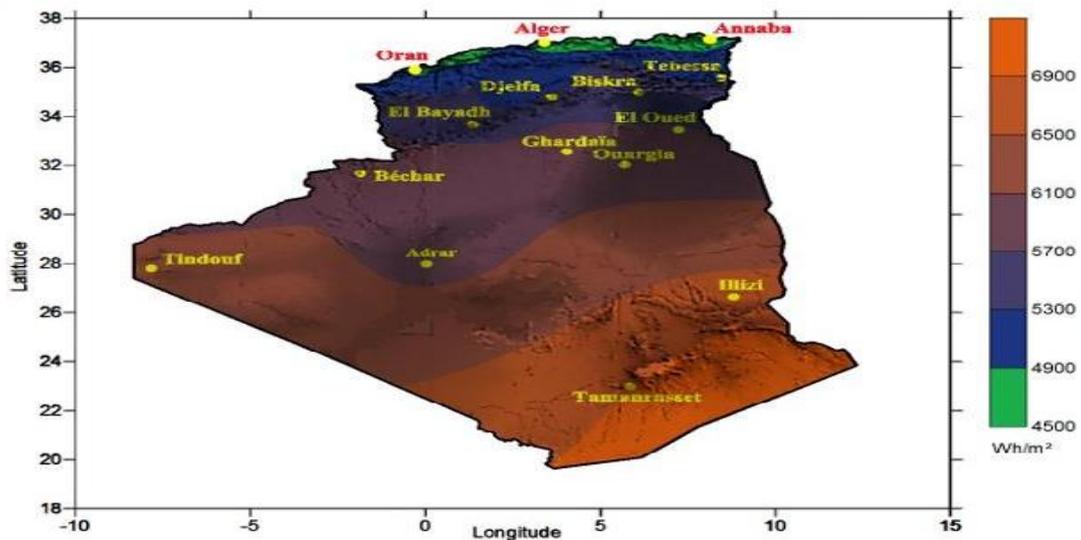


Fig (I-2): carte_solaire_irradiation_globale_surface_horizontale_algerie.[2]

Régions	Régions côtières	Hauts plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moy. d'enseillement (h/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (kWh/m2/an)	1700	1900	26500

Tableau (I-5): Ensoleillement reçu en Algérie par régions climatiques

La durée d'insolation dans le Sahara algérien est de l'ordre de 3500h/an est la plus importante au monde, elle est toujours supérieure à 8h/j et peut arriver jusqu'à 12h/j pendant l'été à l'exception de l'extrême sud où elle baisse jusqu'à 6h/j en période estivale.

La région d'Adrar est particulièrement ensoleillée et présente le plus grand potentiel de toute l'Algérie Fig (I-3) :

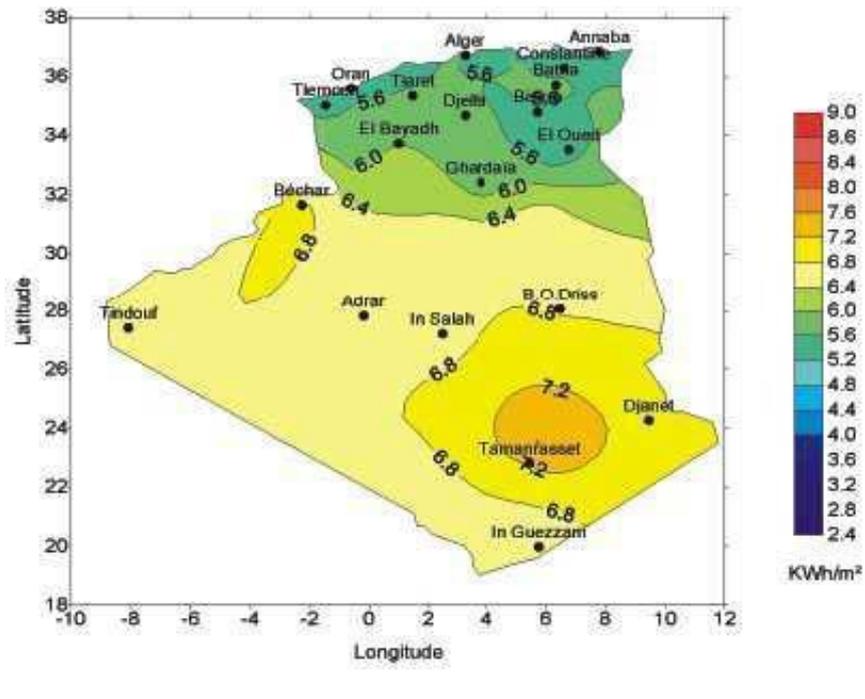


Fig (I-3): Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale reçue sur un plan incliné à la latitude du lieu. [2]

I-2) Description des capteurs solaires plans à air :

I-2 -1) Introduction :

L'énergie émise par le soleil voyage jusqu'à la Terre sous forme de rayonnement électromagnétique [2]. Ce rayonnement est semblable aux ondes radioélectriques mais il possède une gamme de fréquence différente. L'intérêt du solaire est sensiblement le même sur tout le territoire. L'ensoleillement est plus fort dans le Sud, mais dans le Nord, les besoins en chauffage sont plus importants et plus étalés sur l'année. L'énergie peut être récupérée par des capteurs solaires thermiques ou photovoltaïques. Le flux solaire peut être directement converti en chaleur par l'intermédiaire de capteurs solaires thermiques. Cette technique est applicable au chauffage des habitations, des piscines, à la production d'eau chaude sanitaire, ou encore au séchage des récoltes (fourrage, céréales, fruits).

I-2 -2) Caractéristiques techniques des capteurs solaires plans :

I-2 -2-1) Principe :

Le rôle d'un capteur solaire thermique est de transformer le rayonnement solaire qu'il reçoit en énergie calorifique utilisable, le plus souvent par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur (eau, air, ...).

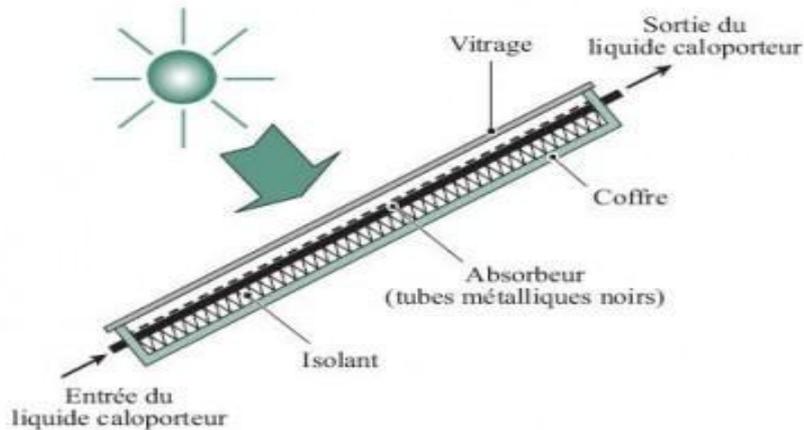


Fig (I-4): Capteur solaire plan à air

Le schéma de principe d'un capteur solaire plan est donné sur la figure (I-5).

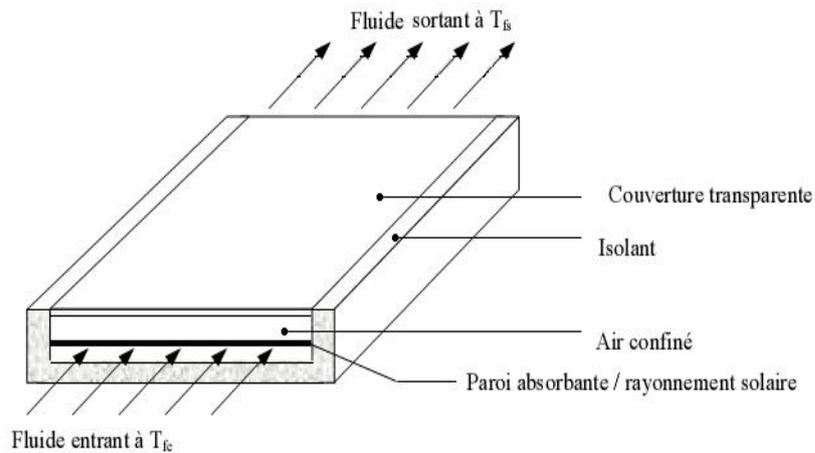


Fig (I-5): Schéma de principe d'un capteur solaire plan

La paroi absorbante s'échauffe sous l'effet de l'absorption du rayonnement solaire incident. Le fluide qui circule sous cette paroi récupère par convection une partie de cette énergie absorbée et subit une élévation de température $T_{fs} - T_{fe}$ à la traversée du capteur.

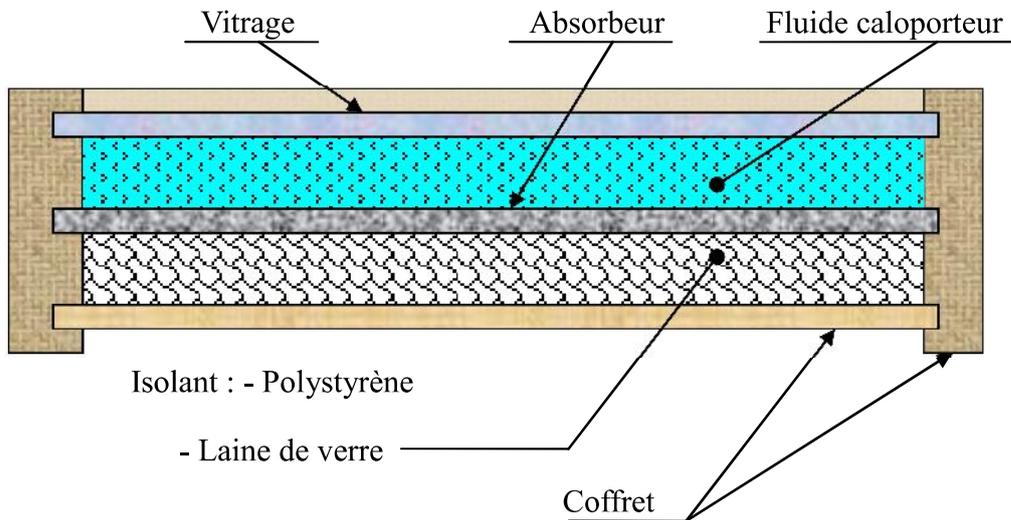


Fig. (I-6): Coupe transversale d'un capteur

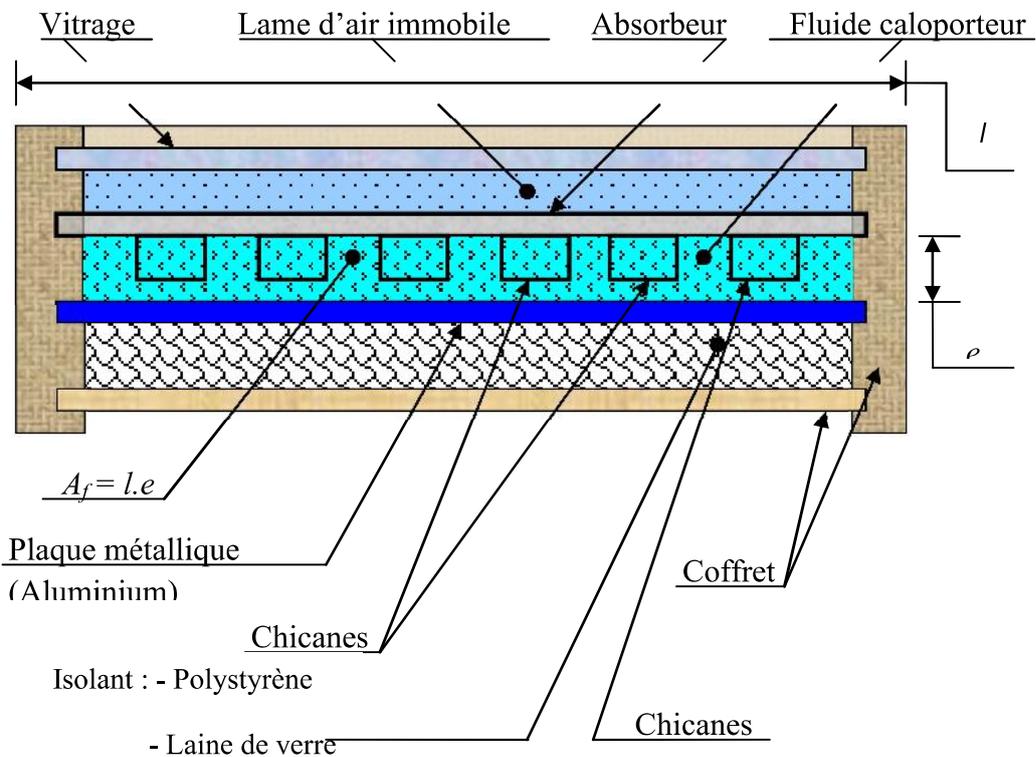


Fig. (I-7): Coupe transversale du capteur

I-2 -3) Caractéristiques techniques des différents composants :**I-2 -3-1) L'absorbeur**

Deux fonctions incombent à l'absorbeur [3] :

1. absorber la plus grande partie du rayonnement solaire possible
2. transmettre la chaleur produite vers le fluide caloporteur avec un minimum de pertes.

De plus, il devra être le plus léger possible afin de limiter l'inertie de mise en régime et construit avec un bon matériau conducteur. Les absorbeurs sont généralement réalisés avec des feuilles minces de métaux présentant une bonne conductibilité et une bonne tenue mécanique. C'est pourquoi, la plupart du temps, les absorbeurs sont réalisés au moyen d'un support en cuivre de 0,2 mm et sont recouverts par un traitement de surface. L'absorbeur en général est disposé de 25 mm à 30 mm d'isolant. Le rôle de l'absorbeur est de capter au maximum le rayonnement et d'en réémettre le moins possible. Ces types de surfaces absorbant au maximum et réémettant au minimum ont été nommées surfaces « sélectives ».

La sélectivité de l'absorbeur est très importante; elle est améliorée au moyen de traitements de surface qui ajoutent au support des caractéristiques telles que le rayonnement solaire est très bien absorbé et que le rayonnement infrarouge émis (dû à l'échauffement) est limité.

Deux coefficients déterminent les caractéristiques de ces absorbeurs :

- α : coefficient d'absorption (0 à 1, optimum : 1)
- ε : coefficient d'émission (0 à 1, optimum : 0)

Un tel traitement de surface peut être obtenu par des procédés électrochimiques ou électrophysiques de nombreux progrès ont été réalisés dans ce domaine les plus importants, classés par ordre d'apparition, seront présentés et comparés par rapport à la peinture noire.

I-2-3-2) Les différents revêtements possibles :

a. la peinture noire: la peinture mate noire du commerce permet d'obtenir un coefficient d'absorption α compris entre 0,9 et 0,95. Mais le degré d'émission ε lui est très élevé (0,85)



Figur (I-8): peinture noire sur absorbeur

b. Oxyde de chrome: le revêtement en "black chrome" (couleur noire) est composé d'oxyde de chrome déposé sur une sous-couche de nickel, le tout formant une couche extrêmement fine sur un support métallique son coefficient d'absorption α est de 0,95 et son coefficient d'émission ε de 0,12 à 0,18.

c. Traitement sous vide : ce revêtement sélectif a été mis au point en 1995 et est facilement reconnaissable de par sa couleur bleu marine, ce procédé consiste à déposer différents métaux (titane, ...) sur la surface absorbante en présence du vide. Le coefficient d'absorption α obtenu est supérieur à 0,95 et le coefficient d'émission ε , inférieur à 0,05.

Revetement	Absorption	Emission
Peinture noire	0,9-0,95	>0,85
Black chrome	0,95	0,12 à 0,18
Depot sous vide	>0,95	<0,05

Table (I-6): différents traitements de surface

Actuellement le procédé de revêtement sous vide a pris une grande place sur le marché grâce

- à ses performances.
- à sa faible consommation en énergie lors de la fabrication (1kWh par m² d'absorbeur, c'est à dire moins de 10% de l'énergie nécessaire pour les autres revêtements)
- à son respect au niveau écologique (pas de dégagements de gaz ou solides, pas de pollution de l'eau).

I-2-3-3) La couverture transparente :

La couverture a une fonction de protection de l'absorbeur, mais elle joue aussi un rôle important dans le bilan thermique en réduisant les pertes de chaleur. Habituellement, on utilisera le verre comme couverture transparente [4].

Un tel dispositif représente donc un véritable piège au rayonnement solaire, qui peut être amélioré en munissant le capteur d'une double couverture.

Comme couvertures transparentes utilisées dans la conception des capteurs solaire plans, on distingue :

***. Le verre**

La propriété physique intéressante du verre est qu'il permet de laisser passer le rayonnement solaire et d'arrêter le rayonnement infrarouge d'un émetteur tel que celui de l'absorbeur. La chaleur est donc bloquée entre l'absorbeur et la couverture : c'est l'effet de serre. La couverture doit présenter une bonne résistance aux chocs, aux brusques variations de températures ainsi qu'aux températures élevées. Une appellation « verre solaire » existe et fait l'objet d'exigences toutes particulières :

- le verre doit être trempé pour résister sans risques aux charges thermiques et mécaniques.
- il doit présenter un haut degré de transmission solaire caractérisé par une faible teneur en fer.
- il doit être doté d'une surface structurée permettant de réduire les reflets directs.

La qualité du verre est caractérisée par son rendement optique ou taux de transmission ζ qui dépend de la nature et de l'épaisseur du vitrage ainsi que de l'angle d'incidence i et de la nature du rayonnement (direct ou diffus) (valeur habituelle de ζ : 0,91).

Actuellement, un nouveau verre, dit « antireflet », équipe certains capteurs. Ce verre a un taux de transmission de l'ordre de 96% et son effet se marque davantage pour le placement de capteurs à la verticale.

Les polycarbonates :

sont des dérivés de matière plastique à double et à triple lame très fine, reliées entre elles par une multitude de parois pour former des cavités alvéolaires, ces dernières réduisent le mouvement de l'air incarcéré dans cet espace, et permettent de minimiser les pertes thermiques par convection vers l'avant. C'est ce genre de couvertures qu'on utilise dans notre laboratoire. Leur coefficient de transmission au rayonnement solaire, est de l'ordre de 83% sous une incidence normale à l'état neuf, qui diminue légèrement avec le temps (79% au bout de cinq ans). Il faut noter que l'effet de serre est nettement meilleur avec des couvertures

transparentes en verre et en particulier avec des plaques alvéolaires à double paroi. Les polycarbonates, en comparaison avec des couvertures en verre, présentent l'avantage d'avoir une bonne résistance aux chocs thermomécanique.

I-2-3-4) L'isolant :

Limitier les pertes de transmission vers l'extérieur est primordial pour optimaliser les performances du capteur [5].

Nombreux sont les produits isolants qui peuvent convenir pour l'isolation des capteurs, mais il faut veiller à la tenue de la température, car une coupure de circulation du fluide caloporteur peut faire monter la température intérieure du capteur à plus de 150°C.

Les isolants généralement utilisés sont la laine de verre et les mousses polyuréthanes. Leur épaisseur varie de 4 à 8 cm. Un bon isolant doit les qualités suivantes :

- Une faible conductivité thermique.
- une faible densité (pour une faible inertie thermique).
- la chaleur massique doit être basse.
- une résistance thermique dans l'intervalle des températures de service.

On distingue trois types d'isolants :

. *Isolants minéraux

* La laine de verre constituée de fibres de verre très fines, commercialisée sous de nombreuses formes : en plaques, en rouleaux et enrobée dans du plâtre. Sa conductibilité varie entre 0,034 Wm-1k-1 à 0°C et 0,053 Wm-1k-1 à 200°C.

* La vermiculite connue aussi sous le nom de mica, dont la conductibilité varie de 0,12 à 0,60 Wm-1k-1 et qui se présente sous forme de granulés très légers.

. *Isolants d'origine végétale

* le bois bien sec, sa conductibilité varie entre 0,13 et 0,4 Wm-1k-1, ses qualités isolantes peuvent être améliorées, s'il est utilisé sous forme de fibres agglomérées ($\lambda = 0,05 \text{ Wm-1k-1}$ à 0,10 Wm-1k-1).

* la sciure de bois ($\lambda = 0,11\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$), qui a deux inconvénients: son inflammabilité et sa conductibilité qui ont tendance à augmenter avec la chaleur, ce qui la rend inadéquate pour la calorifugation.

***. Isolants organiques**

* les matières plastiques, sont de mauvaises conductrices de la chaleur. Leurs propriétés isolantes peuvent être améliorées en insufflant un gaz durant l'étape de solidification, ce qui leur donnent la consistance d'une mousse, telle que les mousses phénoliques ($\lambda = 0,44\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$) et la mousse de chlorure de polyvinyle ($\lambda = 0,033\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$).

* La mousse de polyuréthane existe sous deux aspects :

- haute densité ($d = 0,6$) suffisamment rigide pour servir à la fabrication

Des caissons de capteurs, tout en constituant un bon isolant ($\lambda = 0,08\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$).

- Basse densité ($d = 0,03$) qui est plus fragile, mais meilleure, pour l'isolation ($\lambda = 0,025\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$). Il convient de recouvrir ce type de matériau d'un isolant plus résistant à la chaleur si la température dépasse la valeur de 90°C .

* Le polystyrène est très léger, fragile, de couleur blanche, utilisé généralement pour l'emballage. Ses propriétés isolantes sont légèrement moins bonnes que le polyuréthane, sa conductibilité thermique est de l'ordre de $0,04\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$, mais il est nettement moins cher et il se sublime à partir de 90°C .

Désignation	λ (w/m °K)	ρ (Kg/m ³)	Température maxi d'utilisation	Observation
Laine de verre	0.034à0.053	70	150	Sensible à l'humidité
Mousse de verre	0.057	123	150	Sensible à l'humidité
bois	0.13à0.4	123	150	
Liège exposé	0.045	100		
polystyrène	0.042	15	85	Moulé comprimé

Tableau (I-7): conductivité thermique de quelque matériau

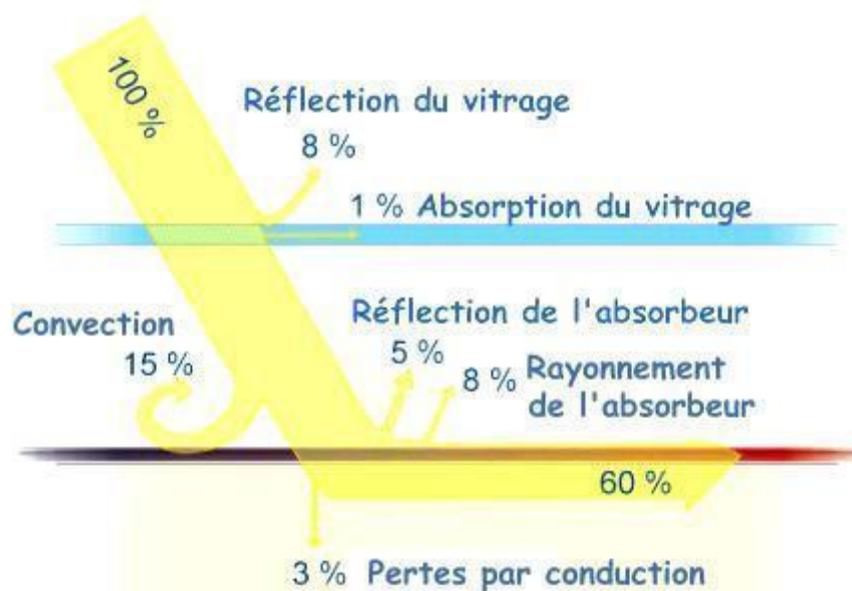


Fig (I-9): Schéma des différentes pertes

La figure présente de manière schématique les différentes pertes générées par les constituants du capteur solaire plan. On remarque aisément que sur une base de 100 % à la surface du vitrage du capteur, seulement 60 % du rayonnement arrivent directement à l'absorbeur. Quant aux 40 % restants ils ne sont pas complètement perdus mais ils vont jouer un rôle par l'intermédiaire de l'effet de serre.

I-2-3-5) Le fluide caloporteur :

Le fluide caloporteur est utilisé dans le circuit primaire de capteur solaire a pour rôle de véhiculer la chaleur cédée par l'absorbeur, différents fluides peuvent être utilisés mais doit satisfaire a des certains conditions :

- 1-Grande capacité calorifique.
- 2-Faible viscosité.
- 3-Coefficient de transfert thermique élevé.
- 4-Haute point de d'ébullition est bas point de congélation.
- 5-Degré d'agressivité faible devant les matériaux constituant le capteur.

Les fluides caloporteurs plus utilisés sont :

*** l'air**

L'air comme agent de transport de calories a un grand avantage par son abondance et sa gratuité, est par l'absence des problèmes de gel et de corrosion ce qui donne au capteur une

grande durée de vie est moins de travaux d'entretien. Mais pour transporter une quantité raisonnable d'énergie il faut utiliser des volumes d'air très importants.

*. *L'eau*

Un excellent fluide caloporteur pour sa chaleur massique mais le risque de gel pendant les nuits d'hiver et le risque d'ébullition en cas haute température pose des problèmes. La naissance des couches de tartre dans les canalisations au fil de temps diminue la quantité de chaleur échangées.

*. *Les gyltherms*

Des liquides organiques à base de polyphényles hydrogénés ou d'hydrocarbures linéaires traités pour ne pas présenter les mêmes défauts que l'eau, leur chaleur massique est 0,5Kcal/Kg.K. Ces hydrocarbures se détériorent en présence des traces d'eau ou d'air et sont combustibles à haute température. En utilise dans les applications de l'énergie solaire :

I-2-3-6) : Positionnement du capteur :

En raison de la position du Soleil durant la journée, les capteurs solaires seront orientés dans toute la mesure du possible vers le Sud afin de récupérer une quantité optimale d'énergie. Des écarts allant jusqu'à 30° environ par rapport à l'orientation Sud n'a quasiment aucun effet sur le rayonnement reçu durant les mois d'été; sur l'année, la différence n'est que de 2 % environ. L'angle d'inclinaison et l'angle azimutal sont les paramètres d'ajustement du capteur.

a) Angle d'inclinaison α

L'angle d'inclinaison des capteurs solaires par rapport à la surface de la Terre est capital pour une récupération maximale de l'énergie. L'absorbeur du capteur pourra capter le maximum d'énergie si le plan du capteur est perpendiculaire au rayonnement solaire. Comme l'angle du rayonnement est fonction de l'heure et de la saison, le plan du capteur doit être dirigé en fonction de la position du soleil au moment où l'énergie offerte est la plus grande.

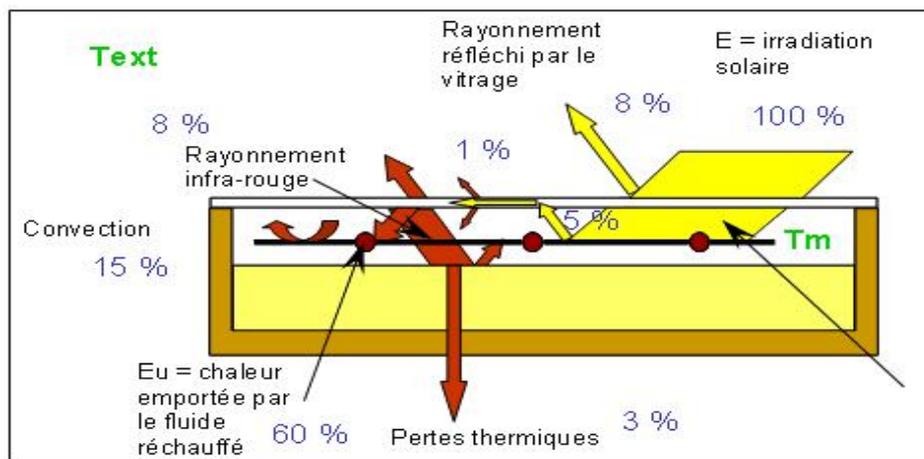
b) Angle azimutal

L'angle azimutal est l'angle que fait le plan du capteur par rapport au Sud, plan du capteur orienté plein Sud alors l'angle azimutal égal à 0°. Comme le rayonnement solaire est le plus intensif vers midi, le plan du capteur devra être si possible orienté vers le Sud. Des angles allant jusqu'à 45° par rapport au Sud sont cependant acceptables.

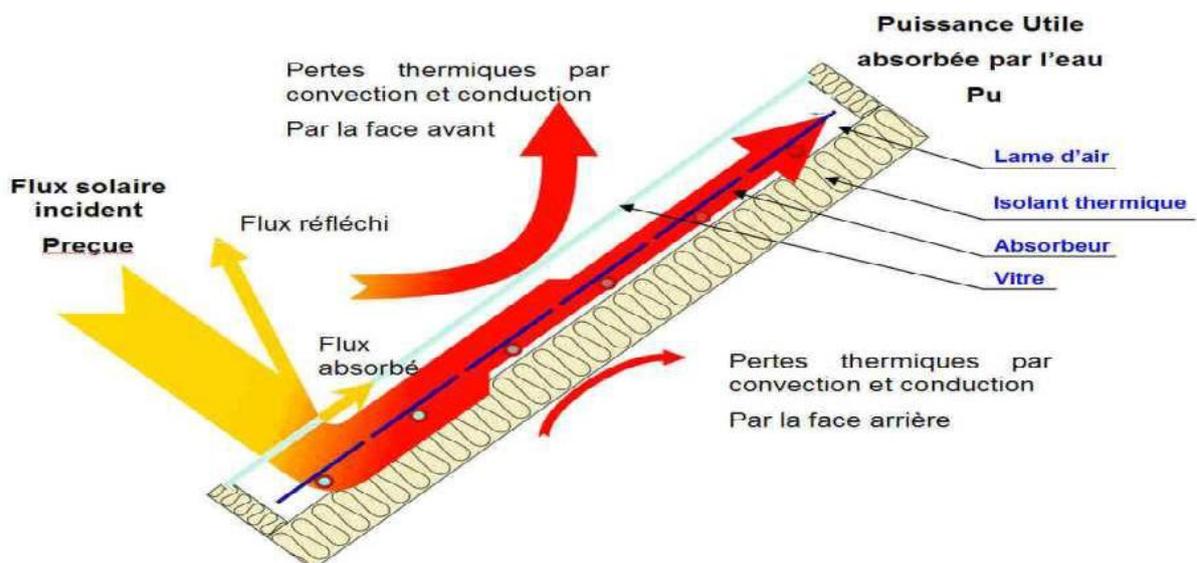
I-2-4) Fonctionnement d'un capteur solaire plan:

Le principe de fonctionnement d'un capteur solaire plan est très simple (figure I-10) [12]:

- Le rayonnement solaire traverse la vitre et arrive sur l'absorbeur muni d'une surface sélective où il est converti en chaleur à sa surface. Le fluide caloporteur qui circule dans l'absorbeur conduit la chaleur captée vers un échangeur de chaleur, à partir duquel elle est transmise au consommateur.
- Le vitrage est transparent pour le rayonnement visible et le proche I.R mais opaque pour le rayonnement I.R lointain émis par l'absorbeur, ainsi, la couverture transparente crée un effet de serre.
- L'isolation thermique en dessous et autour du capteur diminue les déperditions thermiques et augmente ainsi son rendement.



Figur (I-10): Principe de fonctionnement du capteur solaire plan



Figur (I-11): Les différents échanges thermiques dans un capteur plan

III-1) Fiche technique sur les capteurs solaires utilisés :

Dans notre travail expérimental on a utilisé des différents capteurs solaires avec des dimensions diverses pour chaque série d'expérience. Selon la taille des dispositifs nous avons des petits capteurs et des grands capteurs.

III-1-1) Les petits capteurs (1^{ère} Série) :

<p><u>Capteur N 1 :</u></p> <p>La longueur : 1.02 m</p> <p>Largeur: 0.58 m</p> <p>Epaisseur : 0.8 m</p> <p>L'absorbeur : plaque d'aluminium avec peinture noir</p> <p>L'isolation : fibre de palmier</p> <p>L'angle d'orientation : 20°</p>	
---	---

Figure (III-1): Caractéristiques de capteur N1

<p><u>Capteur N 2 :</u></p> <p>La longueur : 1.02 m</p> <p>Largeur : 0.58 m</p> <p>Epaisseur : 0.08 m</p> <p>L'absorbeur : plaque d'aluminium avec peinture noir</p> <p>L'isolation : polystyrène</p> <p>L'angle d'orientation : 20°</p>	
--	--

Figure (III- 2): Caractéristiques de capteur N2

Capteur N 3 :

La longueur : 1.02 m

Largeur : 0.58 m

Epaisseur : 0.08 m

L'absorbeur : plaque d'aluminium avec peinture noir

L'isolation : fibre et palme de palmier

L'angle d'orientation : 20°



Figure (III- 3): Caractéristiques de capteur N3

Capteur N 4 :

La longueur : 1.02 m

Largeur : 0.58 m

Epaisseur : 0.08 m

L'absorbeur : plaque d'aluminium avec peinture noir et sable des dunes

L'isolation : fibre de palmier

L'angle d'orientation : 20°



Figure (III-4): Caractéristiques de capteur N4

III-1-2) Les grands capteurs (2^{ème} Série) :

<p>Capteur a simple passage :</p> <p>La longueur : 2.48 m</p> <p>Largeur : 1 m</p> <p>Epaisseur : 0.08 m / 0.16 m</p> <p>L'absorbeur : plaque d'aluminium avec peinture noir + Les dunes de sable</p> <p>L'isolation : polystyrène</p> <p>L'angle d'orientation : 32°</p>	
--	--

Figure (III-5): Caractéristiques du capteur à simple passage

<p>Capteur à bipasse :</p> <p>La longueur : 2.53 m</p> <p>Largeur : 0.88 m</p> <p>Epaisseur : 0.13 m</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1^{er} passage : 0.065 m • 2^{ème} passage : 0.065 m <p>L'absorbeur : plaque d'aluminium</p> <p>L'isolation : Laine de verre</p> <p>L'angle d'orientation : 32°</p>	
--	--

Figure (III- 6): Caractéristiques de capteur à double passage

III-1-3) Les grands capteurs liés avec une chambre de séchage (3^{ème} Série) :**Séchoir avec un capteur de passage simple :**

La longueur de capteur : 2 m
Largeur : 1 m
Epaisseur : 0.055 m
Profondeur de chambre : 0.7 m
Longueur de chambre : 0.87 m
Largeur de chambre : 0.68
L'absorbeur : plaque d'aluminium
L'isolation : Polystyrène
L'angle d'orientation : 31°



Figure (III-7): Caractéristiques de capteur à simple passage avec la chambre

Séchoir avec capteur de double passage :

La longueur de capteur : 2.53 m
Largeur : 1 m
Epaisseur : Epaisseur : 0.13 m
• 1^{er} passage : 0.065 m
• 2^{ème} passage : 0.065 m
Profondeur de chambre : 1.77 m
Longueur de chambre : 0.91 m
Largeur de chambre : 0.56
L'absorbeur : plaque d'aluminium
L'isolation : Laine de verre
L'angle d'orientation : 45°



Figure (III-8): Caractéristiques de capteur à double passage avec la chambre

III-2) Appareillage de mesure :**III-2-1) Rayonnement solaire :**

Le rayonnement global reçu sur le plan du capteur est mesuré en W/m^2 à l'aide d'un Solari-mètre et ceci durant la journée de l'expérience. Les résultats obtenus sont affichés sur un appareil à affichage numérique.

**(a)****(b)**

Fig. (III-8) : (a) Solari-mètre (SOLRAD) (b) afficheur digital

III-2-2) Humidité Relative :

L'Humidité relative est mesurée avec un Thermo-hygromètre (testo 635). C'est un appareil électronique mesurant à la fois la température (en $^{\circ}C$) et l'humidité relative (en % du seuil de saturation). La mesure se fait au moyen de sondes adaptées, éventuellement à distance.



Fig (III-9): Anémomètre Thermo-hygromètre (Testo 635)

III-2-3) Vitesse de vent à l'entrée du capteur :

On a Utilisé Anémomètre (Testo 416) pour le calcul de la vitesse de vent à l'entrée des capteurs.



Fig. (III-10) : Anémomètre (Testo 416)

III-2-4) Système d'acquisition :

Pour la température et la vitesse de vent on a utilisé un système d'acquisition comprenant un micro PC, des thermocouples, un Châssis et ses modules, logiciel "Signal Express" et un anémomètre pour la vitesse de vent. Selon les sources du constructeur "National Instruments" les spécifications du système utilisé sont les suivantes:

❖ Le NI cDAQ-9174 est un châssis NI CompactDAQ 4 emplacements destiné aux systèmes de test de mesures de signaux mixtes compacts et portables. Le châssis cDAQ-9174 se compose des éléments suivants :

- un convertisseur CA/CC qui se branche directement dans le châssis

- un câble USB doté de vis moletées pour le maintien des câbles

❖ Les Modules NI a des différents types chaque type calcul une différente énergie il y a 3 types de module NI sont :

➤ NI 9213 : Calcul de températures est connecté avec des thermocouples.

➤ NI 9203 : Calcul de la vitesse de vent (connecté avec un Anémomètre).

➤ NI 9215 : Calcul de rayonnement solaire (ce composant n'a pas été utilisé dans notre cas d'application).



(A)



(B)

Fig. (III-11) : Châssis NI cDAQ-9174 et Le Module NI9113 reliés avec des thermocouples

(A) : Châssis NI cDAQ-9174

(B) : Modules NI-9113, NI-9203 attacher avec des thermocouples

- ❖ Dans le PC on a le logiciel SignalExpress, est un logiciel d'enregistrement de données interactif permettant d'acquérir, analyser et présenter rapidement et sans programmation les données de centaines périphériques et d'instruments d'acquisition de données.

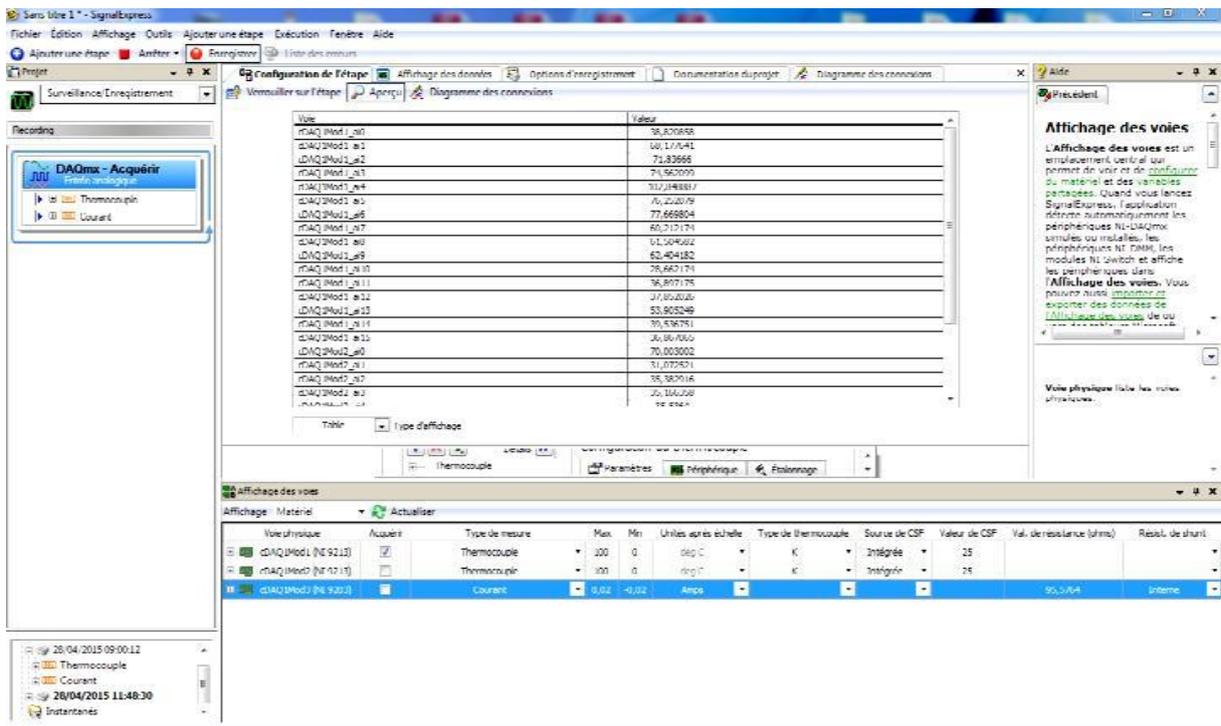


Figure (III- 12): Interface du logiciel d'acquisition (SignalExpress)

1) Vitesse de vent :

La mesure de la vitesse du vent se fait avec un anémomètre attaché à un module NI9203. Les résultats sont affichés sur un PC dans le logiciel SignalExpress.



Fig. (III-13) : Anémomètre et Module NI-9203

2) Températures :

La mesure des températures s'effectue à l'aide des thermocouples, Attachés à un Module de type NI9113 et ce module est aussi attaché à un Châssis NI c-DAQ 9174. L'ensemble est lié avec un PC. Les thermocouples sont placés dans plusieurs endroits du le capteur solaire.

- A l'ambiance, pour la température ambiante.
- Entrée, milieu et sortie du capteur pour les petits capteurs.
- Entrée, milieu et sortie, pour les grands capteurs.
- Entré, milieu et sortie et les chambres de séchage, pour les grands capteurs.

Les résultats de mesure des thermocouples sont affichés par logiciel SignalExpress.

III-3) Protocole et méthodologie expérimentale :

III-3-1) Méthodologie d'expérience :

La méthodologie d'expérience se compose de :

- Une préparation des Capteurs solaires (Adaptation d'angle, Position...)
- L'installation des appareils de mesure
- Le lancement des expériences avec le logiciel d'acquisition
- La prise de mesures chaque 15 minutes.

a) Préparation des capteurs solaires :

La préparation des capteurs solaire concerne le contrôle des conditions opératoires pour assurer le bon fonctionnement et obtenir des bons résultats par :

- Le nettoyage des vitres, de la plaque absorbante et des plaques noires du capteur solaire.
- Le renouvellement de la peinture noire dans chaque plaque absorbante des capteurs.
- L'emplacement des thermocouples sur les points nécessaires dans les capteurs.

b) Réglage des appareils des mesures :

- L'emplacement correct des thermocouples dans les capteurs.
- Le branchement et installation des éléments du Solarimètre.
- L'Installation de Thermo-hygromètre (testo) pour le calcul d'humidité relative.
- La préparation d'anémomètre et le Module NI9203.
- L'Installation de petit anémomètre (Testo 416635) dans l'entrée de capteurs.
- L'activation de système d'acquisition et logiciel SignalExpress.

III-3-2) Protocole expérimental :

Le protocole expérimental consiste à réaliser quotidiennement l'évolution de température dans les capteurs, (rayonnement solaire, la vitesse de vent entre 9h et 16h). A la fin de chaque journée les résultats obtenus vont être convertis à des tableaux de forme de fichier excel avec logiciel d'enregistrement SignalExpress, Après l'affichage des résultats on a créé des tableaux avec tous les résultats obtenus et finalement nous avons tracé les courbes des températures, vitesse de vent, humidité relative, rayonnement solaire global et le rendement de chaque capteur.

Série d'expériences :

Nous avons effectuées une série d'expériences pour étudier la performance des capteurs solaires plans à air, et le travail expérimental est subdivisé en trois parties :

- La première Série est consacrée à l'étude des petits capteurs, on a utilisé quatre capteurs dans l'expérience, chaque capteur comportant des thermocouples à l'entrée, au milieu et à la sortie. Nous avons alors nettoyé et renouvelé la peinture de chaque capteur, après nous avons commencé notre expérience avec les

protocoles et la méthodologie mentionnés précédemment. Cette série d'expérience a été effectuée dans la période du 09-03-2015 à 12-03-2015.

- La deuxième série est consacrée à l'étude des performances des deux grands capteurs.
 - 1) Capteur à simple passage d'air.
 - 2) Capteur à double passage d'air.

Le même système d'acquisition a été utilisé et nous avons manipulé le capteur à bipasse dans cette série. Le travail se fait en alternance, chaque jour un seul passage d'air est ouvert, l'autre étant maintenu fermé. Le dernier jour on a ouvert les deux passages. Les essais de cette série ont été effectués dans la période du 06-04-2015 au 15-04-2015.

- La troisième série a été conduite dans l'objectif d'étudier les performances des deux grands capteurs reliés avec des chambres de séchage. Nous avons utilisé le même système que dans la série précédente, auquel nous avons rajouté des nouveaux thermocouples dans les chambres de séchage. Les essais de cette série s'étalaient sur la période du 28-04-2015 à 04-05-2015.

Conclusion

Le travail effectué dans le cadre de ce mémoire présente une investigation expérimentale en vue d'examiner les effets des paramètres géométriques et thermo-physiques sur la performance des capteurs solaires plans utilisés avec les séchoirs solaires. L'étude a porté sur différents prototypes de capteurs, conçus et réalisés au laboratoire LENREZA de l'université de Ouargla, qui se distinguent par leurs dimensions, par la nature de leurs composants (absorbeur, isolation..) et par le parcours d'écoulement d'air (simple passage et double passage).

D'une part cette étude nous a permis de faire le point sur la théorie en relation avec le sujet et d'autre part nous avons eu l'occasion de faire l'état des lieux par un aperçu bibliographique sur les capteurs solaires, leurs différentes configurations et conceptions.

Une première série d'expérience a été faite sur 04 prototypes de capteurs aux mêmes dimensions avec différents matériaux isolants. Les résultats correspondants montrent que l'utilisation d'isolation thermique à base de bio-matériaux locaux tels que les fibres de palmier offre une bonne efficacité du capteur comparée aux autres capteurs avec un moindre coût. Une deuxième série d'essais a porté sur deux capteurs de plus grande taille conçus pour simple et double passage. Les résultats, dans ce cas, ont montré que les performances du capteur à double passage sont meilleures que celui à simple passage. Cette même constatation a été vérifiée lors de la troisième série d'expériences où les capteurs étaient raccordés à des chambres de séchage. Aussi il a été constaté que les températures à la sortie du capteur étaient plus élevées, probablement par effet de stratification thermique dans la chambre. En fin la vue d'ensemble des résultats discutés dans cette étude encourage l'orientation du travail vers un complément utilisant les méthodes d'optimisation afin de définir les meilleurs choix adéquats, particulièrement pour la région d'étude.

Références Bibliographiques :

[1] **Benkhelifa Abdelaziz**, « Modélisation et expérimentation d'un capteur solaire plan à eau influence de l'intensité de l'éclairement solaire et de l'inclinaison du capteur solaire sur le rendement du capteur » ; page 17:39

[2] **Mr. Amraoui Mohammed Amine** , « Etude numérique d'un capteur solaire plan à air Influence de la forme de la rugosité», Page 31:43

[3] **Samuel Bragard**, « De l'étude à réalisation de projets en développement durable », Energie 2030 Agence s.a. 087/632 444.

[4] **Bemer, C., Durst, F., McEligot, DM.** (1984) "Numerical study of fluid flow and heat transfer in a parallel plate channel with baffles", Journal of Heat Transfer, pp. 106-743.

[5] **Cheng Chin-Hsiang and Huang Wen-Hsiung**, (1991) "Numerical prediction for laminar forced convection in parallel-plate channels with transverse fin arrays", International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 34, Issue 11, pp. 2739-2749

[6] **Bazdidi-Tehrani, F., and Naderi-Abadi, M.**, (2004) "Numerical Analysis of Laminar Heat Transfer in Entrance Region of a Horizontal Channel with Transverse fins", International Communications in Heat and Mass Transfer, Vol. 31, No. 2, pp. 211-220.

[7] **Ferdjani Ahmed Taha**, (07/02/2013),” Développement d'un logiciel de simulation des performances thermiques des capteurs solaires plans”, pp 12-24.

[8] **N. Moummi 1, H. Benfatah 2, N. Hatraf 2, A. Moummi 1 et S.Youcef Ali 3**, [Lerafraîchissement par la géothermie : étude théorique et expérimentale dans le site de Biskra](#), , (8/5/2014).

[9] **Donation Njomo**, Corrigendum to “Estimation of mean wind energy available in far north Cameroon” [Energy Convers. Mgmt. 41 (17) 1917–1929]

[10] **Suleyman Karsali** , (2007), L'allongement du capteur solaire influe fortement sur son efficacité

[11] **Marwa M. Hassan, Yvan Beliveau**. "Design, construction and performance prediction of integrated solar roof collectors using finite element analysis". Construction and Building Materials, 21 (2007),

[12] **F. Mokhtari et D. Semmar** , "Etude Expérimentale d'un Capteur Solaire à Air"

[13] **K. Aoues***, **N. Moummi**, **M. Zellouf**, **A. Moummi**, **A. Labed**, **E. Achouri** et **A. Benchabane**, "Amélioration des performances thermiques d'un capteur solaire plan à air: Etude expérimentale dans la région de Biskra".

[14] **Saadi Souad** , "Effet des paramètres opérationnels sur les performances d'un capteur solaire plan " , pp 49-50 .

[15] **Ahmed DJAFOUR** , "Etude d'un système de production d'hydrogène solaire"

[16] **SAADI SOUAD**; "Effet des paramètres opérationnels sur les performances d'un capteur solaire plan"]

[17] <http://www.climamaison.com/lexique/capteurs-solaire-a-plans-vitres.htm>

[18] **ZEGHIB ILHEM** , " Etude et Réalisation d'un Concentrateur Solaire Parabolique " , pp,25-26.

Résumé

Nous présentons dans ce mémoire, des séries expérimentales menées sur des capteurs solaires plan à air, conçus au laboratoire LENREZA et expérimentés dans la région d'Ouargla. Quatre petits capteurs avec des différents isolants et trois grands capteurs avec des différents dimensionnements est isolants thermiques. L'installation expérimentale complète comprend la mesure du rayonnement solaire global, la vitesse du vent, le débit d'air, l'humidité relative et les températures ambiante et de l'air à l'entrée et à la sortie pour nous aider à calculer le rendement de chaque capteur, tout avec l'aide d'un système d'acquisition de c-DAQ Compact. Ainsi, cette étude comparative objective est de assister nous dans le choix d'une configuration, parmi les capteurs utiles dans l'étude, que obtenir le meilleur rendement du capteur que bénéficie l'application de séchage le plus.

Abstract

In the present work, a series of experimental conducted on plan solar collectors, designed in the laboratory LENREZA and experienced in the region of Ouargla. Four small flat solar collectors with different insulators and three large collectors with different sizing is thermal insulation. The experimental installation complete includes measurement of solar radiation overall, the speed of the wind, the flow of air, the relative humidity and the ambient temperatures and the air at the inlet and the outlet to help us to calculate the performance of each collector, all with the help of a system of acquisition of c-DAQ Compact. As well, this comparative study objective is to assist us in the choice of a configuration, among the collectors useful in the study, choosing the best collector performance that helps us in the drying application.

ملخص

نقدم في هذه المذكرة سلسلة من التجارب التي أجريت على أجهزة المستقطبات الشمسية المتوفرة على مستوى مخبر (LENREZA)، حيث أقيمت هذه التجارب في منطقة صحراء الجزائر (ورقلة)، استعملنا أربعة مستقطبات شمسية ذات حجم صغير مختلفة المكونات الداخلية (العازل الحراري)، وثلاثة مستقطبات من الحجم الكبير ذات اختلاف في الحجم والمكونات، تتمحور هذه التجارب حول عملية قياس الأشعة الشمسية، سرعة الهواء و تدفقه، الرطوبة النسبية، و درجات الحرارة (حرارة الجو و الحرارة الداخلة و الخارجة من المستقطب) لتتوصل بذلك لحساب أداء كل مستقطب شمسي كل هذا بمساعدة نظام إدخال معلومات إلى الحاسوب SignalExpress، تهدف هذه الدراسة الى مقارنة أداء المستقطبات و اختيار أفضل التعديلات التي تساهم في تحسين أداء المستقطبات الشمسية من أجل المساعدة في تطوير عملية التجفيف الشمسي.