



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Mécanique

# MÉMOIRE DE MASTER

**Domaine : Sciences et Techniques**

**Filière : Génie Mécanique**

**Spécialité : Energétiques**

Réf. : Entrez la référence du document

---

Présenté et soutenu par :  
**Mr. Djaber KHERROUBI**

Le : mercredi 10 juillet 2019

## **Influence de l'adjonction des chicanes transversales sur les performances d'un capteur solaire à air.**

---

### **Jury :**

<b>Dr. Lamine BASSI</b>	<b>MCB</b>	<b>Université de Biskra</b>	<b>Président</b>
<b>Dr. Foued CHABANE</b>	<b>MCA</b>	<b>Université de Biskra</b>	<b>Rapporteur</b>
<b>Dr. Nourddine BELGHAR</b>	<b>MCA</b>	<b>Université de Biskra</b>	<b>Examineur</b>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



# *Dédicaces*

*Mes parents:*

*Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour,*

*Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues*

*années de sacrifices et de privations pour m'aider*

*À avancer dans la vie.*

*Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent*

*venu de toi.*

*Mes frères et sœurs puis mes amis qui n'ont cessé d'être pour moi*

*des exemples de persévérance,*

*De courage et de générosité.*

*Djaber KhERROUBi*

# Remerciements

*Avant tout, je dois remercier Dieu le tout puissant qui m'a*

*Donné la force pour réaliser ce travail.*

*Le grand merci à mon encadreur **Dr. Foued CHABANE***

*Pour son aide durant la résolution de ce mémoire.*

*Je tiens également à remercier les membres du jury*

***Dr. Lamine BASSI** et **Dr. Nourddinne BELGHAR**,*

*pour l'honneur Qu'ils m'ont accordé en acceptant de juger mon*

*travail.*

*Je remercie aussi l'ensemble des enseignants du département de*

*Génie Mécanique, qui ont contribué à ma formation.*

## Liste de tableau

### Chapitre II : Etude bibliographique

Tableau II.1: Coefficients de pertes thermiques par l'avant du capteur, pour une épaisseur de 20 mm d'aérogel de silice .....	24
---	----

### Chapitre III : Etude Expérimentale

Tableau III.1: Dimension des constituants .....	32
Tableau III.2: Caractéristiques thermo-physiques des composants .....	32
Tableau III.3: Caractéristiques optiques des éléments de construction.....	33
Tableau III.4: Caractéristiques dimensionnel de chicanes pour différent configuration.....	35

**Liste des figure**

---

**Chapitre I : Gisement solaire**

---

Figure I.1	Le mouvement de la terre autour du soleil.....	2
Figure I.2	La sphère céleste.....	3
Figure I.3	Les coordonnées géographiques.....	4
Figure I.4	La déclinaison du soleil en fonction des jours.....	4
Figure I.5	les coordonnées horaires.....	5
Figure I.6	Les coordonnées horizontales.....	6
Figure I.7	Les composants du rayonnement solaire.....	7
Figure I.8	Carte du monde de l'enseillent moyen annuel .....	8
Figure I.9	Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale reçue sur un plan incliné à la latitude du lieu.....	8
Figure I.10	Chauffages est climatisation de habitations.....	11
Figure I.11	Séchage solaire.....	13
Figure I.12.	Capteurs à absorbeur à perméable.....	14
Figure I.13	Capteurs à absorbeur à géométrie variable.....	14
Figure I.14	Ecoulements de l'air dans les capteurs solaires.....	15

**Chapitre II : Etude bibliographique**

---

Figure II.1	Schéma descriptif des chicanes .....	16
Figure II.2	Schéma du dispositif expérimental .....	17
Figure II.3	Capteur plan à air muni rugosités cylindriqu.....	17
Figure II.4	Les différents arrangements des chicanes cylindriques .....	18
Figure II.5	Schéma du modèle expérimental .....	18
Figure II.6	Capteur solaire à quatre éléments avec jeux de miroirs pivotants de type fresnel .....	19
Figure II.7	Différents types des modes étudiées .....	20
Figure II.8	Evolution du rendement pour divers débit.....	21
Figure II.9	Disposition des chicane et géométrie de passage d'air .....	21
Figure II.10	Effet du flux d'air sur l'efficacité journalière du capteur, avec et sans utilisation d'ailettes pour les mois de janvier, février et mai (2012).....	21

---

Figure II.11	Différents types des modes étudiées .....	22
Figure II.12	Evolution du rendement thermique pour différente d'inclinaison des Chicane.....	23
Figure II.13	Schéma de la paroi Trombe non ventilée avec des ailettes thermiques Internes.....	23
Figure II.14	Efficacité thermique du mur de Trombe.....	24
Figure II.15	Conception des capteurs à aérogel de silice.....	25
Figure II.16	Schéma d'un élément du capteur .....	25
Figure II.17	Evolution des rapports ( $F_T/F_{ro}$ ) et ( $U_L/U_{Lo}$ ) .....	26
Figure II.18	Représentation des trois configurations des capteurs.....	27
Figure II.19	Représentation des différentes températures de la plaque en convection naturelle.....	28
Figure II.20	Représentation des températures de sortie du fluide en convection forcée.....	28

---

### Chapiter III : Etude expremontale

---

Figure III.1	Banc d'essai .....	30
Figure III.2	Différents types des modes étudiées.....	31
Figure III.3	Dimensions des différents composants.....	33
Figure III.4	Cupe transversale du capteur avec des chicane rectangulaires .....	33
Figure III.5	La forme des chicane.....	34
Figure III.6	Coupe longitudinale du capteur avec répartition des chicane dans tous es flux de capteur selon différentes configurations .....	35
Figure III.7	Schéma du capteur solaire et géométrie de passage (cas sans chicane).....	35
Figure III.8	Schéma du capteur solaire et géométrie de passage (cas avec chicane).....	36
Figure III.9	Thermo-anémomètre à hélice. ....	37
Figure III.10	Pyranomètre manuel .....	38
Figure III.11	Capteur de thermocouple de type K. ....	39
Figure III.12	Classe Kimo 300.....	39
Figure III.13	Aspirateur.....	40

---

**Chapitre IV : Résultats et interprétation**

---

Figure IV.1 Evolution du rendement thermique pour différent débit massique.....41

Figure IV.2 Evolution du rendement thermique en correspond de Fares Grira .....42

Figure IV.3 Variation de perte de charge correspondent le nombre de chicanes ...43

Figure. IV.4 Variation de perte de charge selon la configuration de Fares Grira...44

Figures. IV5 Ecart de la température du fluide caloporteur selon trois différent débit massique.....45

Figure IV.6: Ecart de la température du fluide caloporteur, de Fares Grira.....46

Figure. IV.7. Variation de température de sortie en fonction du temps.....47

Figure. IV.8. Variation de température de sortie en fonction du temps .....48

Figures. IV 9 Variation de rayonnement solaire en fonction du temps.....49

Figures. IV 10 Variation de rayonnement solaire en fonction du temps .....50

Nomenclature

<i>Symbole</i>	<i>Désignation</i>	<i>Unité</i>
h	hauteur du Soleil	°
L	latitude, longueur	°
TSV	Temps solaire vrai	h
TSM	Temps solaire moyen	h
TL	Temps légal	h
T	Temps universel	h
hcv	Coefficient d'échange thermique par convection	w/m <sup>2</sup> °C
Vv	Vitesse du vent	m/s
Qu	Puissance utile	W
m	Débit massique	Kg/s
Cp	Chaleur spécifique de l'air	j/kg. °C
Vf	Vitesse du fluide	m/s
ΔP	Perte de charge régulière	Pa
Λ	Coefficient de perte de charge	–
V	Vitesse moyenne du fluide	m/s
ΔT	Variation de la température du fluide caloporteur	°C
Tab	Température de l'absorbeur	°C
L	Longueur du canal	m
Dh	Diamètre hydraulique	m
g	Accélération de pesanteur	m/s <sup>2</sup>
I	Eclairement solaire	W/m <sup>2</sup>
T	Température	°C
t	Temps	s
ρ	Masse volumique	Kg/m <sup>3</sup>
λ	conductibilité	w/m.k
ω	angle solaire	°
ωl	angle solaire au lever du jour	°
δ	Déclinaison de la terre-soleil	°
β	Inclinaison du capteur	°
τ	Coefficient de transmission	-

$\alpha$	Coefficient d'absorption	-
$\eta$	Rendement instantané	-

---



---

## SOMMAIRE

**Dédicace****Remerciements****Nomenclature****Liste des figures****Liste des tableaux****INTRODUCTION GENERALE**


---

### **Chapitre I : Gisement solaire**

---

I. Gisement solaire	
I.1. Introduction.....	1
I.2. Le soleil.....	1
I.3. La constante solaire .....	1
I.4. Le mouvement de la terre... ..	2
I.5. La sphère céleste.....	2
I.6. Les coordonnées célestes .....	3
I.6.1. Les coordonnées géographiques.....	3
I.6.3. Les coordonnées horizontales... ..	5
I.7. Les temps solaires.....	6
I.7.1. Le Temps Solaire Vrai (T.S.V) .....	6
I.7.2. Le Temps Solaire Moyen (T.S.M).....	6
I.8. Rayonnement solaire.....	6
I.8.1. Rayonnement direct.....	7
I.8.2. Rayonnement diffus.....	7
I.8.3. Rayonnement global.....	7
I.9. Le gisement solaire en Algérie .....	8
I.10. Capteurs solaire à air.....	9
I.10.1. Description et fonctionnement du capteur solaire à air .....	9
I.11.2. Avantages et inconvénients.....	10
I.12.3. Applications des capteurs solaires plans à air.....	11
I.12.3.a Chauffages et climatisation des habitations.....	11
I.12.3.b. Séchage .....	11
I.12.3.c Production de l'énergie mécanique .....	12
I.13.4. Différents types des capteurs solaires à air .....	13

I.13.4.a. Les capteurs à absorbeur perméable .....	13
I.13.4.b . Capteur à absorbeur à géométrie variable .....	13
I.13.4.c. Capteur solaire à absorbeur plan .....	14
I .14. Conclusion.....	15

---

## **Chapitre II : Etude bibliographique**

---

II.1. Introduction .....	16
II.2 .Amélioration des performances des capteurs solaires plans à air.....	16
II.3.Minimisation des pertes thermiques .....	23
II.4.Influence de la configuration de l'absorbeur sur les performances Thermiques d'un capteur solaire à air.....	26
II.5.Conclusion.....	29

---

## **Chapitre III : Etude expérimentale**

---

III.1. Introduction .....	30
III.2. Dispositif expérimental.....	31
III.2.1. Description du banc d'essai.....	31
III.2.2.Caractéristiques techniques.....	32
III.3.Détermination expérimentale de la surface du capteur.....	36
III.4. Instrumentation et appareillage utilisé.....	37
Conclusion.....	40

---

## **Chapitre IV : Résultats et interprétation**

---

IV.1. Introduction.....	41
IV.2. Résultats et interprétation.....	41
IV.2.1. Rendement thermique .....	41
IV.2.2. Perte de charge.....	43
IV.2.3.Variation de la température du fluide caloporteur.....	45
IV.4 .Température de sortie .....	47
IV.5. Rayonnement solaire.....	48
Conclusion .....	50

**Conclusion générale.**

**Référence bibliographie.**

## INTRODUCTION GENERALE

La transformation du rayonnement solaire en énergie thermique s'appuie sur des systèmes dits capteurs solaires. Cette énergie est utilisée directement en s'appuyant sur des systèmes dits passifs en le stockant dans des éléments de construction (véranda, serre, façade vitrée) ou indirectement par l'intermédiaire de systèmes dits actifs capteurs solaires par le biais d'un fluide caloporteur qui peut être de l'eau ou de l'air. Ils sont utilisés pour le chauffage des bâtiments et pour le séchage des produits alimentaires et agro alimentaires.

De tels systèmes sont composé d'un corps noir dit absorbeur. L'absorbeur est couvert d'un vitrage transparent au rayonnement arrivant et opaque au rayonnement infra rouge émis par le corps noir. Un fluide caloporteur circule soit sur l'absorbeur, soit sous l'absorbeur ou bien des deux cotés. Le fluide caloporteur véhicule la chaleur captée vers le système d'utilisation. Ces capteurs solaires peuvent prendre des formes et des dispositions variées selon la géométrie de conception.

Ce travail consiste à l'étude d'un capteur solaire plan à air, l'amélioration des performances thermiques de ces capteurs solaires dépend de plusieurs techniques, notamment l'augmentation de la surface d'échange totale et provoque un écoulement turbulent par l'introduction des surfaces secondaires sous forme d'obstacles métalliques rectangulaires dites chicanes fixées solidairement sur le plaque d'écoulement inférieur.

L'objectif principal de ce travail est donné pour voir la meilleure façon d'augmenter l'échange thermique et une meilleure efficacité thermique par adjonction de chicanes dans la vaines d'air mobile, les chapitres étudiés est comme suite :

- Dans un premier chapitre nous avons donné une généralité sur le gisement solaire dans le monde, et encore une description d'un capteur solaire plans à air.
- Lors du second chapitre sera consacré l'étude bibliographique de l'analyse du capteur solaire plan à air avec chicanes.
- le troisième chapitre est consacré à une étude descriptive du banc d'essai, les configurations des chicanes étudié, ainsi que de l'appareillage de mesure employé.
- Le dernier chapitre est l'étude de résultats et discussions.

*Chapitre I :*

*GISEMENT*

*SOLAIRE*

## **I.1/Introduction :**

### **I/ Gisement solaire :**

L'énergie solaire est la plus dominante de toutes les énergies renouvelables, elle est l'une des plus facilement exploitables. Comme la plus part des énergies douces, elle donne à l'usager la possibilité de subvenir sans intermédiaire à une part de ses besoins. La connaissance de la position du soleil dans le ciel à tout instant et en tout lieu est nécessaire pour l'étude de l'énergie interceptée. Les heures du lever et du coucher ainsi que la trajectoire du soleil dans le ciel au cours d'une journée permettent d'évaluer certaines grandeurs telles que la durée maximale d'insolation, l'irradiation globale.

### **I.2/Le soleil :**

Le soleil est la seule étoile du système solaire et la plus proche de la terre, sa lumière met environ 8 mn à nous atteindre.

L'astre soleil est de constitution gazeuse, de forme sphérique de  $14 \times 10^5$  km de diamètre, sa masse est de l'ordre de  $2 \times 10^{30}$  kg. Il est constitué principalement de 80% d'hydrogène, de 19% d'hélium, le 1% restant est un mélange de plus de 100 éléments. Il est situé à une distance de la terre égale à environ 150 millions de km. Sa luminosité totale, c'est-à-dire la puissance qu'il émet sous forme de photons, est à peu près égale à  $4 \times 10^{26}$  w, Seule une partie est interceptée par la terre, elle est de l'ordre de  $1,7 \times 10^{17}$  W. Elle nous parvient essentiellement sous forme d'ondes électromagnétiques ; 30% de cette puissance est réfléchiée vers l'espace, 47% est absorbée et 23% est utilisée comme source d'énergie pour le cycle d'évaporation précipitation de l'atmosphère [1], [2]

### **I.3/La constante solaire :**

La valeur du rayonnement solaire " $I_c$ ", reçu par une surface perpendiculaire aux rayons solaires placée à la limite supérieure de l'atmosphère terrestre (soit à environ 80 Km d'altitude) varie au cours de l'année avec la distance Terre/Soleil. Sa valeur moyenne " $I_0$ " appelée constante solaire est de l'ordre de  $1354 \text{ W.m}^{-2}$ . En première approximation, on peut calculer la valeur de " $I_c$ " en fonction du numéro du jour de l'année " $n_j$ " par la relation suivante [3] :

$$I_C = I_0 [1 + 0.033 \times \cos(0.984 \times nj)] \quad (I-1)$$

#### I.4/ Le mouvement de la terre :

Dans son mouvement autour du soleil, la terre décrit une ellipse dont le soleil est l'un de ses foyers, la révolution complète s'effectue en une période de 365,25 jours. Le plan de cette ellipse est appelé l'écliptique [1].

C'est au solstice d'hiver (21 décembre) que la terre est la plus éloignée du soleil : 147 millions de km. Au 22 juin la distance terre-soleil vaut 152 millions de km, c'est le jour ou la terre est la plus proche, c'est le solstice d'été. Le 21 mars et le 21 septembre sont appelés respectivement équinoxes de printemps et équinoxe d'automne. Aux équinoxes le jour et la nuit sont égaux [1].

En plus de sa rotation autour du soleil, la terre tourne également sur elle-même autour d'un axe appelé l'axe des pôles. Cette rotation s'effectue en une journée. Le plan perpendiculaire à l'axe des pôles et passant par le centre de la terre est appelé l'équateur. L'axe des pôles n'est pas perpendiculaire à l'écliptique, ils font entre eux un angle appelé inclinaison égale à  $23^{\circ}27'$  [1].

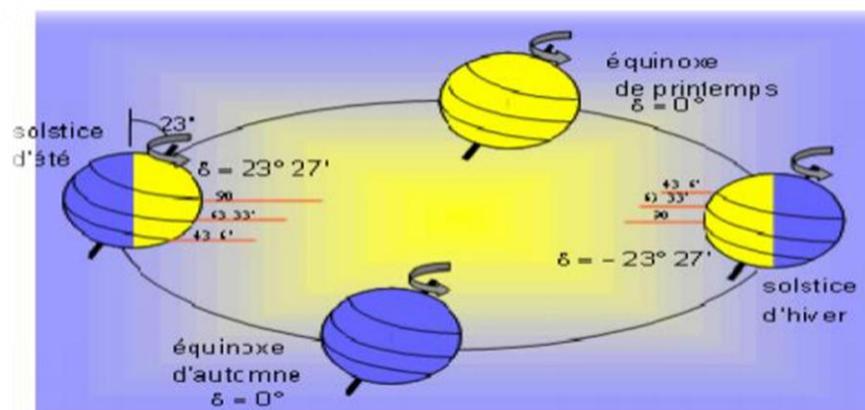


Figure I.1. : Le mouvement de la terre autour du soleil.

#### I.5/La sphère céleste :

La sphère céleste est une sphère imaginaire d'un diamètre immense, qui admet pour centre la terre, et pour rayon la distance (terre – soleil). On considère que tous les objets visibles dans le ciel se trouvent sur la surface de la sphère céleste. On peut résumer les différentes Caractéristiques sur la sphère elle-même comme c'est indiqué sur la figure I.2.

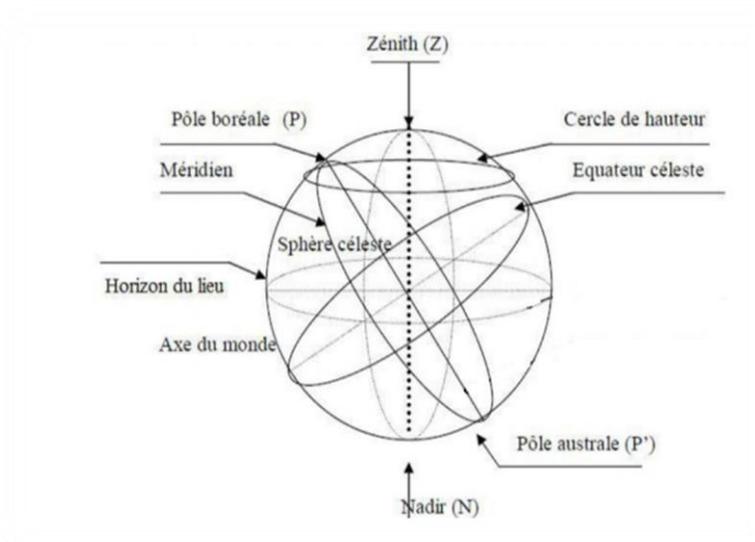


Figure I.2. : La sphère céleste.

La direction des objets peut être quantifiée de façon précise à l'aide d'un système de coordonnées célestes.

## I.6/ Les coordonnées célestes :

### I.6.1/ Les coordonnées géographiques :

La Terre est pratiquement une sphère qui tourne autour d'un axe passant par le pôle Nord, et le pôle Sud.

Tout point sur la terre est caractérisé par sa latitude et sa longitude. Ces deux grandeurs représentent les coordonnées géographiques de ce point, Ainsi que par son altitude. Figure I.3.

- La longitude (L) : c'est l'angle formé par le méridien de Greenwich et le méridien du lieu considéré. La longitude est comprise entre  $-180^\circ$  (vers l'ouest) et  $+180^\circ$  (vers l'est). Comme la terre met 24 heures pour faire un tour sur elle-même ( $360^\circ$ ), chaque heure représente  $15^\circ$  d'écart de longitude et donc, chaque degré de longitude représente 4 minutes.
- La latitude ( $\varphi$ ) : la latitude d'un lieu à la surface de la terre est l'angle entre l'équateur et le rayon de la terre passant par le lieu considéré. Elle est comptée positivement de 0 à  $+90^\circ$  vers le nord et négativement de 0 à  $-90^\circ$  vers.

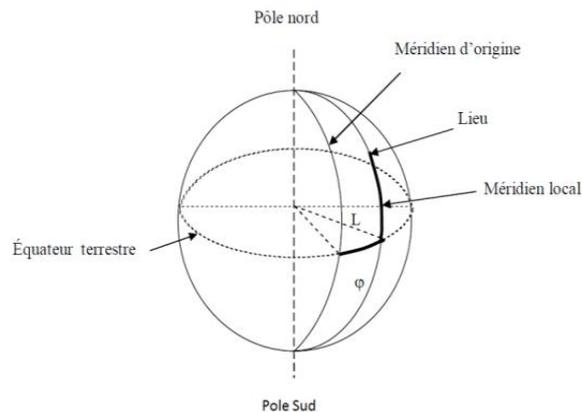


Figure I.3 : Les coordonnées géographiques.

### I.6.2/ Les coordonnées horaires :

Les coordonnées horaires dont le repère sont données par l'axe des pôles et le plan de l'équateur, le méridien du lieu étant pris comme origine. Chaque point de l'espace est repéré par sa déclinaison  $\delta$  et son angle horaire [4]. Figure I.5.

- La déclinaison ( $\delta$ ) : c'est l'angle fait par le plan de l'équateur avec celui de l'écliptique. Elle varie au cours de l'année de  $+23^{\circ}27'$  à  $-23^{\circ}27'$  et détermine l'inégalité des durées des jours, elle vaut 0 aux équinoxes.  $\Delta$  est donnée par la relation suivante :

$$\delta = 23.45^{\circ} \sin\left(\frac{360}{365} \times (284 + j)\right) \quad (I-2)$$

J : Le numéro du jour dans l'année compté à partir du premier janvier.

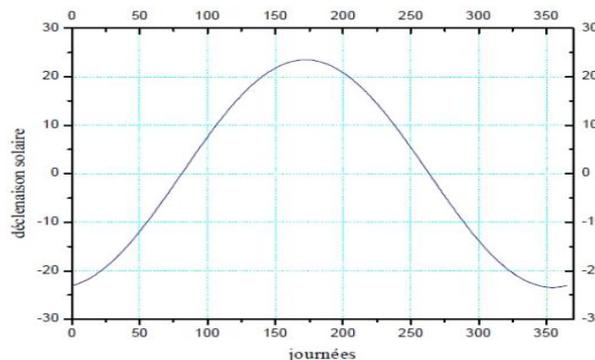


Figure I.4. : La déclinaison du soleil en fonction des jours.

- L'angle horaire ( $\omega$ ) : C'est l'angle compris entre la méridienne origine passant par le sud et la projection du soleil sur le plan équatorial, il mesure la course du soleil dans le ciel. Il est donné par la relation suivante :

$$\omega = 15(TSV - 12) \quad (I-3)$$

TSV : temps solaire vrai

Il vaut  $0^\circ$  à midi solaire, ensuite chaque heure correspond à une variation de  $15^\circ$ , car la période de la terre dans sa rotation sur elle-même est égale à 24h. Compté négativement le matin lorsque le soleil est vers l'est et positivement le soir.

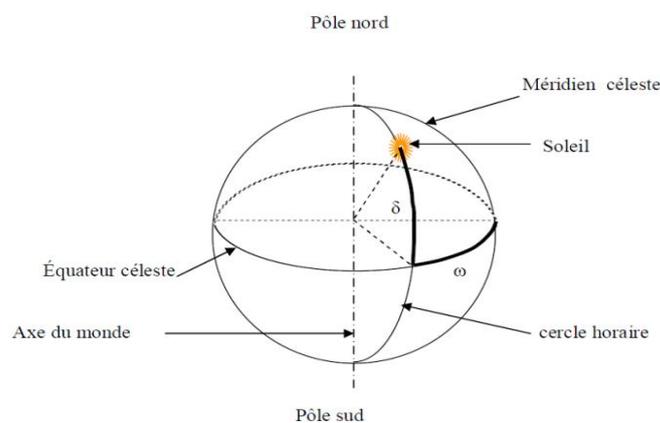


Figure I.5. : Les coordonnées horaires.

### I.6.3/ Les coordonnées horizontales :

Le repère horizontal est formé par le plan de l'horizon astronomique et la verticale du lieu [5].

Dans ce repère les coordonnées du soleil sont :

- La hauteur du soleil ( $h$ ) : La hauteur du soleil est l'angle formé par la direction du soleil et sa projection sur le plan horizontal. Il est particulièrement égal à  $0^\circ$  au lever et au coucher astronomiques du soleil, sa valeur est maximale à midi, en temps solaire vrai.

L'expression de la hauteur du soleil est donnée par :

$$\sin(h) = \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(\omega) \quad (I-4)$$

$\varphi$  : Latitude du lieu.

$\delta$  : La déclinaison du soleil

$\omega$  : L'angle horaire

- L'azimut ( $a$ ) : C'est l'angle compris entre la projection de la direction du Soleil sur le plan horizontal et le sud. L'azimut est compté positivement vers l'ouest et négativement vers l'est. Il est donné par la relation suivante :

$$\sin(a) = \frac{\cos(\delta) \cdot \sin(\omega)}{\cos(h)} \quad (\text{I-5})$$

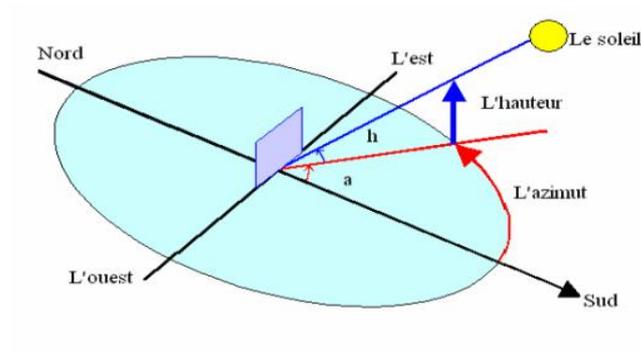


Figure I.6. : Les coordonnées horizontales.

## I.7/Les temps solaires :

### I.7.1/Le Temps Solaire Vrai (T.S.V) :

Le temps solaire vrai, en un instant et un lieu donné, est l'angle horaire du soleil  $\omega$ . Il est donné sous la forme suivante [6] :

$$TSV = 12 + \frac{\omega}{15} \quad (\text{I-6})$$

### I.7.2/Le Temps Solaire Moyen (T.S.M) :

Le temps solaire moyen est appelé parfois temps local, Il est donné par la relation suivante [6] :

$$TSM = TSV - Et \quad (\text{I-7})$$

$$Et = 9.87 \sin \left[ 2 \cdot \frac{360}{365} (N - 81) \right] - 7.53 \cos \left[ \frac{360}{365} (N - 81) \right] - 1.5 \sin \left[ \frac{360}{365} (N - 81) \right] \quad (\text{I-8})$$

Et : est l'équation du temps exprimée en minutes.

N : est le numéro du jour dans l'année.

## I.8/Rayonnement solaire :

L'énergie reçue au niveau du sol est plus faible que  $1354 \text{ w/m}^2$  (la constante solaire) car l'atmosphère absorbe une partie du rayonnement solaire (environ 15%) et la réémet dans toutes les directions sous forme de rayonnement diffus. L'atmosphère réfléchit une autre partie du rayonnement solaire vers l'espace (environ 6%). Le rayonnement global au niveau du sol se définit donc comme la somme du rayonnement direct et du rayonnement diffus figure (I.7). L'énergie reçue par une surface dépend en outre de la saison, de la latitude, des conditions météorologiques, du relief, de la pollution, de l'orientation de la surface considérée, etc., [7]

### I.8.1/ Rayonnement direct :

Le rayonnement direct est la lumière parvenant directement du soleil par ciel clair.

### I.8.2/ Rayonnement diffus ;

Le rayonnement diffus est le rayonnement émis par des obstacles (nuages, sol, bâtiments) et provient de toutes les directions. La part du rayonnement diffus n'est pas négligeable et peut atteindre 50% du rayonnement global (selon la situation géographique du lieu). Le rayonnement global sur la terre et sa part de rayonnement diffus varie au cours de l'année.

### I.8.3/ Rayonnement global :

Le rayonnement global est la somme des rayonnements diffus et direct.

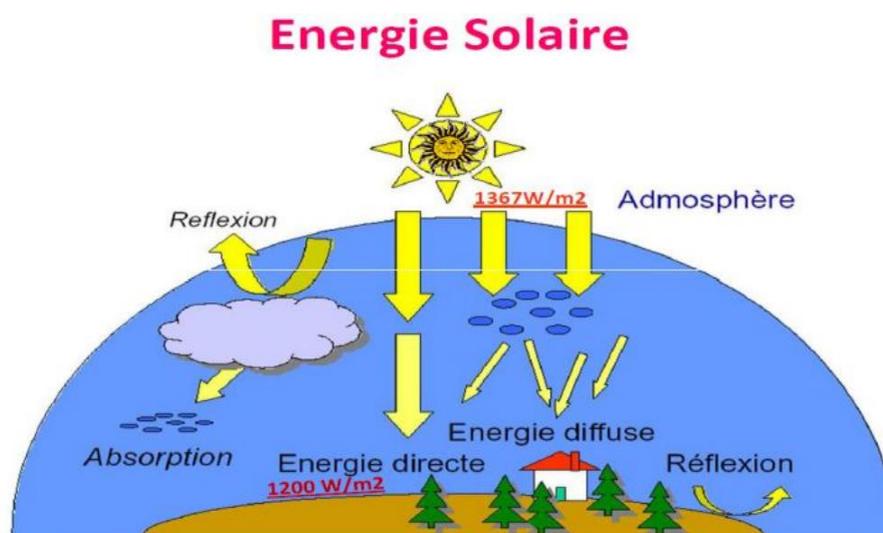


Figure I.7. : Les composants du rayonnement solaire [8].

### I.9/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.

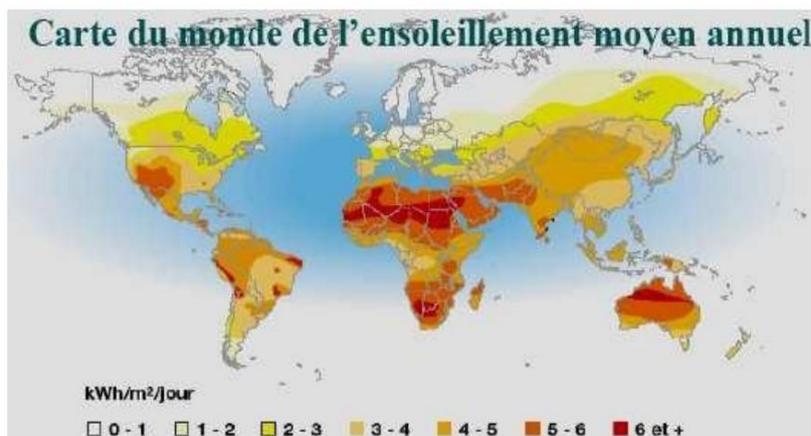


Figure I.8 : Carte du monde de l'enseilllement moyen annuel [9].

La durée d'insolation dans le Sahara algérien est de l'ordre de 3500 h/an est la plus importante au monde, elle est toujours supérieure à 8 h / j et peut arriver jusqu'à 12 h / j pendant l'été à l'exception de l'extrême sud où elle baisse jusqu'à 6h/j en période estivale [9].

La région d'Adrar est particulièrement ensoleillée et présente le plus grand potentiel de toute l'Algérie figure I.9

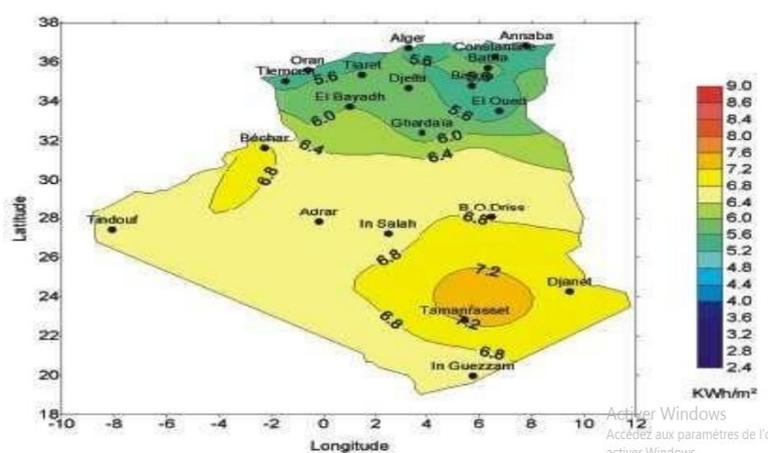


Figure I.9 : Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale reçue sur un plan incliné à la latitude du lieu [10].

L'étude du rayonnement solaire s'avère nécessaire pour le choix du meilleur site en vue d'une installation d'un système de captation solaire. Le rayonnement reçu par un capteur solaire dépend également du niveau d'ensoleillement du site considéré et de son orientation par rapport au soleil. Un capteur solaire fixe reçoit le maximum d'énergie lorsqu'il est orienté vers le sud et est incliné selon un angle pratiquement égal à la latitude du lieu. Pour que le rayonnement solaire soit perpendiculaire au panneau solaire, et afin d'optimiser tout le système de captation, il est nécessaire de recourir à la technique de poursuite de la sole

## **I.10. Capteurs solaire à air:**

### **I.10.1 /Description et fonctionnement du capteur solaire à air :**

Un capteur solaire plan à air a pour rôle de convertir l'énergie solaire incidente en une énergie thermique à basses et moyennes températures et de la transférer à l'air qui la traverse. Sa technologie repose sur le pouvoir absorbant d'une surface sélective ou non sélective (absorbeur). En absorbant les rayons solaires, l'absorbeur cède à l'air une partie de cette énergie reçue, et réémet une autre partie dans l'infrarouge. Le meilleur absorbeur est donc une surface fortement absorbante dans le visible et faiblement émissive dans l'infrarouge.

Une couverture alvéolée en polycarbonate est placée au-dessus de l'absorbeur. Celle-ci est transparente aux rayonnements solaires visibles et opaques à l'infrarouge qu'elle absorbe et réémet vers l'absorbeur. Elle permet de piéger les rayonnements entre ce dernier et la couverture et d'augmenter ainsi la température de l'absorbeur. C'est ce qu'on appelle 'effet de serre'. Pour ce qui est de l'isolant latéral et arrière, elle est assurée par des parois recouvertes d'isolants thermiques. Les échanges thermiques entre les constituants du capteur peuvent avoir lieu convection, conduction et rayonnement. Deux types de paramètres de fonctionnement, intérieurs et extérieurs au système, interviennent dans son fonctionnement.

➤ Paramètre extérieurs (environnement)

- Flux incident : le flux solaire global incident est constitué d'une composante directe et d'une composante diffuse dont le pourcentage est variable.

- Vitesse du vent : celle-ci a une grande importance et une influence considérable lorsque cette dernière est comprise entre 0 à 3 m/s. Au-delà, l'effet devient moins important [11].
- Température à l'avant et à l'arrière du capteur.
- Température ambiante et du ciel : la température du ciel se présente sous diverses formes. Nous citons l'expression générale la plus utilisée et qui est donnée par Suinbak [11].

$$T_{ciel} = 0.0552T \quad (I-9)$$

➤ Paramètres structurels du capteur

- Débit du fluide caloporteur.
- Orientation et inclinaison du capteur.
- Températures d'entrée du fluide caloporteur.
- Nature du fluide caloporteur.

Le choix de l'air ne peut être que judicieux. Il réduit le coût de fabrication du capteur et aussi de son entretien. On n'a pas de problèmes de fuites ni de corrosion. Ce qui n'est pas le cas pour l'eau. Cependant, la capacité calorifique et la masse volumique de l'air sont faibles par rapport à celles de l'eau. Cette capacité calorifique de l'air impose l'utilisation de grands débits.

### **I.11.2 / Avantages et inconvénients :**

L'utilisation de l'air comme fluide caloporteur est susceptible de réduire les coûts de fabrication, voire d'entretien. En effet de l'air ne présente pas de problèmes de gel ou d'ébullition, qui imposent d'utiliser des fluides contenant de l'antigel et de prévoir des sécurités pour éviter les surpressions qui peuvent se produire en cas de panne de circulation dans les capteurs à eau.

- Les phénomènes de corrosion ou d'entartrage, qui peuvent diminuer les performances et la durée de vie d'une installation à eau sont inexistantes.
- Les problèmes d'étanchéité paraissent moins cruciaux.
- Le capteur à air, est plus léger que les dispositifs classiques et généralement moins complexe de réalisation, donc plus

facilement intégrable dans un bâtiment ou un processus industriel et son coût d'installation est plus faible.

Néanmoins, l'air présente un certain nombre d'inconvénients :

- Coefficients d'échange thermique plus faibles que pour les liquides, ce qui conduit généralement à augmenter les surfaces d'échanges.
- Faible valeur du produit de la masse volumique, ce qui impose l'utilisation de forts débits volumiques, ce qui augmente la consommation électrique des auxiliaires (ventilateur) ;
- Problèmes de salissure des vitres dans les cas où l'air circule entre la vitre et l'absorbeur. Il en résulte la nécessité de soigner la conception aérodynamique et thermique du capteur.

Il en résulte la nécessité de soigner la conception aérodynamique et thermique du capteur.

### **I.12.3 / Applications des capteurs solaires plans à air :**

Plusieurs applications de l'énergie solaire captée par des capteurs solaires plans à air sont utilisées. Parmi les plus répandues, le chauffage, la climatisation, le séchage, la production de l'énergie mécanique, etc.

#### **I.12.3.a /Chauffages et climatisation des habitations:**

Le principe est présenté sur la Figure I.10, consiste à chauffer le fluide dans le capteur solaire, l'air est véhiculé par ventilateur vers des points d'utilisations.

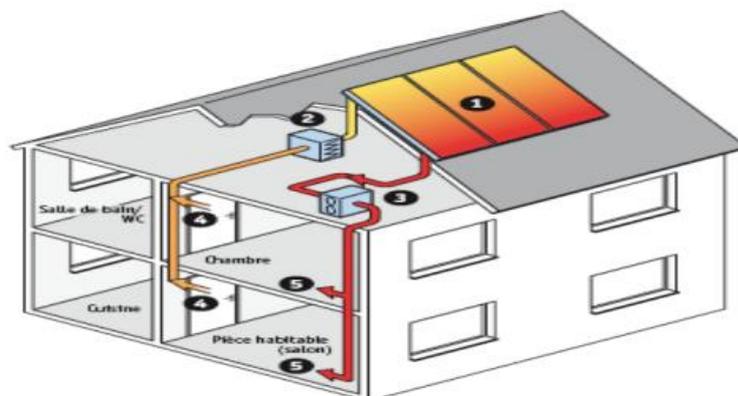


Figure I.10: Chauffage et climatisation des habitations.

1- Capteur solaire plan à air 2- Filtre 3- Ventilateur 4- Entrées d'air. 5- Sorties d'air

Le système de capteur solaire à air s'intègre dans l'habitat de façon modulaire et complète les systèmes de chauffage existants. Il permet de réaliser des économies substantielles d'énergie et d'améliorer le bilan thermique des bâtiments sur la période hivernale et en mi-saison en apportant une source complémentaire de chauffage. Une régulation fait circuler l'air des locaux à travers le panneau dès que la température interne du panneau permet d'obtenir un gain significatif.

### **I.12.3.b / Séchage:**

Le séchage est un procédé d'extraction d'eau d'un solide, d'un semi-solide ou d'un liquide par évaporation. Cette opération nécessite une source de chaleur. Plusieurs techniques sont possibles pour sécher et conserver nos produits. La technique de séchage courante, est généralement réalisée sur sol, elle est la plus utilisée dans les pays en voie de développement afin de préserver les denrées alimentaires, telles que les céréales, les légumes, la viande et le poisson, etc.

Le taux de séchage est contrôlé par des facteurs externes, tels que le rayonnement solaire, la température ambiante, la vitesse du vent et l'humidité relative, et des facteurs internes, tels que la teneur en eau initiale, le type des produits et la masse du produit par unité de surface d'exposition. Il y a des avantages considérables dans le séchage solaire hybride puisque la source d'énergie nécessaire est renouvelable. [12, 13]

#### **➤ But de séchage:**

Le but du séchage consiste à diminuer la teneur en eau des produits agroalimentaire jusqu'à des valeurs résiduelles inhibant le développement de tout micro-organisme permettant ainsi leur stockage dans des conditions ambiantes.

Le développement scientifique et technologique a permis de diversifier et de mettre en œuvre plusieurs méthodes de séchage et plusieurs séchoirs [12, 13].

Utilisation des capteurs solaire à air pour le séchage des récoltes est idéale dans le cas du thé, du café, des fruits, des fèves, du riz, des épices, du caoutchouc, du cacao et du bois (voir la figure I.11).

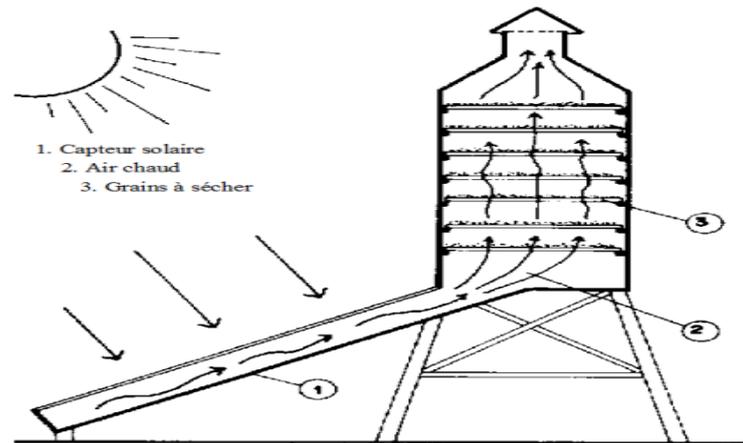


Figure I.11: Séchage solaire.

### I.12.3.c / Production de l'énergie mécanique:

Dans les pays arides, ou dans les régions-isolées, il peut être très intéressant de réaliser des installations à partir d'une machine solaire, soit pour pomper l'eau, soit pour une production d'électricité. On peut utiliser un moteur à air chaud dont le principe est le suivant l'air atmosphérique est comprimé dans un cylindre par un piston et chauffé par l'intermédiaire d'un capteur à air. L'air chauffé, en se détendant, pousse le piston. Celui-ci en revenant comprime l'air dont le reste de chaleur est évacuée à une source froide ; et ainsi de suite.

### I.13.4 / Différents types des capteurs solaires à air :

On peut répartir les types des capteurs solaires plans à air en 3 grandes classes :

- Les capteurs à absorbeur perméable ;
- Les capteurs à absorbeur à géométrie variable ;
- Les capteurs à absorbeur plan.

#### I.13.4.a / Les capteurs à absorbeur perméable :

Dans ce type de capteur, l'absorbeur est une matrice perméable (voir la figure I.12). Ainsi l'énergie solaire incidente pénètre dans la masse de l'absorbeur. Le capteur à absorbeur perméable se compose toujours d'un caisson isolé, l'air pénètre dans l'espace, vitre et absorbeur où il commence à s'échauffer par convection sous le vitrage. Ensuite l'air continue de s'échauffer par passage dans la matrice absorbante.

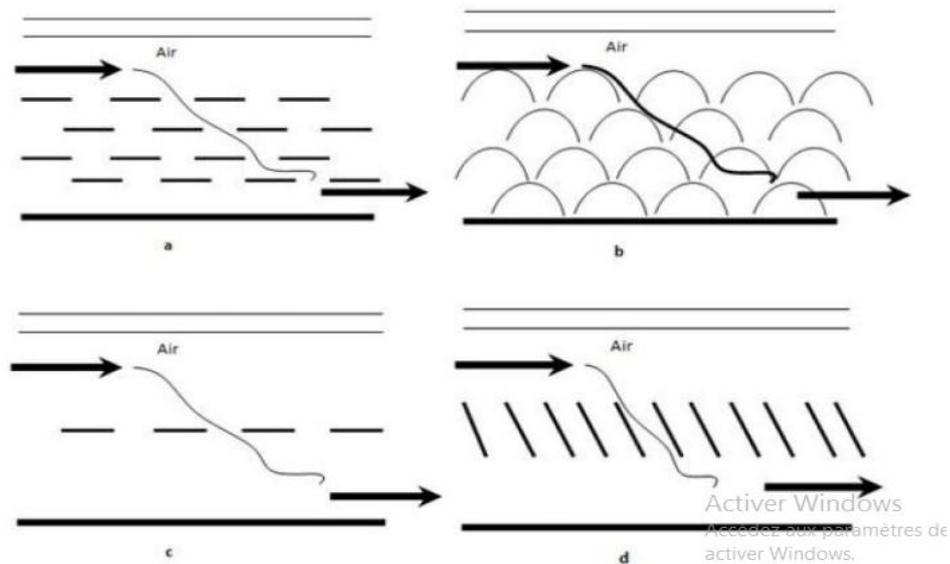


Figure I.12: Capteurs à absorbeur à perméable.

**I.13.4.b / Capteur à absorbeur à géométrie variable :**

Ces capteurs se présentent sous de nombreuses variantes (voir la figure I.13), l'idée présidant à ces variantes consiste à jouer sur la géométrie de l'absorbeur, de façon à augmenter la surface d'échange.

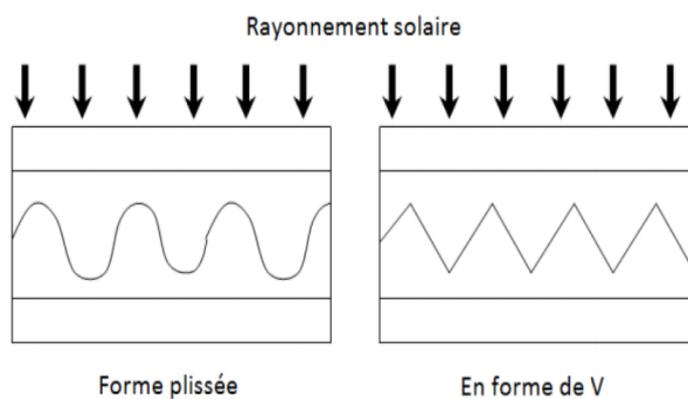


Figure I.13. Capteurs à absorbeur à géométrie variable.

**I.13.4.c /Capteur solaire à absorbeur plan :**

Comme son nom l'indique, l'absorbeur est une tôle plane. La différence entre ces capteurs réside dans le nombre de vitrage utilisés et dans le type d'écoulement de l'air dans ces capteurs.

Plusieurs types d'écoulement d'air sont envisageables dans ce genre de capteur :

- Ecoulement au-dessous de l'absorbeur ;
- Ecoulement au dessus de l'absorbeur ;
- Ecoulement des deux cotés de l'absorbeur.

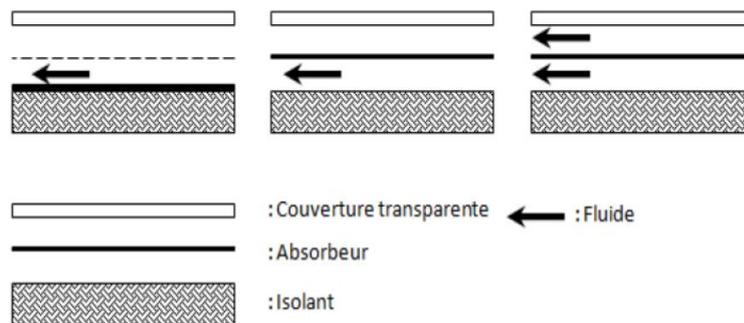


Figure I.14:Écoulements de l'air dans les capteurs solaires.

**I.14/Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons appris sur la structure et les caractéristiques du soleil, de l'énergie et de la radiation au niveau du sol. Certaines des données astronomiques nécessaires pour cette étude ont été identifiées et nous avons fourni.

Quelques données sur le champ solaire en Algérie, et encore une description d'un capteur solaire plans à air.

*Chapitre II :*

*Etude*

*Bibliographique*

## II.1. Introduction :

Le capteur solaire est un échangeur de chaleur qui fonctionne entre une source radiante le soleil et un fluide. Son rôle est la conversion de l'énergie apportée par le rayonnement solaire en énergie calorifique. La chaleur collectée par l'absorbeur est cédée au fluide caloporteur qui circule dans des canalisations qui servent à transporter la chaleur du capteur vers le point d'utilisation.

## II.2. Amélioration des performances des capteurs solaires plans à air :

Dans le but d'améliorer les performances des capteurs solaires à air, K.Aoues et al [14] ont introduit dans la veine d'air mobile des obstacles métalliques minces assimilés à chicanes. Le rôle de ces chicanes est résumé dans un double aspect favorisant le transfert thermique au fluide caloporteur. Elles permettent de rendre l'écoulement turbulent à proximité de la plaque chaude, et prolongent le parcours du fluide caloporteur

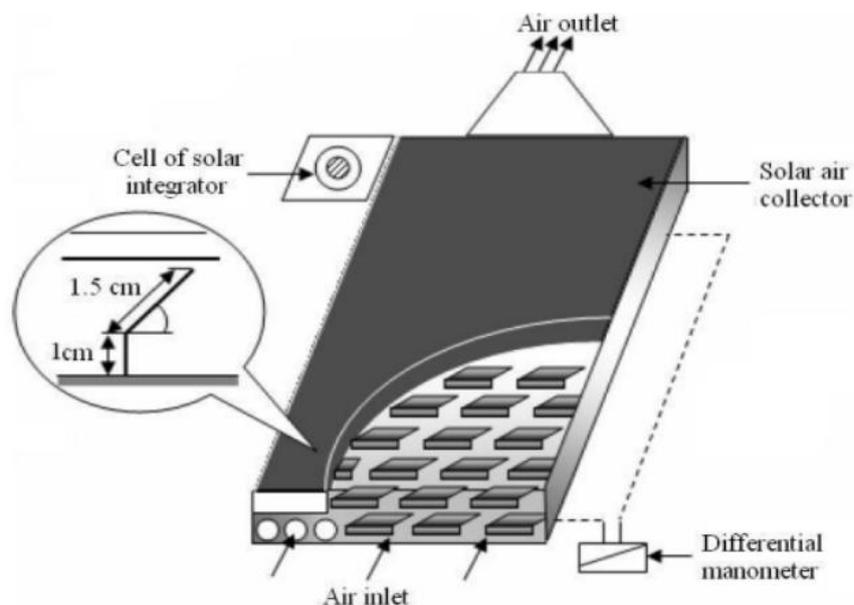


Fig. II.1.:Schéma du dispositif expérimental [14]

La veine d'air dynamique d'une hauteur de 25 mm est comprise entre la plaque absorbante et une plaque inférieure en acier galvanisé placée sur l'isolant, il est équipé de rangées d'obstacles métalliques minces soudées perpendiculairement à l'écoulement sur la plaque inférieure, placée au-dessus de l'isolant. Ces obstacles ont deux formes différentes (model-1 et model-2) où la différence entre les deux réside dans la partie inclinée d'angle  $\alpha$  respectivement égale à  $60^\circ$  et  $120^\circ$ . Ces chicanes sont espacées d'une distance respectivement à  $d=10\text{cm}$  et  $d=5\text{cm}$  suivant deux configuration A et B qui se différencient par le nombre de rangées respectivement égale à 152 et 256 chicanes. Figure II.2

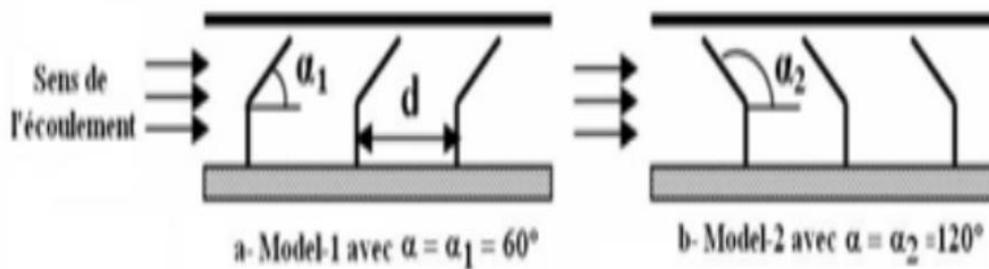


Figure II.2.Schéma descriptif des chicanes [14]

Après une série de tests expérimentaux, K.Aoues et al conclu que la géométrie de passage dans la section droite perpendiculaire à l'écoulement joue un rôle important. Et ont trouvé que les chicanes du modèle 1 placées dans les configurations A1, B1 donnent les meilleurs résultats par rapport à ceux des configurations A2, B2 qui sont des chicanes modèles 2

Dans le même cadre d'études K.Aoues et al [15], ils ont étudié les performances thermiques du capteur solaire plan à air présenté dans la figure 1. Ont mené un travail théorique dans le but d'améliorer le coefficient de transfert convectif entre l'air et l'absorbeur. En plaçant des chicanes cylindriques perpendiculairement à l'écoulement dans la veine d'air mobile entre l'absorbeur et l'isolant.

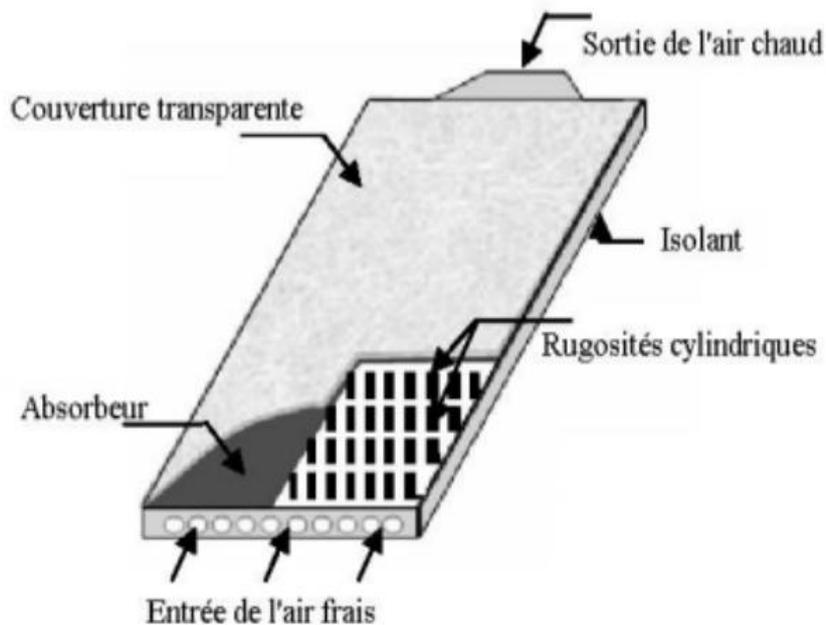


Figure. II.3. Capteur plan à air muni rugosités cylindriques [15]

Ils ont étudié trois configurations (sans chicanes, avec chicanes alignées et avec chicanes disposées en quinconces). Et ont trouvé que le meilleur rendement est obtenu avec des chicanes cylindriques arrangées en quinconce, et le plus bas pour le capteur lisse

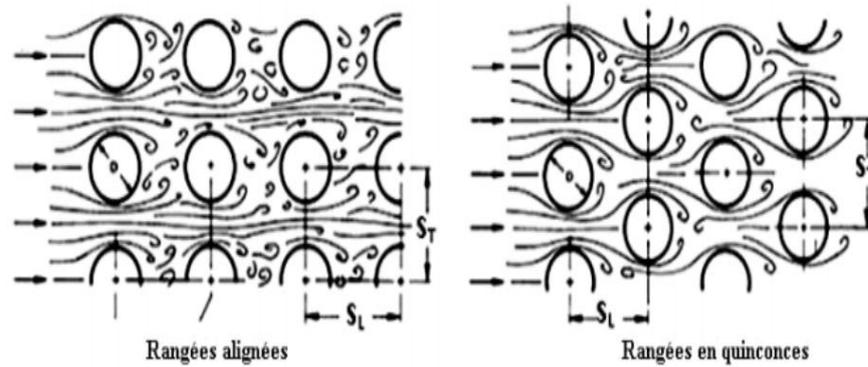


Figure. II.4. Les différents arrangements des chicanes cylindriques [15].

A.Labed et al [16] ont présentés une étude théorique et expérimentale d'un capteur solaire plan à air afin d'améliorer sa performances. Le système étudié est un capteur solaire plan à air à simple passe composé d'une vitre, Une plaque absorbante mince en acier galvanisé peinte en noir mat, Une plaque arrière mince en acier galvanisé placée sur l'isolant et d'une isolation arrière qui est assurée grâce à une feuille de polystyrène, La veine d'air dynamique d'une hauteur de 25 mm est comprise entre la plaque absorbante (corps noir) et la plaque inférieure. Les rugosités artificielles sont des petits canaux dont la base est de forme trapézoïdale d'une hauteur de 25 mm.

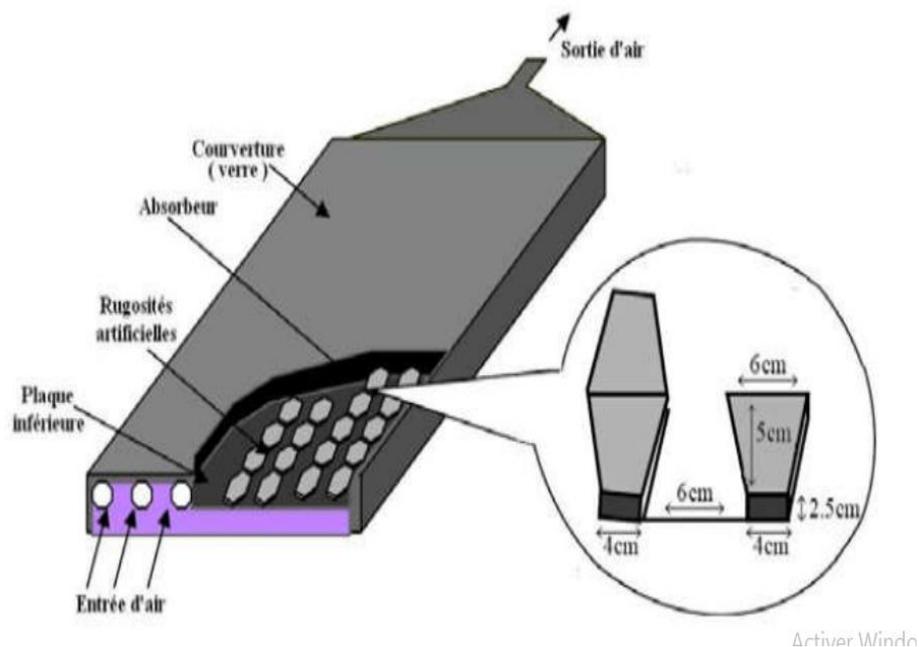


Figure. II.5 Schéma du modèle expérimental [16]

Les auteurs concluent que le rôle très favorable à l'augmentation de l'échange thermique de ce type de chicanes placées dans la veine d'air utile. Cependant elles engendrent des pertes

comparativement à un canal lisse. Les résultats théoriques sont validés par les résultats expérimentaux.

H.Karoua [17], présenté une étude des performances thermiques d'un capteur solaire avec effet de concentration de type Fresnel. Il est intéressé à l'étude des paramètres des performances thermiques et au transfert de chaleur lors de l'écoulement d'un débit d'air dans un conduit utile rectangulaire, dont la surface d'échange mise en jeu est munie de rugosités artificielles tordues. Le conduit d'écoulement est situé dans la zone focale d'un capteur solaire avec effet de concentration de type Fresnel. Constitué d'un jeu de miroirs ardents parfaitement réfléchissants.



Figure. II.6. Capteur solaire à quatre éléments avec jeux de miroirs pivotants de type Fresnel [17].

Fares Grira [18], a effectué des expériences en testant le capteur solaire thermique sans chicanes, puis en utilisant les chicanes avec différentes configurations voir figure II.7, tel que le mode 1: en plaçant 6 chicanes en entrant dans la conduite du capteur, mode 2 : en plaçant 6 chicanes au milieu, mode 3 : 6 chicanes à la fin de conduite, et enfin le mode 4 qui place les 18 chicanes entières dans la conduite, chaque configuration prend la durée de 4 jours à début important, le premier jour avec un faible débit massique  $0,015 \text{ kg/s}$ , le deuxième jour avec un débit moyen de bloc  $0,026 \text{ kg/s}$ , le troisième jour avec un débit de bloc supérieur égal à  $0,036 \text{ kg/s}$ , les trois premiers jours de 7h00 heure du pacifique à 15h00 de l'Est, le dernier jour étant seulement une heure entre 11h00 heure du pacifique et 12:00 heure du pacifique, et le rayonnement solaire est presque constant, le débit massique varie pour chaque 10 minutes pour évaluer le changement d'efficacité thermique en fonction du débit massique et de la basse perte de charge.



Figure. II.7: Différents types des modes étudiées [18].

Après avoir mené l'étude expérimentale, la configuration 2 a été choisie comme un meilleur résultat que les autres, il a noté que le rendement thermique est maximale et faible perte de charge.

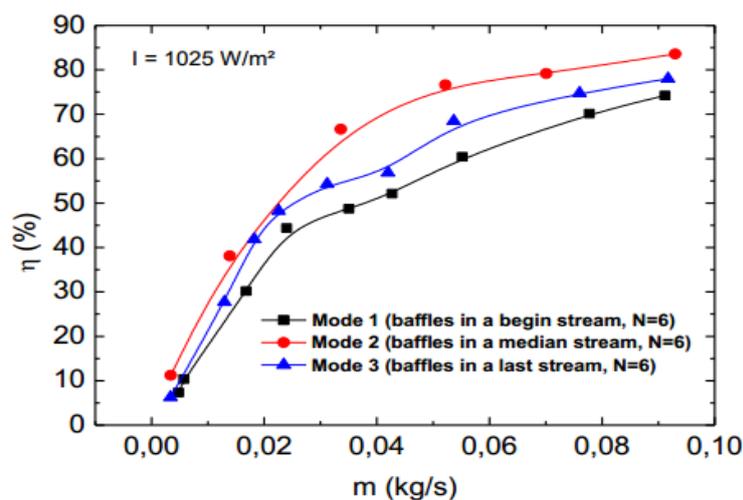


Figure II.8 : Evolution du rendement pour divers débit.

F. Chabane [19], a présenté une étude du transfert de chaleur dans un chauffe-air solaire en utilisant un nouveau design de capteur solaire. L'efficacité du capteur dans un seul passage sans et avec l'utilisation des chicane attachées sous la plaque absorbante a été étudiée expérimentalement. En raison de l'ajout des chicanes à l'intérieur d'une plaque absorbante, l'effet souhaitable d'augmenter le coefficient de transfert thermique compense l'effet indésirable de diminuer la force motrice (différence de température) du transfert thermique, tandis que les chicanes attachées fournissent une zone de transfert de chaleur élargie. Dans leur étude, la plaque absorbante du capteur solaire est fixée avec des ailettes pour améliorer encore les performances. Les améliorations de l'efficacité des collecteurs dans les réchauffeurs d'air solaire mono-passe avec et sans ailettes

attachées, augmenter avec l'augmentation du débit massique, en particulier pour fonctionner à un débit d'air inférieur.

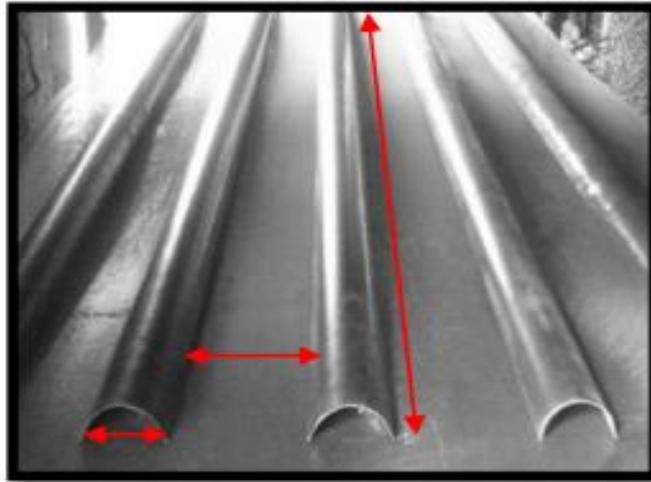


Figure II.9:Disposition des chicane et géométrie de passage d'air [19].

Des expériences ont été réalisées pour deux débits massiques d'air de 0,012 kg/s et 0,016 Kg /s. De plus, l'efficacité maximale obtenue pour les 0,012 kg/s et 0,016 kg/s avec et sans ailettes était respectivement de 40,02%, 51,50% et 34,92%, 43,94%. Une comparaison des résultats des débits massiques par capteur solaire avec et sans ailettes montre une amélioration substantielle du rendement thermique.

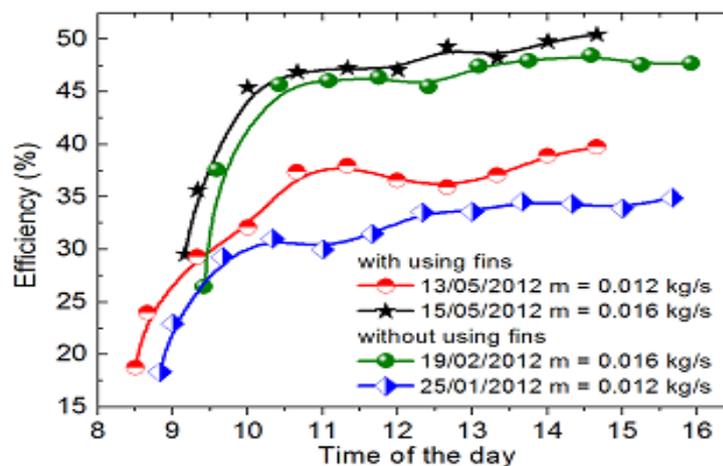


Figure II.10:Effet du flux d'air sur l'efficacité journalière du capteur, avec et sans utilisation d'ailettes pour les mois de janvier, février et mai (2012).

Hadid Mohamed Sadok [20] a été utilisé les quatre modes des chicanes, tel que le mode1 (de 0m à 0,6m) : placer 6 chicanes à l'entrée du conduite, mode2 (de 0,7m à 1,2m) : placer 6 chicanes au milieu du courant d'air, mode3 (de 1,3 à 1,8m) : placer 6 chicanes à l'extrémité du conduite (Figure III.7), et enfin mode4, qui place les chicanes entiers "18 chicanes" sur l'ensemble du flux

d'air . La comparaison a été ajoutée aux conditions spécifique, mettre 18 chicanes entièrement de la conduite selon de l'angle d'inclinaison des chicanes varie de  $135^\circ$ ,  $45^\circ$  et mixte entre  $45^\circ$  et  $135^\circ$  respectivement, le mode5 , mode6 et enfin le mode7 (Figure III.11).



Figure. II.11: Différents types des modes étudiées [20].

Dans les conditions du rayonnement solaire moyenne  $I=1025\text{W/m}^2$ , on doit varier le débit massique à chaque fois pour évaluer le changement de rendement thermique en fonction du débit massique et perte de charge

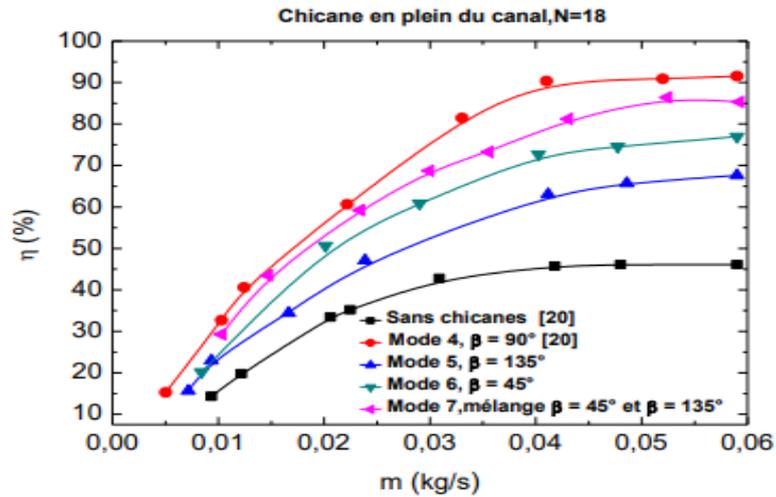


Figure II.12: Evolution du rendement thermique pour différente d'inclinaison des chicanes [20]

Fakreddine Abbassi et Al [21], ont améliorés l'efficacité énergétique d'un mur de Trombe non ventilé et maximiser le taux de transfert de chaleur entre ce type de murs et l'environnement intérieure du bâtiment et innovation thermique, consistent à ajouter des ailettes thermiques verticales à la surface de la paroi interne qui a été étudié. Le comportement thermique de cette nouvelle configuration de mur de Trombe a été étudié dans une région méditerranéenne en utilisant une salle d'essai à petite échelle, et comparé à un mur de Trombe classique. Les résultats ont montré que les ailettes thermiques contribuent à une augmentation de la température interne de la pièce et à une diminution de la température externe de la paroi de Trombe. Cela conduit à une amélioration significative de l'efficacité thermique de ce système solaire par rapport à un contexte similaire sans ailettes thermiques (Figure II.14).

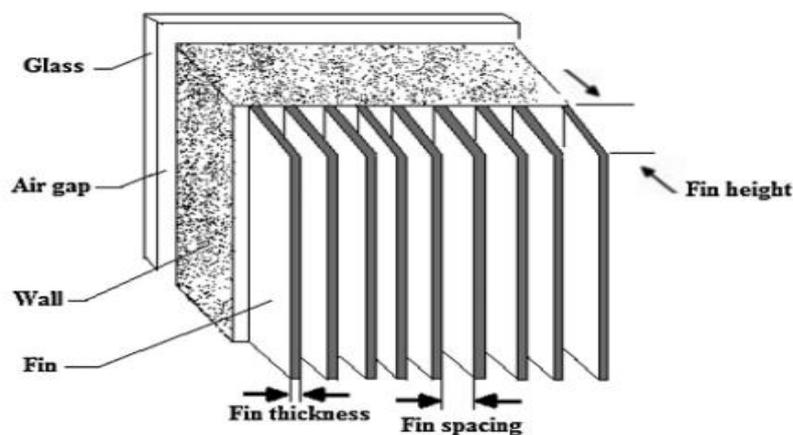


Figure II.13: Schéma de la paroi Trombe non ventilée avec des ailettes thermiques internes.

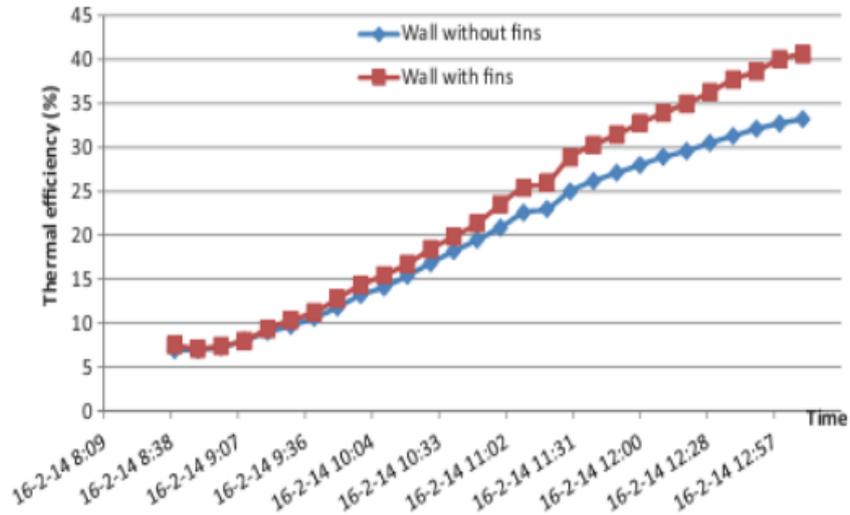


Figure II.14: Efficacité thermique du mur de Trombe.

**II.3.Minimisation des pertes thermiques :**

Dans le but de minimiser les pertes thermiques vers l’avant de l’absorbeur, Feyza Benyelles et Al[22] ont proposé de placer un isolant " aérogel désiliez " au dessus de l’absorbeur comme le montre la figure II.15.

Les auteurs ont choisi l’aérogel de silice pour ses propriétés. C’est un matériau solide à basse densité variant de 80 à 270 kg/m<sup>3</sup>, transparent, poreux (porosité de 35% à 90%). Son indice de réfraction est compris entre 1.2 à 1.05. Pour une épaisseur de l’ordre de 20mm, la transmit tancé solaire normale est de 90%, sa conductivité thermique est de l’ordre de 0.02w/m k.

Tableau II.1: Coefficients de pertes thermiques par l’avant du capteur, pour une épaisseur de 20mm d’aérogel de silice.

T <sub>a</sub> (°C)	T <sub>v</sub> (°C)	U <sub>c</sub> (W/m <sup>2</sup> .K)	U <sub>TP-c</sub> (W/m <sup>2</sup> .K)	U <sub>rc-s</sub> (W/m <sup>2</sup> .K)
60	12,78	0,908	0,691	1,515
100	15,71	0,977	0,853	1,723
140	19,36	1,048	4,599	1,953

Plusieurs capteurs dans les mêmes conditions expérimentales ont été comparés:

- Capteur simple vitrage à absorbeur non sélectif.
- Capteur simple vitrage à absorbeur sélectif.
- Capteur double vitrage à absorbeur non sélectif.
- Capteur simple vitrage à absorbeur non sélectif muni d’un isolant à aérogel de silice.

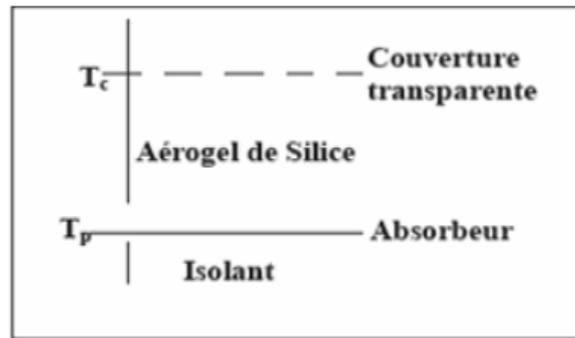


Figure II.15: Conception des capter à aérogel de silice.

Les auteurs ont trouvé que la température de la vitre d'un capteur simple vitrage à absorbeur non sélectif peut atteindre 50°C, alors qu'elle n'atteint que 20 °C pour un absorbeur muni d'un isolant aérogel de silice. En outre, le coefficient de pertes thermiques vers l'avant de l'absorbeur, dans ce cas est minime. Ils ont déduit que l'aérogel de silice est un super isolant transparent de la face avant du capteur, et contribue ainsi à l'amélioration du rendement du capteur solaire.

A. Zerrouki et Al. [23] ont menés une étude théorique relative à la modélisation d'un capteur solaire à air de conception conventionnelle à deux passes (circulation d'air de part et d'autre de l'absorbeur). Ils ont étudié le cas où le capteur est dans un état tel que les conditions de Bliss sont respectées. Ils ont établi le bilan thermique respectivement sur la couverture transparente, l'absorbeur puis l'isolation thermique arrière. Ils ont résolu le système d'équations obtenues. Ils ont fourni les expressions mathématiques des paramètres  $U_L$ ,  $Fr$  et  $F'$ . Une représentation graphique de ces paramètres a été présentée.

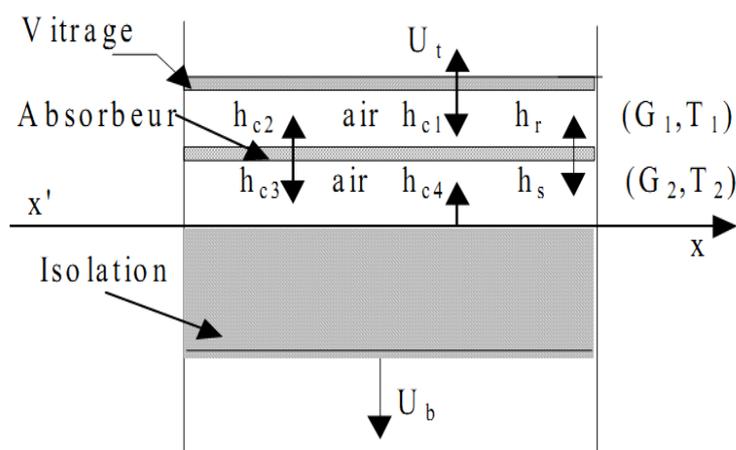


Figure II.16:Schéma d'un élément du capteur

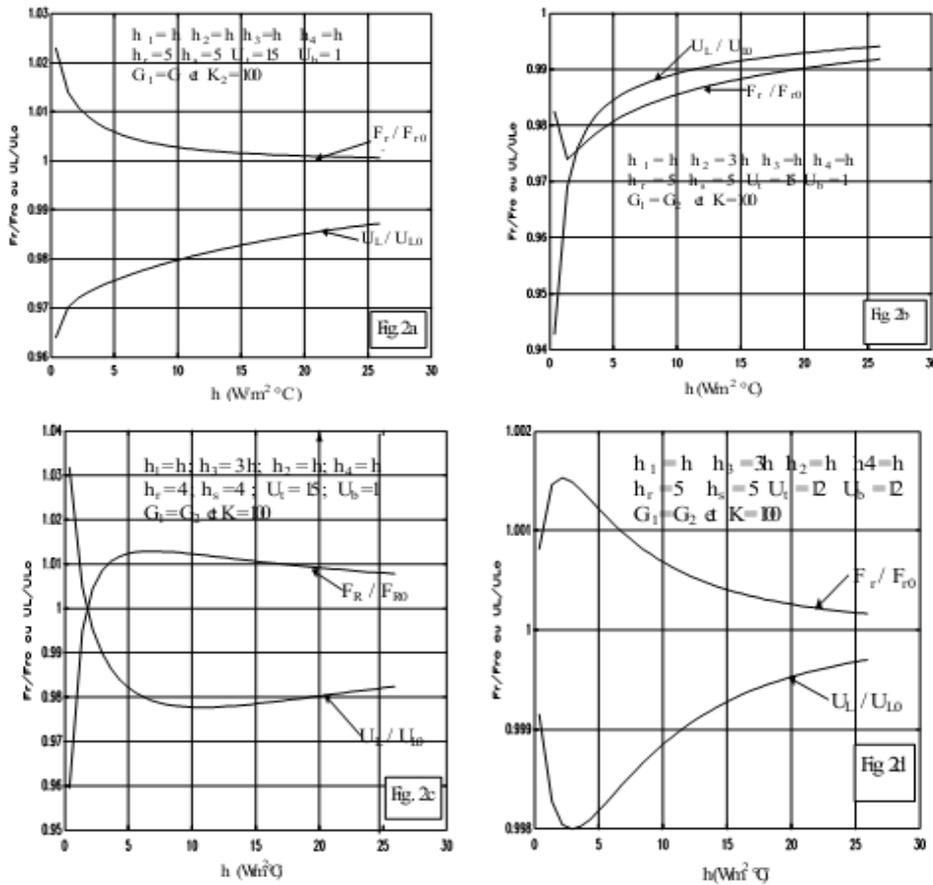


Figure II.17: Evolution des rapports  $(F_r/F_{r0})$  et  $(U_L/U_{L0})$ .

Ils ont présenté un modèle mathématique fournissant des expressions du coefficient de conductance thermique et de la conductance totale d'un capteur solaire à deux passes en régime permanent. La comparaison établie entrées résultats obtenus avec ceux de l'analyse de Bliss-Whillier s'est avérée satisfaisante.

### II.4. Influence de la configuration de l'absorbeur sur les performances thermiques d'un capteur solaire à air :

Vue que le coefficient d'échange thermique de l'absorbeur pour les capteurs solaires à air est plus faible que celui des capteurs à l'eau, F. Mokhtari et Al [24], ont fait une étude expérimentale sur les capteurs solaires à air, leur objectif est d'évaluer l'effet de la plaque absorbante sur la température de sortie du fluide caloporteur, c'est-à-dire le coefficient d'échange par convection, pour cela ils ont étudié trois configurations des capteurs solaire à air, (Figure. II.18).

- La première configuration (a) : est la plus simple, elle a un passage d'air sous l'absorbeur qui est en tôle peinte en noir ( $\alpha=0.95$ ), la couverture est un vitrage de (0.03m).

- La deuxième configuration (c) : constituée comme la première, seulement la plaque absorbante est placée sur la diagonale du capteur entre la couverture et l'isolant, l'entrée de l'air se trouve au dessus de l'absorbeur tandis que la sortie est située sous l'absorbeur. Elle est munie d'un orifice de section rectangulaire de (150 x 600 mm).pour permettre l'évacuation de l'air chaud.
- La troisième configuration (b) : est constituée des mêmes éléments que la première configuration, seulement le passage d'air se trouve au- dessus de la plaque absorbante (entre le vitrage et la plaque absorbante).

Les trois capteurs sont de dimensions (1.92×0.94m), l'entrée de chaque capteur est munie d'un ventilateur qui débite une vitesse de l'air de l'ordre de 2,6 m/s en convection forcée

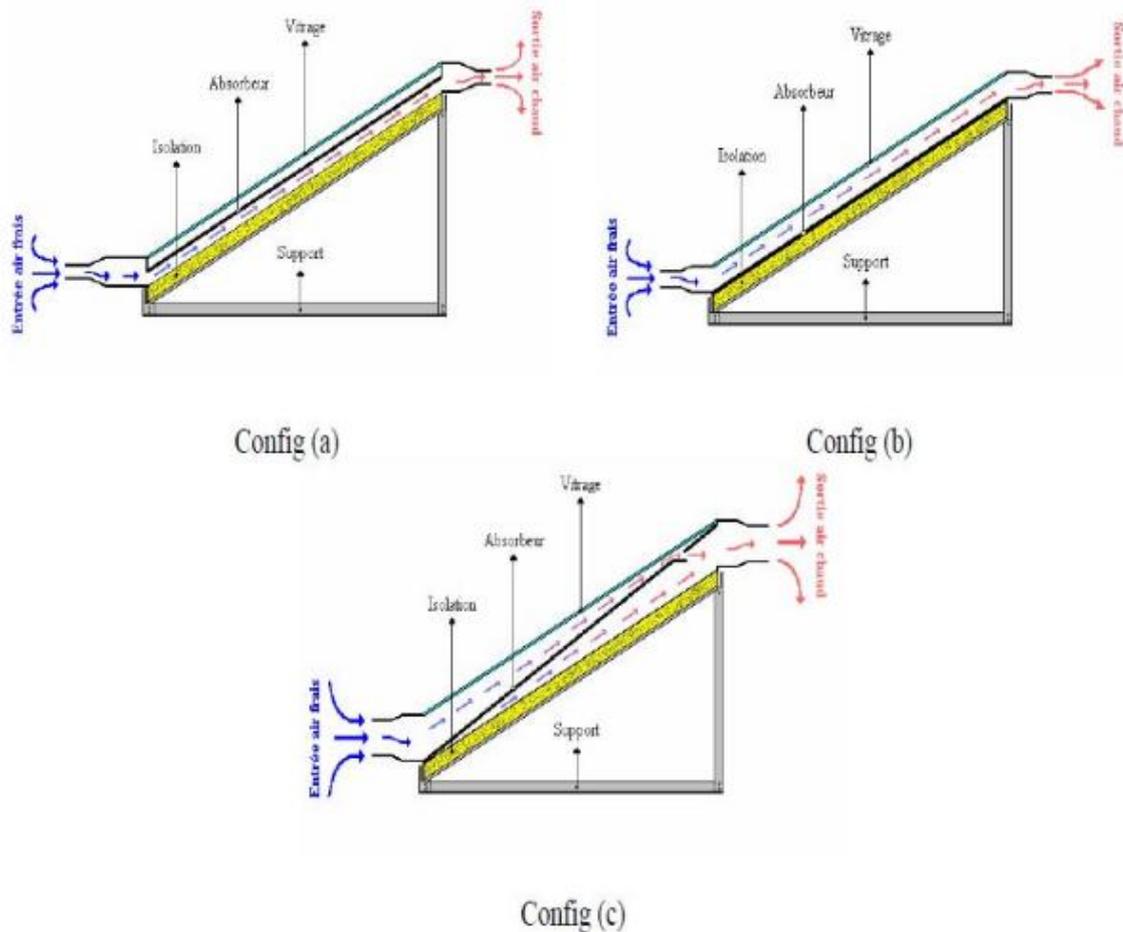


Figure II.18: Représentation des trois configurations des capteurs.

Les paramètres mesurés sont les différentes températures de l'absorbeur et les températures de sortie du fluide caloporteur des trois capteurs en deux modes de circulation naturelle et forcée, ils ont remarqué que la température de la plaque absorbante du capteur incliné (c) est la plus basse en haut du capteur c'est à dire à proximité de la sortie, cela veut dire que le capteur incliné cède de la chaleur plus que les deux autres configurations, vue l'ouverture qui se trouve en haut du capteur figure II.19, pour la deuxième circulation (convection forcée), ils trouvaient que le capteur(c) donne la température de sortie du fluide la plus élevée des trois capteurs (figure II.20).

Ils concluaient que le transfert de chaleur entre l'absorbeur et l'air est important quand il y a contact direct (plaque- air) et double circulation d'air.

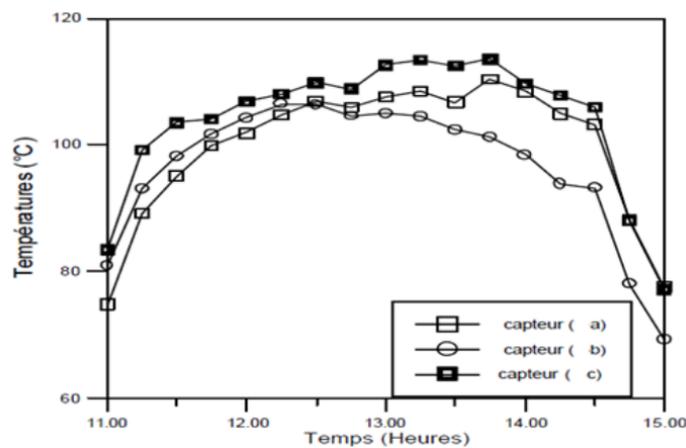


Figure II.19:Représentation des différentes températures de la plaque en convection naturelle.

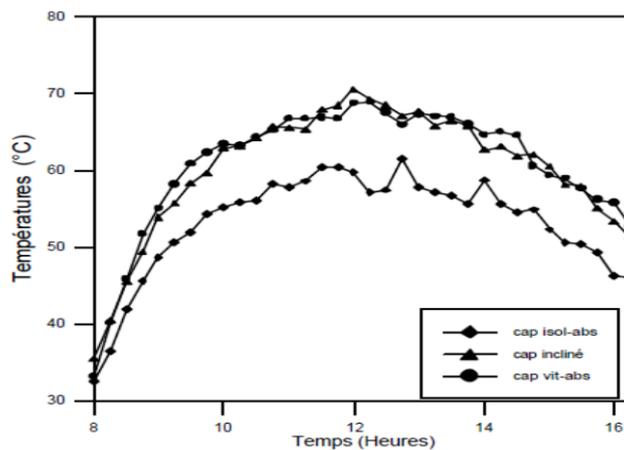


Figure II.20:Représentation des températures de sortie du fluide en convection forcée.

**Conclusion :**

Les performances d'un capteur solaire dépendent en grande partie de la qualité d'absorption et de transmission de chaleur de la plaque absorbante ainsi, plusieurs recherches ont été lancées pour proposer de nouvelles dispositions des plaques absorbantes afin d'augmenter les performances des capteurs solaires. Les performances d'un capteur solaire sont influencées par plusieurs paramètres.

On trouve notamment :

- Les paramètres externes comme le rayonnement solaire, la température ambiante... etc.
- Les paramètres internes (paramètres de construction) comme l'absorbeur, la couverture, le fluide de travail et la qualité d'isolation.
- Les paramètres de position comme l'angle d'inclinaison du capteur.

*Chapitre III :*

*Étude*

*Expérimentale*

### III.1. Introduction :

Les expériences ont été effectuées sur un capteur qui a été conçu dans le hall technologique du département de génie mécanique de l'Université de Biskra. Les tests effectués ont été menés durant la période du mois de mars et avril 2019. Le banc des essais est un capteur solaire plan à air dont les dimensions sont regroupées dans le tableau II.1. Le capteur est orienté face au sud est à inclinaison fixe est  $\beta = 38^\circ$ . Il s'agit d'un isolateur à simple passe, composé d'une vitre en plexiglas caractérisée par un coefficient de transmission  $\tau = 0.9$  et d'un absorbeur en acier galvanisé  $\alpha = 0.95$ , émissivité  $\varepsilon = 0.95$ . La hauteur de la veine d'immobile est de 40 mm. Le capteur est placé sur un châssis permettant d'avoir une inclinaison variable par rapport à l'horizontale (figure III.1)

L'efficacité du collecteur est calculée par Eq:

$$\eta = \frac{Q_u}{I \times A} \quad (\text{III.1})$$

La puissance utile dans un capteur solaire à air peut être exprimée comme suit:

$$Q_u = m \times C_p \times (T_s - T_e) \quad (\text{III.2})$$

Avec :  $m = V_f \times S$

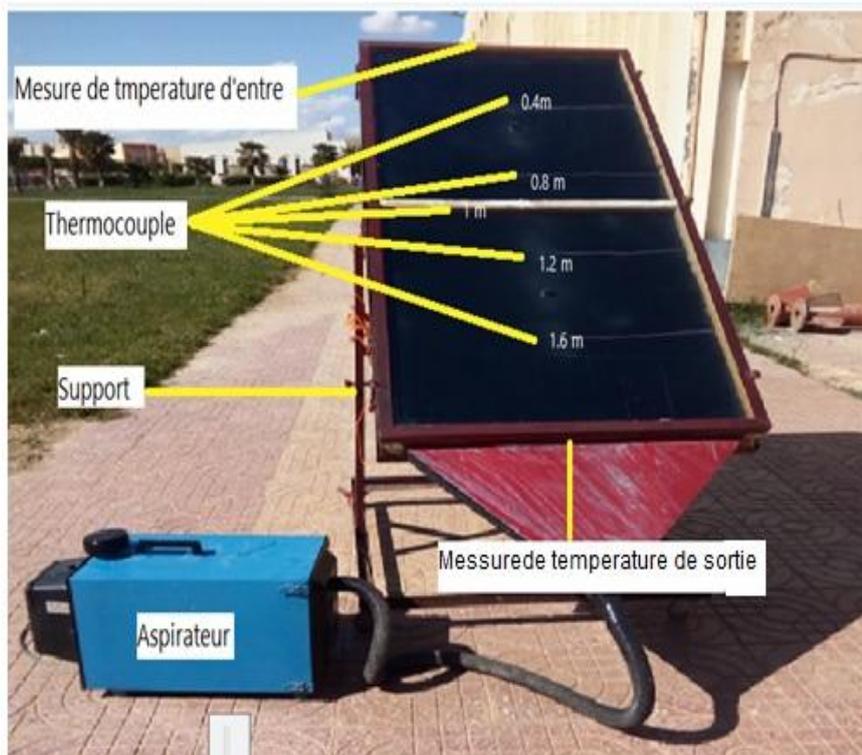


Figure III.1: Banc d'essai.

## III.2. Dispositif expérimental

### III.2.1. Description du banc d'essai:

Le banc d'essai a été réalisé près de la halle technologique du département de génie mécanique de l'Université de Biskra, site situé à l'est sud du Sahara algérien à 34,84 ° de latitude, à 5,75 ° de longitude et à 108 mètres d'altitude. Le site d'expérience est exposé au soleil.

L'étude est basée sur le performance thermique d'un capteur solaire plan à air, en comparant les résultats obtenus par Fares Grira [18] avec notre résultats et voir la meilleure façon d'augmenter l'échange thermique par adjonction de chicanes dans la vaines d'air mobile et en obtenant de meilleures performances ou une meilleure efficacité thermique pour ce capteur car nous avons utilisé tous les chicanes (18 chicanes), où la distribution des chicanes varie entre deux chicanes voisiné par la distance (10 cm) (mode 1), et après nous avons utilisé 4 positions différentes de positionnement des chicanes, (mode 2) nous avons mis 14 chicanes tout au long du complexe thermique solaire et après chaque quatre chicanes nous avons enlevé une chicanes, (mode 3) nous avons mis 10 chicanes et l'espace devient 2 chicanes et un espace par rapport aux 3 chicanes (30 cm), (mode4) nous avons également utilisé 4 chicanes et réduit 4 d'autres chicanes pour en faire 4 chicanes, (mode 5) dans la dernière position nous avons utilisé 3 chicanes, et chaque position s'étale essentiellement sur 3 jours de 8h00 à 16h00 h, le premier jour nous avons utilisé un débit de 0,014 kg/s, le deuxième jour, nous avons utilisé un débit moyen de 0,023 kg/s, et pour le troisième jour nous avons utilisé le un débit élevé plus de 0,036 kg/s.



Figure. III.2: Différents types des modes étudiées

### III.2.2. Caractéristiques techniques :

- Les principaux composants du capteur sont :
  - ✓ Une couverture transparente en verre d'épaisseur 5 mm.
  - ✓ Une fine feuille d'acier galvanisé recouvert d'un matériau noir installé dans un cadre en bois.
  - ✓ Deux baguettes en bois sont installées des deux côtés du flux d'air en mouvement pour contenir les barrières (les barrières ne sont pas en contact avec l'absorption «à l'envers», c'est-à-dire «isolation» vers le bas).
  - ✓ L'isolation arrière est assurée grâce à une feuille de polystyrène de 40 mm d'épaisseur.
  - ✓ L'ensemble est placé dans un coffré métallique en acier.
- Eléments constitutants et dimensions:

- Tableau III.1 : Dimension des constituants

Élément de construction	Longueur (m)	Largeur (m)	Épaisseur (mm)
Couverture transparente	1,94	0,94	3
Absorbeur	1,94	0,94	0,8
Cadre en bois	2	1	30x30
Batons de bois	1,94	0,03	30
Isolant	2	1	40
Boîtier	2	1	80
Chicane	0,88	0,02	0,8

- Caractéristiques thermo physiques :

- Tableau III.2 : Caractéristiques thermo-physiques des composants.

Élément de construction	Matériaux	Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	Chaleur spécifique (j/kg.°K)	Conductivité thermique (W/m.°K)
Couverture transparente	Verre	1,2	1500	1,5
Absorbeur	Acier galvanisé	7800	473	45
Cadre en bois	Bois	5100	1200	0,15
Batons de bois	Bois	5100	1200	0,15
Isolant	Polystyrène expansé	16	1670	0,037
Boîtier	Acier galvanisé	7800	473	45

Caractéristiques optiques :

- Tableau III.3: Caractéristiques optiques des éléments de construction.

Elément de construction	Emissivité ( $\epsilon$ )	Absorption ( $\alpha$ )	Transmission ( $\tau$ )
Couverture transparente	0,9	0,05	0,9
Absorbeur	0,95	0,9	-
Isolant	0,6	0,14	-
Boîtier	0,89	0,8	-
Chicane	0,89	0,8	-

La figure ci-dessous présente une section transversale du capteur solaire:

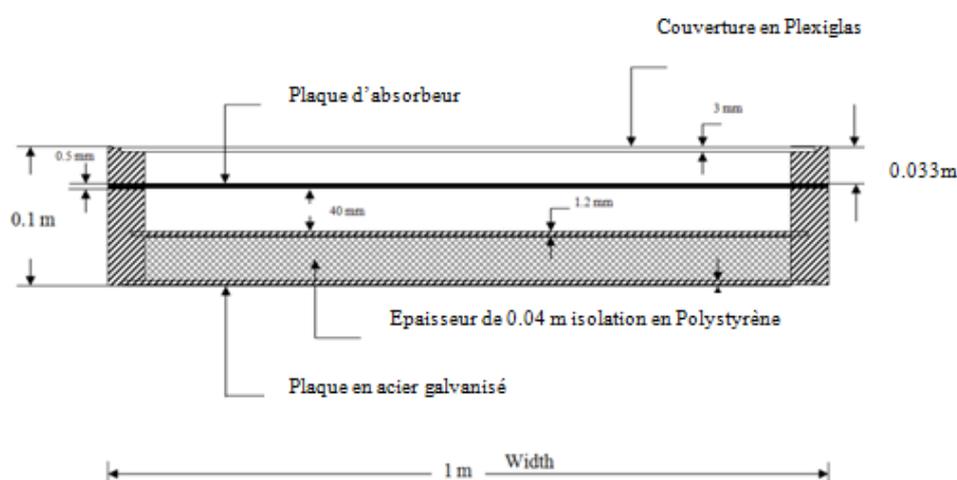


Figure III.3 : Dimensions des différents composants.

- Forme et disposition des chicanes

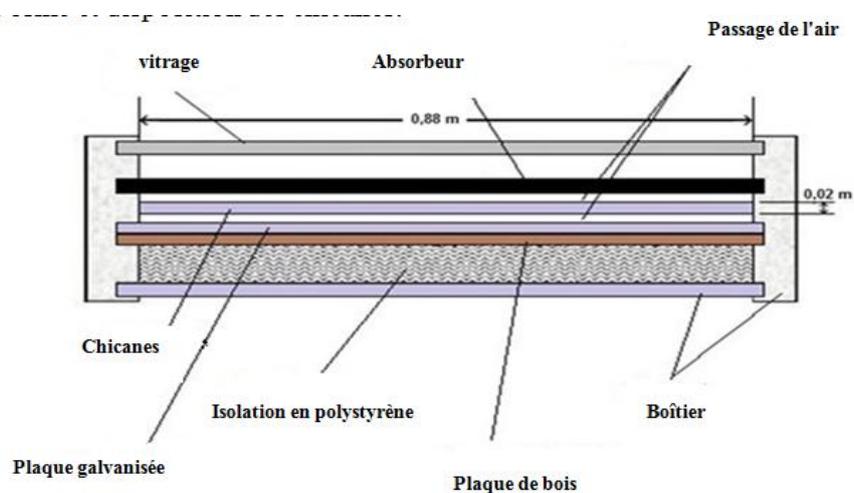


Figure III.4: Coupe transversale du capteur avec des chicanes rectangulaires.



Figure III.5: La forme des chicanes

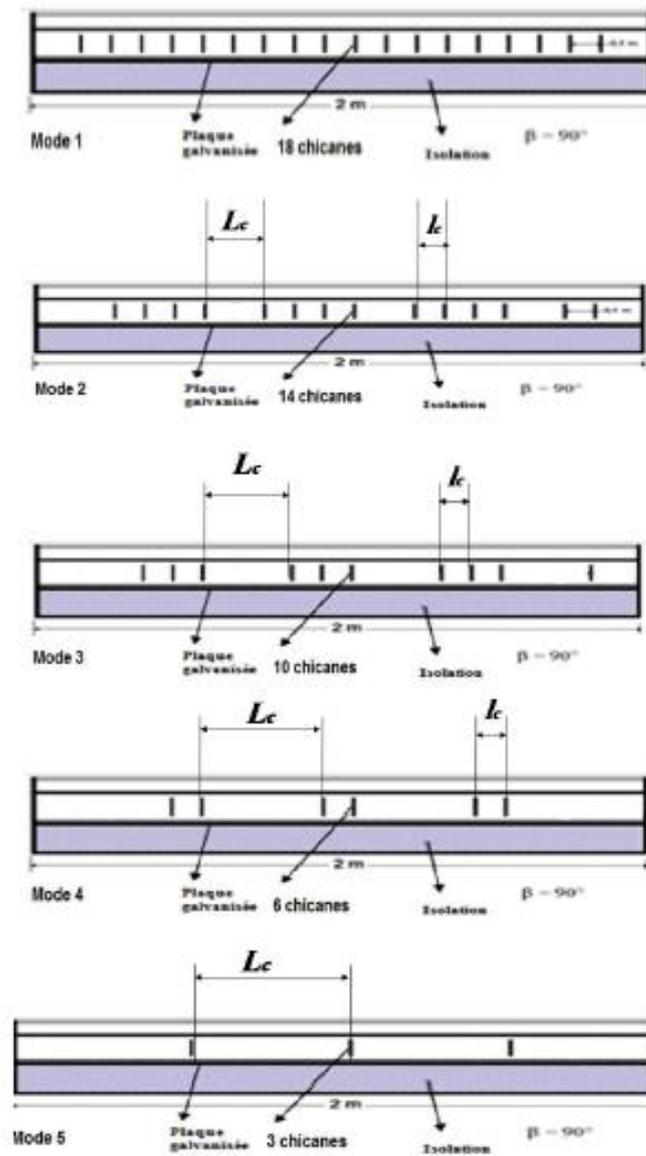


Figure III.6 : Coupe longitudinale du capteur avec répartition des chicanes dans tous les flux de capteur selon différentes configurations

Tableau III.4: Caractéristiques dimensionnel de chicanes pour différent configuration

Configuration	1	2	3	4	5
$l_c$ (mm)	100	100	100	100	500
$L_c$ (mm)	100	200	300	400	500

Le capteur solaire conçu se compose d'un flux d'air de 40 mm situé sous l'absorbeur dans lequel les chicanes sont placés (figure 4,3), la distance entre l'absorbeur et le couvercle en vitrage est de 30 mm (longueur = 0,94 m, largeur = 0,02 m, hauteur = 0,08 mm), la distance entre chicanes est de 0,1 m, cette disposition a été choisie dans la mesure où il s'est avéré être une configuration optimale. Le nombre des chicanes sélectionnées est rectangulaire, d'un autre côté, le nombre et la répartition des chicanes ont été choisis en fonction des emplacements étudiés .Un aspirateur électrique a été installé à la sortie du capteur pour aspirer le fluide caloporteur, (Figure 5,6).

- Les schémas du capteur solaire étudiés sont présentés ci-dessous:

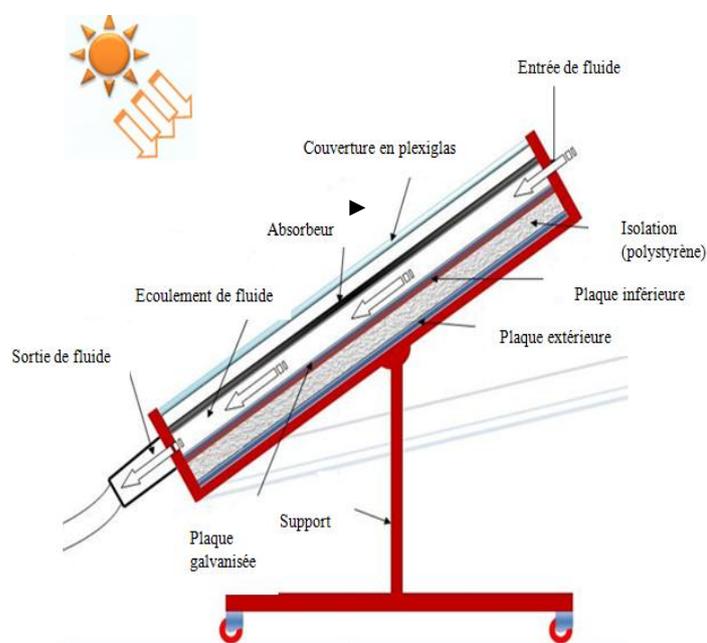


Figure III.7: Schéma du capteur solaire et géométrie de passage (cas sans chicanes)

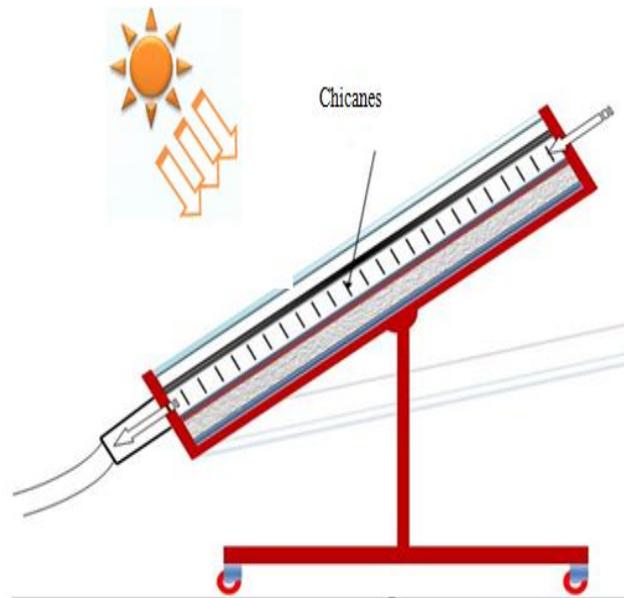


Figure III.8 : Schéma du capteur solaire et géométrie de passage (cas avec chicanes)

### III.3.Détermination expérimentale de la surface du capteur:

❖ Détermination expérimentale de la surface du capteur:

-Les dimensions du capteur mesurées sont:

Dimensions (globalement): 2 m x 1 m.

Dimensions (ouverture): 1,88 m x 0,88 m.

-Calcul de surface:

Surface totale: 2 m<sup>2</sup>.

Surface (ouverture): 1,66 m<sup>2</sup>.

❖ conditionnement expérimental:

Les préparations suivantes ont été faites avant les tests:

- L'angle d'inclinaison du capteur est de 35 ° vers le sud.
- Le capteur a été vérifié pour tout dommage ou anomalie.
- Le couvercle du capteur a été nettoyé avec le plus grand soin.
- Le capteur a été exposé dans des conditions claires et sans nuages.
- Déterminer sa caractéristique de performance réelle.

### III.4. Instrumentation et appareillage utilisé

#### - Mesures du débit:

Pour la mesure du débit nous avons utilisé LVB THERMO-ANEMOMETRE avec HELICE Ø 100 MM – KIMO, (Figure. III.9) :



Figure. III.9 : Thermo-anémomètre à hélice

- certaines caractéristiques de l'appareil est suivante:
  - ✓ Alimentation: 4 piles AAA LR03 1,5 V.
  - ✓ Vitesse de l'air: capteur à effet Hall.
  - ✓ Température ambiante: capteur CTN.
  - ✓ Plage de température de fonctionnement: 0 à +50 ° C
  - ✓ Sonde de température de fonctionnement De: 0 à +50 ° C
  - ✓ Poids = 390 g.

#### -Mesure du rayonnement solaire:

Pour le rayonnement solaire total, l'appareil est équipé d'un écran pour afficher la lecture directe de l'intensité lumineuse en  $w/m^2$  figure III.13. Un signal de sortie analogique est fourni via a deux entrées de sécurité sur le panneau avant, pour une utilisation avec des dispositifs d'acquisition de données.



Figure III.10: Pyranomètre manuel

- certaines propriétés de l'appareil ce consiste :
  - ✓ Type: Frederiksen, Pyranomètre à main, 4890.20
  - ✓ Dimensions: 172 x 108 x 58 mm.
  - ✓ Plage de mesure: 0-1999 W / m<sup>2</sup>.
  - ✓ Résolution: 1 W / m<sup>2</sup>.
  - ✓ Précision: +/- 5%.
  - ✓ Signal de sortie: 100 mV = 1000 W / m<sup>2</sup>.
  - ✓ Batterie: 1 batterie de 9 volts (35,100).

#### - Mesure des températures:

Thermocouple Type K 4 canaux Thermomètre numérique -200 ~ 1372 ° C-  
2501° F w. Caractéristiques de l'appareille:

- ✓ LCD avec rétro-éclairage.
- ✓ Entrée de thermocouple de type K.
- ✓ Entrée thermocouple double 4. Maintien maximum et maintien des données.
- ✓ Différence de température (T1-T4).
- ✓ Utilisateur sélectionnable ° C ou ° F ou K.
- ✓ Batterie: 9V DC (inclus).



Figure III.11: Capteur de thermocouple de type K.

**- Mesure de chute de pression:**

Les instruments Kimo, les émetteurs de classe 300 ont 2 sorties analogiques qui correspondent aux 2 premiers paramètres affichés. Vous pouvez activer 1 ou 2 sorties, et pour chaque sortie, vous pouvez choisir entre la pression, la température (sonde en option), la vitesse de l'air et le débit d'air (fonctions optionnelles),



Figure III.12: Classe Kimo 300

- Spécifications techniques de l'appareil de mesure:
  - ✓ Plage de 0 / + 10 Pa à -10 000 / + 10 000 Pa.
  - ✓ Alimentation: 24 Vac / Vdc  $\pm$  10%.
  - ✓ Consommation: 5 VA.
  - ✓ Température de fonctionnement: 0 à + 50 ° C.

- ✓ Température de stockage: -10 à + 70 ° C.
- ✓ Environnement: air et gaz neutres.

#### - Contrôle de la circulation d'air:

Un aspirateur mobile-1x - Aspirateur 1 KW- Poids 30 kg a été utilisé pour contrôler la circulation de l'air pendant l'expérience,(Figure. III.18).



Figure III.13: Aspirateur.

- Les caractéristiques de la machine:
  - ✓ Type de machine: filtre à air.
  - ✓ Fabricant: AB Electrostatique.
  - ✓ Modèle: MPF-803.

Dimensions hors tout: profondeur 84cm largeur 32.5cm hauteur 42.5cm

## Conclusion

Les méthodes expérimentales dépendent de la validité de l'hypothèse en testant des expériences répétées, l'accès à de nouvelles données qualitatives confirme ou élimine l'hypothèse précédente. L'expérience scientifique diffère des autres expériences au qu'elle nécessite d'être crédible. En appliquant un protocole d'essai qui permet de reproduire avec précision une expérience particulière, les outils de mesure sont également utilisés comme outils de référence en raison de leur haute précision de mesure. L'utilisation de ces capteurs est essentielle pour les mesures dans les applications météorologiques.

*Chapitre IV :*

*Résultat*

*Interprétation*

## IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre, représente l'explication les résultats des tests effectués sur le capteur solaire à voie unique. Ces essais ont pour but d'étudier l'effet de l'adjonction de chicane rectangulaires (figure III.14) sur l'efficacité thermique du complexe et les résultats des expériences obtenues à partir de 5 modes.

## IV.2. Résultats et interprétation

### IV.2.1. Rendement thermique :

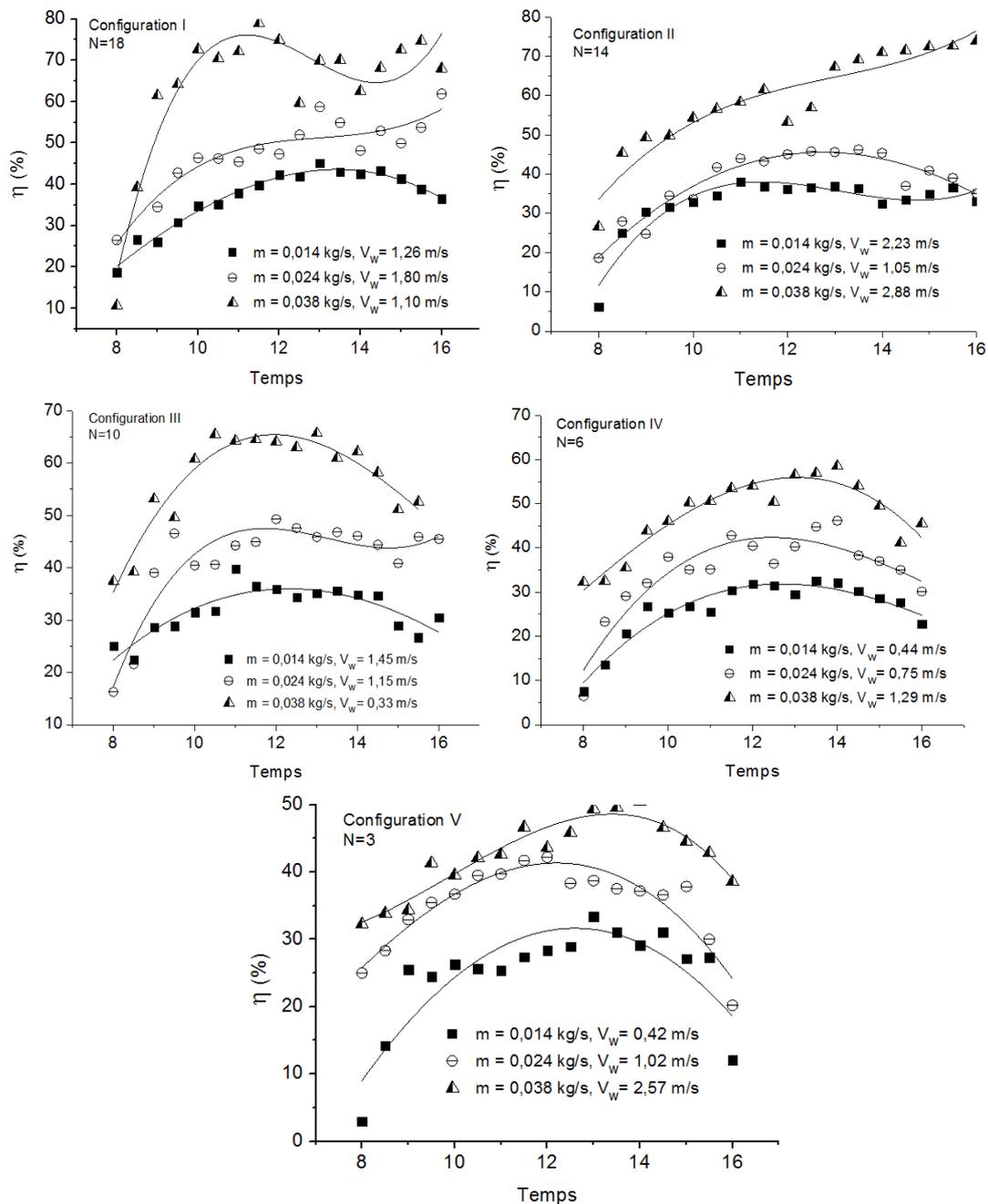


Figure IV.1: Evolution du rendement thermique pour différent débit massique.

La figure (IV.1.) montre l'évolution de rendement thermique en fonction du temps solaire vrais selon les trois différent débit massique est calculé à partir de l'équation (III.1). On observe que le rendement thermique augmente avec une augmentation du débit massique, cet effet est influé sur le performance du capteur solaire plan à air par de méthode remarquable. On visée qu'au midi solaire, le rendement thermique prend des valeurs maximale pour chaque débit massique utilisé, et contrairement pour lever et coucher solaire, ou le rendement thermique diminuer brusquement. Le nombre des chicanes jeux un rôle principale en performance du capteur solaire, dans ce cas on va cibler que les résultats expérimentaux donnent différent résultats selon la configuration utilisées. Pour la configuration 1, donne le préférable rendement thermique, ou le nombre de chicanes  $N = 18$  et le rendement  $\eta = 70\%$ , la seconde configuration,  $N = 14$ ,  $\eta = 65\%$ , le troisième configuration,  $N = 10$ ,  $\eta = 65\%$ , le quatrième configuration  $N = 6$ ,  $\eta = 58\%$ , et le dernier configuration  $N = 3$ ,  $\eta = 50\%$ , pour une faible débit massique on implique une faible rendement.

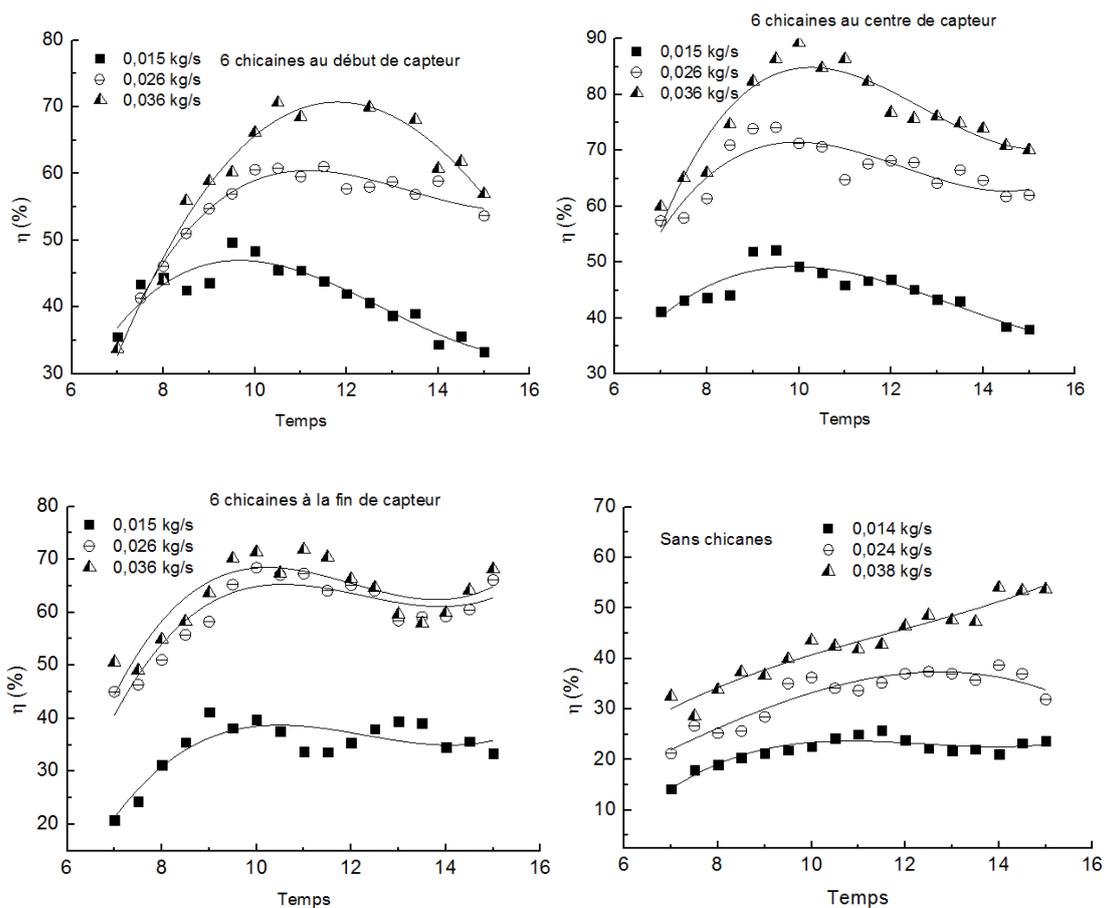


Figure IV.2.: Evolution du rendement thermique en correspond de Fares Grira [18].

La figure (IV.2.) montre la variation de rendement thermique en fonction de temps solaire vari, pour différent trois débit massique, les résultats Fares Grira, [18]. Dans ce cas, on doit faire la comparaison notre résultat avec les données de Fares Grira, mais on cible juste les nombre des chicanes  $N = 6$ .

D'après l'illustration des résultats obtenus sur la figure IV. 1, on va sélectionner la configuration 4, qui possède les nombres de chicanes  $N = 6$ , pour faire la comparaison avec les données de F. Grira. Alors les résultats expérimentaux ont donné le rendement  $\eta = 58\%$  selon la configuration 4, où la distribution des chicanes varie entre deux chicanes voisiné par la distance 10 cm, et la distance entre deux chicanes et deux autres chicanes est égale à 40 cm qui donne l'ensemble de chicanes  $N = 6$  à débit massique  $m = 0.036$  kg/s. Par rapport les résultats de F. Grira utilisés des trois configurations différentes mais qui ont le même nombre de chicanes. Fares Grira a distribué les chicanes voisinés entre eux, en ordre et fixé, il a déplacé ces 6 chicanes au début, au centre et à la fin du capteur. Il a constaté  $\eta = 70, 85, 72 \%$  respectivement l'ordre des configurations à la même débit massique.

On remarque que les configurations de F. Grira donnent le préférable rendement thermique par contre notre configuration.

#### IV.2.2. Perte de charge

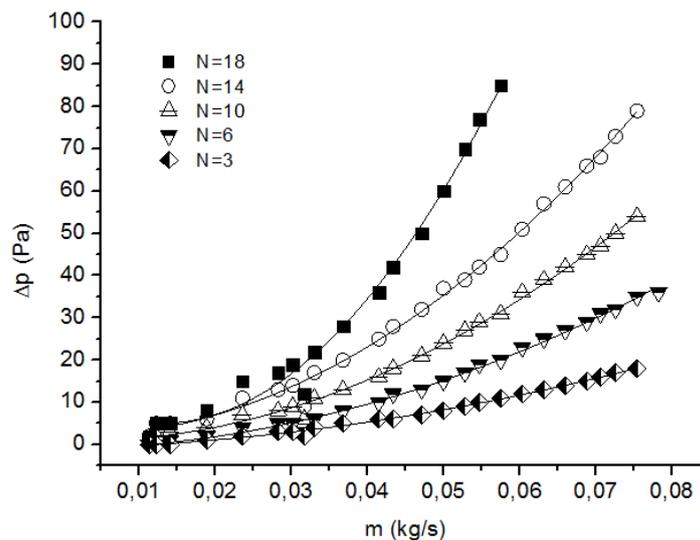


Figure IV.3: Variation de perte de charge correspondent le nombre de chicanes.

Le Figure IV.3 représente la variation de perte de charge en fonction de débit massique selon les cinq différentes de configuration. On remarque que l'évolution de

perte de charge sous forme exponentiel, qui est influencé par le nombre des chicane utilisées, ou  $N = 18$  donne le grande perte de charge et diminuer par diminution les autres nombre des chicane.

Le perte de charge est augmenté par l'augmentation de débit massique, on sélectionné le faible perte de charge suivant la configuration 5, qui atteint de valeur  $\Delta P = 15 \text{ Pa}$  à débit massique  $m = 0.075 \text{ kg/s}$ , et maximum perte de charge suivant la configuration 1, ou  $\Delta P = 90 \text{ Pa}$  à débit massique  $m = 0.055 \text{ kg/s}$ .

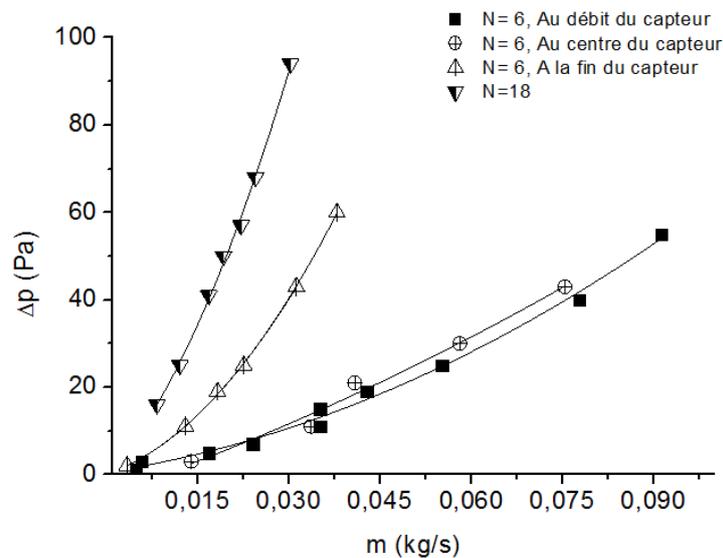


Figure IV.4: Variation de perte de charge selon la configuration de Fares Grira.

Figure IV.4 montre la variation de perte de charge correspondant les données de Fares Grira. On observe que le maximum perte de charge est suivant la configuration, ou le nombre de chicane  $N = 6$  situés à la fin du capteur soit  $\Delta P = 60 \text{ Pa}$  et  $m = 0.036 \text{ kg/s}$ , et minimum perte de charge estimé la configuration, ou les 6 chicane situées au débit du capteur soit  $\Delta P = 15 \text{ Pa}$  à débit massique  $m = 0.036 \text{ kg/s}$ , dans ce cas, on remarque que notre résultat donne le meilleur faible perte de charge, ou  $\Delta P = 8 \text{ Pa}$  par contre les données de Fares Grira (selon le nombre de chicane  $N = 6$ ).

### IV.2.3. Variation de la température du fluide caloporteur :

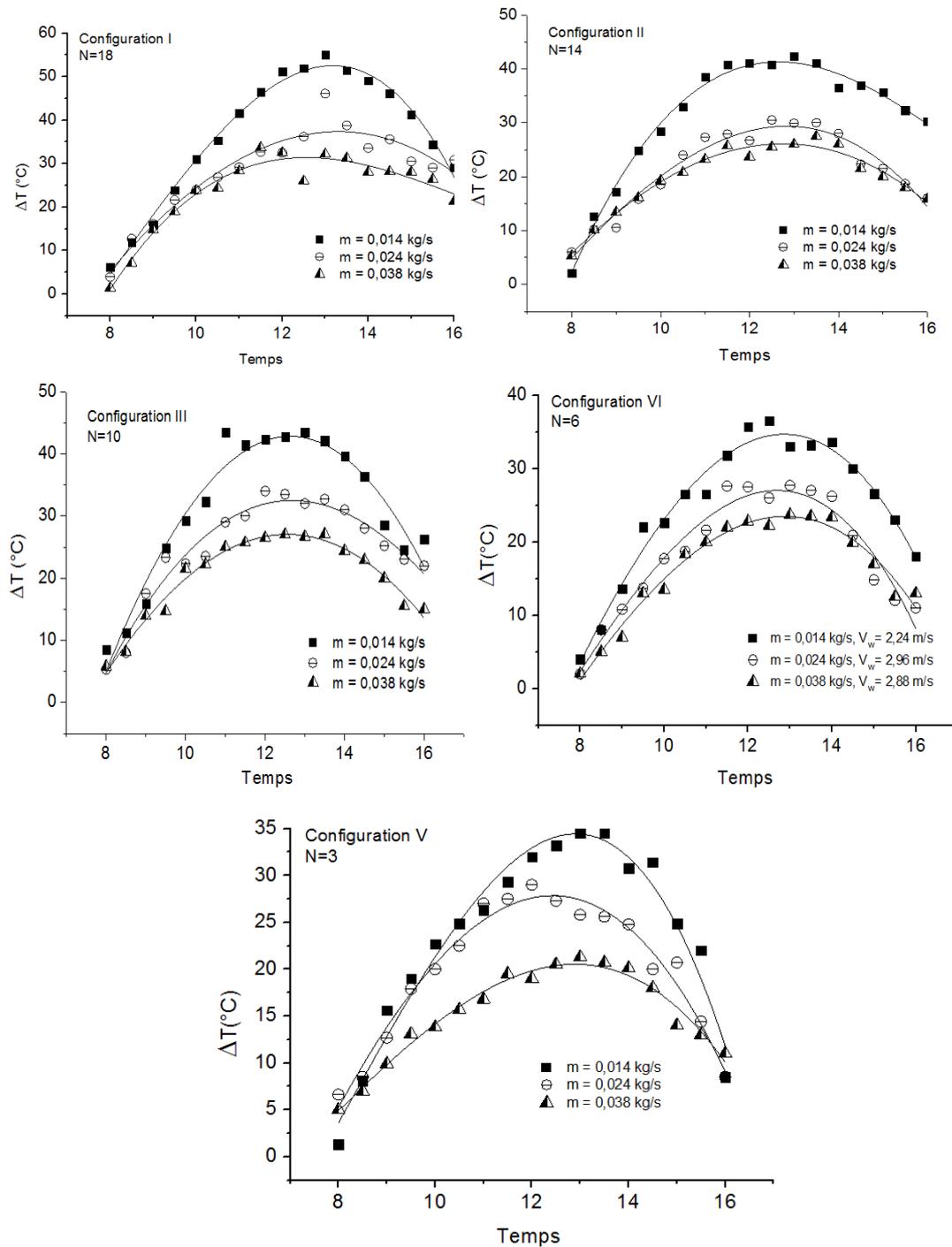


Figure IV.5: Ecart de la température du fluide caloporteur selon trois différent débit massique.

Figure IV.5 montre la variation de l'écart de la température en fonction du temps, selon les cinq différentes configurations. On remarque que le maximum écart de température suivant le midi solaire est selon la configuration 1, ou  $\Delta T = 55^{\circ}\text{C}$  et

est diminuée respectivement pour chaque configuration utilisée, quelque soit le débit massique.

L'évolution de l'écart de température diminue par la diminution de débit massique. Pour le débit massique  $m = 0.036 \text{ kg/s}$ , et au midi solaire, soit donne l'écart de température selon la configuration utilisée,  $\Delta T_1 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\Delta T_2 = 49 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\Delta T_3 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\Delta T_4 = 37 \text{ }^\circ\text{C}$  et  $\Delta T_5 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ , respectivement de la configuration utilisée.

On observe aussi que la configuration 5 a la même l'écart de la température, à celle sans chicane.

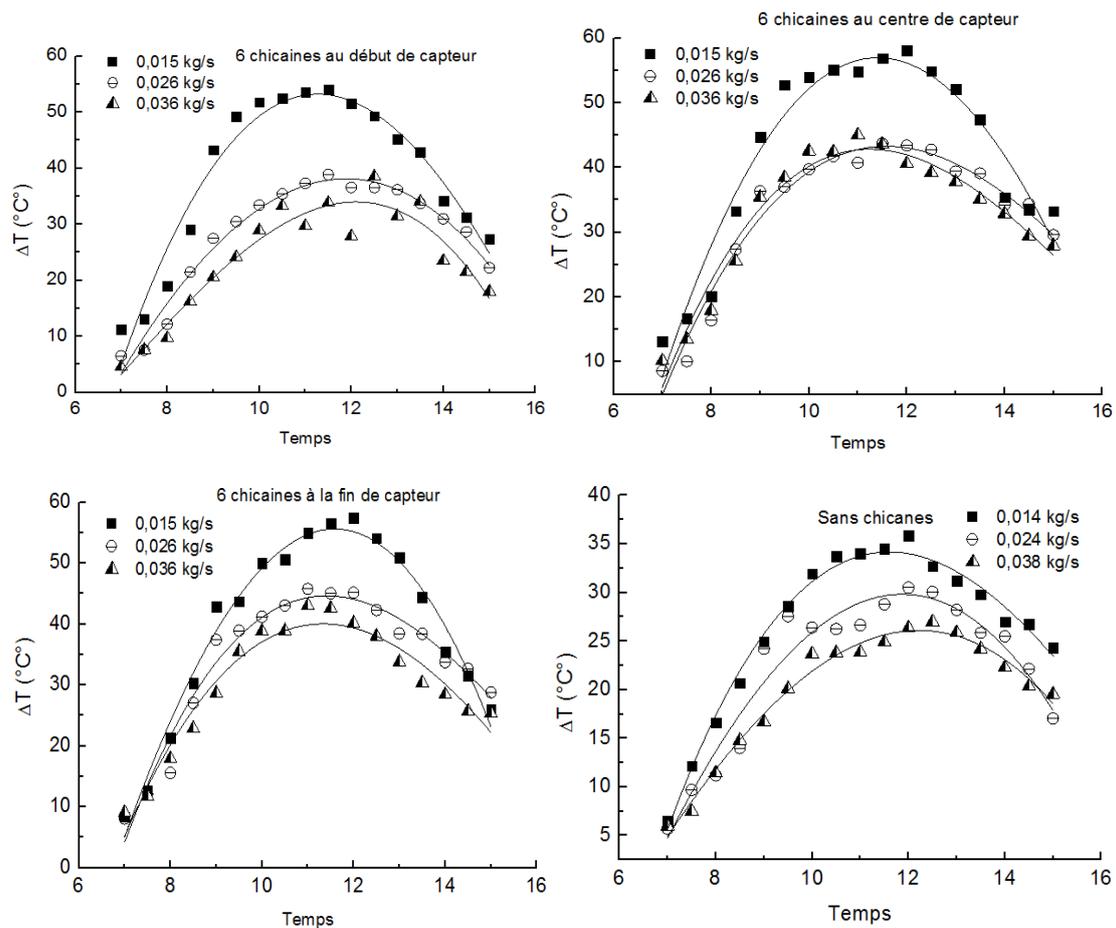


Figure IV.6: Ecart de la température du fluide caloporteur, de Fares Grira [18].

Figure IV.6, montre la variation de l'écart de température, correspondant les données de Fares Grira en fonction de temps et selon de débit massique. On remarque que le maximum l'écart de température est suivant la configuration ou les 6 chicanes situés au centre et à la fin du capteur ont même valeur, soit  $\Delta T = 57 \text{ }^\circ\text{C}$  selon le débit massique  $m = 0.036 \text{ kg/s}$ .

#### IV.4 : Température de sortie :

Figure IV.7, montre l'évolution de la température de sortie en fonction de temps, et selon les trois différents débits massique. On visée que la maximum température du sortie toujours est au midi solaire pour la configuration 1, configuration 2, configuration 3, configuration 4 et configuration 5, soit  $T_s = 80, 71, 70, 69,$  et  $65\text{ }^\circ\text{C}$ , respectivement à la même débit massique  $m = 0.036\text{ kg/s}$ .

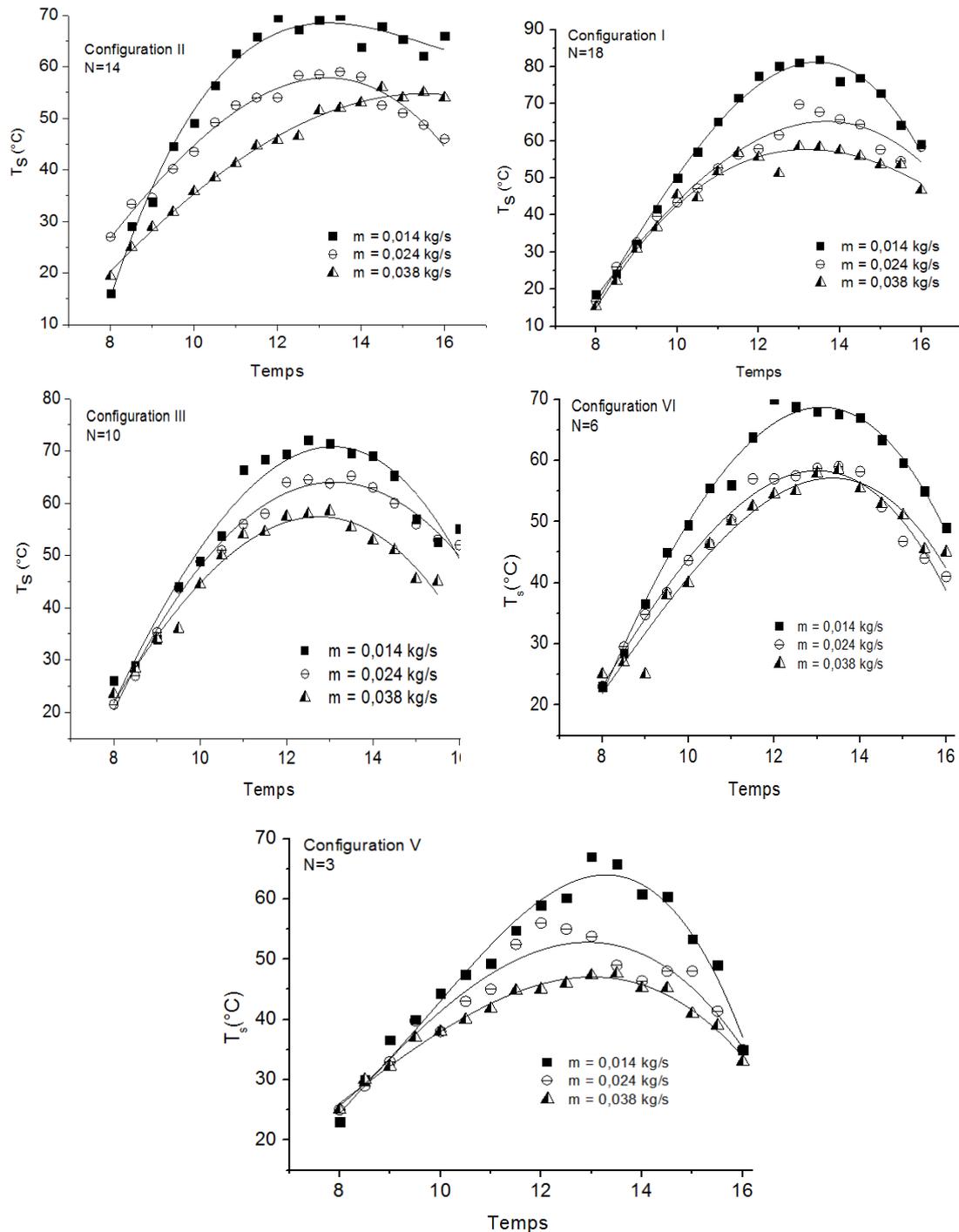


Figure. IV.7. Variation de température de sortie en fonction du temps.

Pour les données de Fares Grira qui a constaté la valeur de température de sortie suivant les configurations utilisées, voir Figure IV.8 concernant de 6 chicaines au début du capteur, soit  $T_s = 75^\circ\text{C}$ , au centre du capteur  $T_s = 80^\circ\text{C}$  et à la fin du capteur  $T_s = 80^\circ\text{C}$ . Pour le capteur solaire sans chicaines on constate que la température de sortie a presque à la même valeur de la configuration 5 à  $N=6$ .

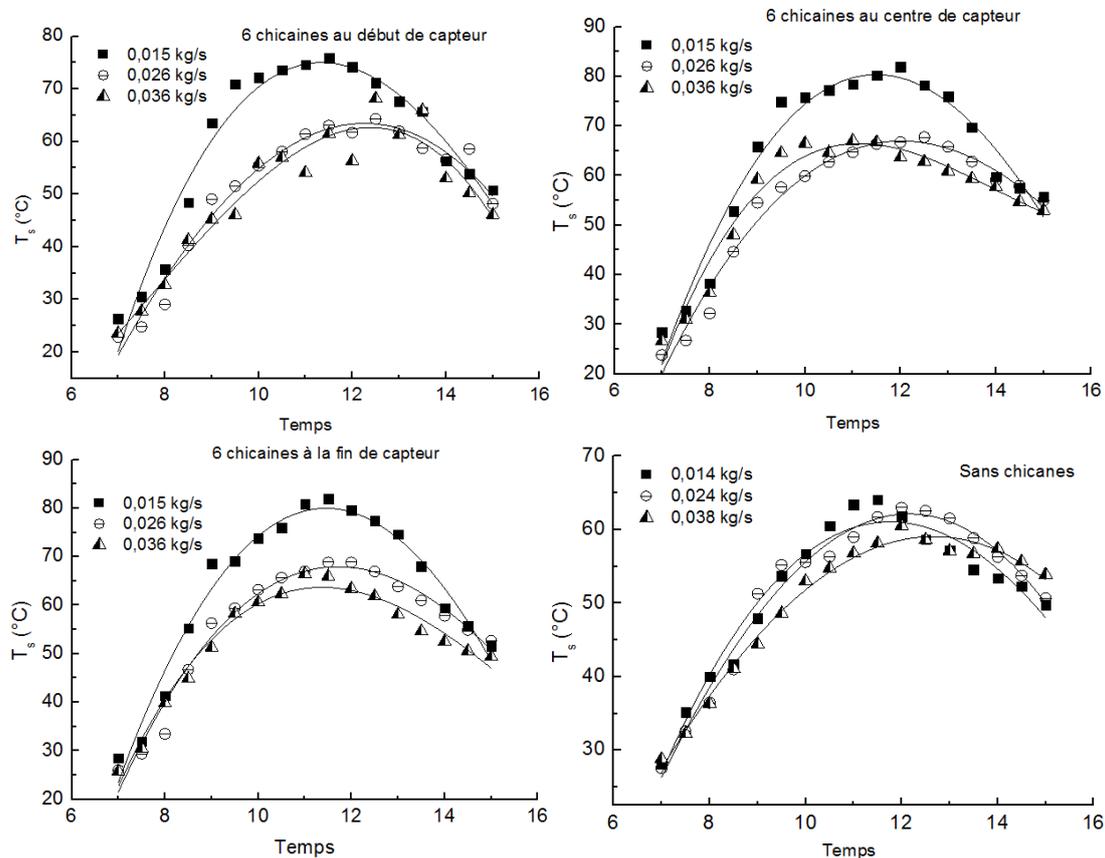
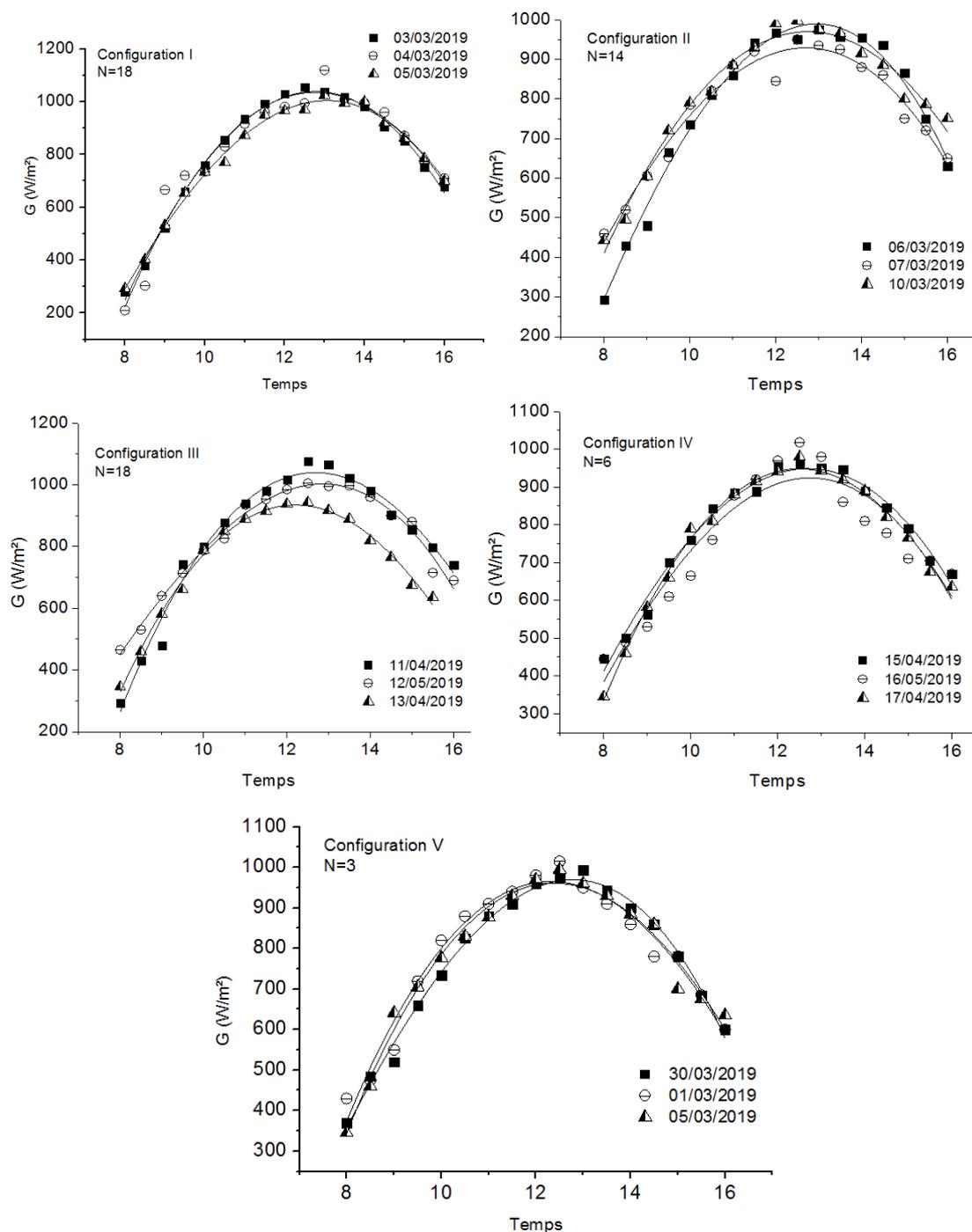


Figure. IV.8. Variation de température de sortie en fonction du temps [18].

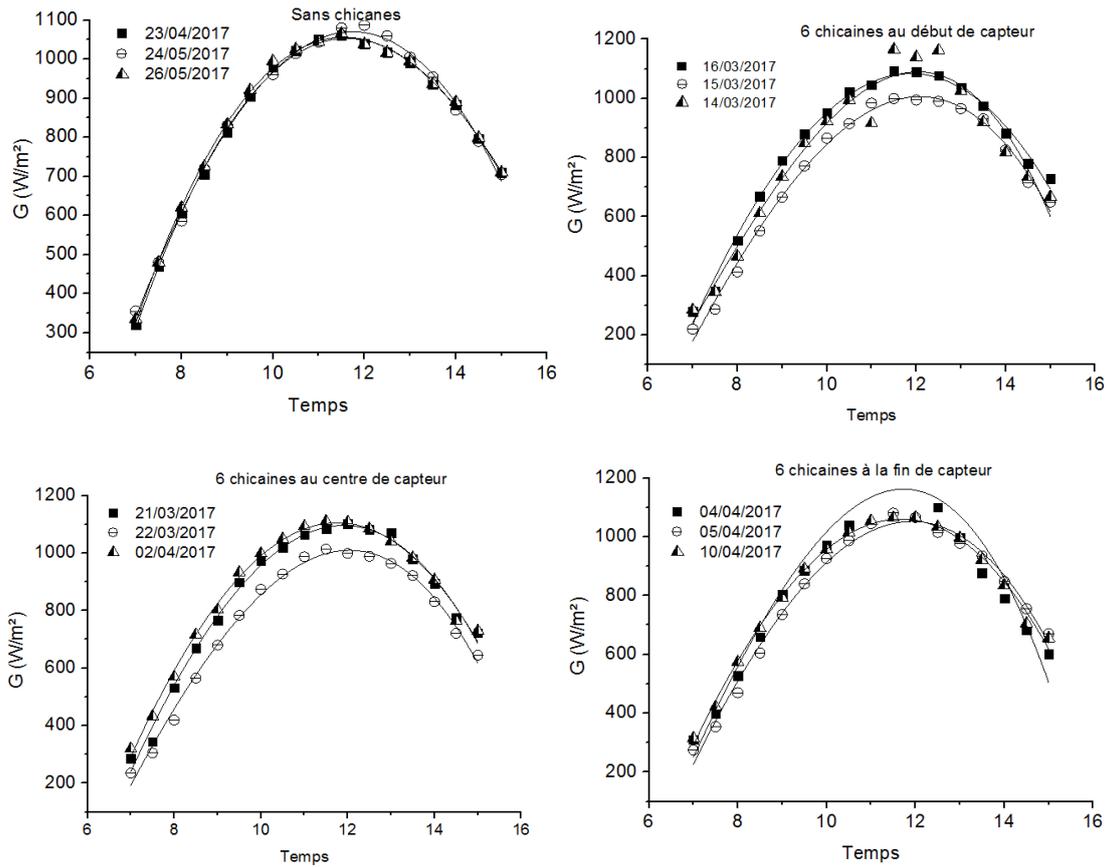
#### IV.5 : Rayonnement solaire:

Les figures IV.9 et IV 10 qui suivent présentent l'évolution de la variation du rayonnement solaire global en fonction de termes de temps selon les configurations des chicaines, en analysant les résultats présentés dans les figures. IV 9 et IV 10, on déduit que le rayonnement solaire commence par des valeurs assez faibles 350 à 450  $\text{W}/\text{m}^2$  au début de l'expérience vers 8h du matin et continue d'augmenter jusqu'à atteindre sa valeur supérieure vers 13h, une valeur de 1000 à 1100  $\text{W}/\text{m}^2$ , puisqu'il commence à diminuer pour atteindre une valeur comprise entre 600 et 700  $\text{W}/\text{m}^2$  à 16h, Dans le même caractéristique dans la figure IV.9. Les résultats sont pris pour un ciel clair durant toute l'expérience.

A remarquer également que le profil de variation du rayonnement solaire global suite une allure gussienne. La branche qui nous intéresse est celle du lever au coucher du soleil avec une amplitude qui correspond au rayonnement solaire maximale enregistré au milieu de la journée (midi solaire).



Figures. IV 9: Variation de rayonnement solaire en fonction du temps.



Figures. IV.10: Variation de rayonnement solaire en fonction du temps [18].

## Conclusion:

Après avoir comparé l'efficacité des cinq positions avec les chicanes, et ce qu'a trouvé Fares Grira de résultats, nous avons trouvé que la position des chicanes au milieu du capteur solaire et qui est représenté par la configuration 2 de Fares Grira est plus meilleure que la configuration 4 de nos expériences utilisées, mais nous étions les meilleurs dans notre expérience et plus précisément dans la configuration 4 en fonction de perte de charge.

Ce qui concerne l'amélioration du rendement dans nos cinq expériences, on conclut que le mode 2 est meilleur, même si le mode 1 est plus efficace que le mode 2, mais la perte de charge de mode 2 n'est pas comparable à la perte de charge du mode 1, nous concluons que l'installation des chicanes au milieu de la conduite est le meilleur mode pour notre capteur, avec la distance entre quatre chicanes et autres quatre restantes 0,2 m.

*Conclusion*

*Générale*

### Conclusion générale

Le travail représente une contribution efficace pour l'amélioration des performances d'un capteur solaire plan à air, ce qui a été réalisé et testé dans le hall technologique du département de génie mécanique de l'Université de Biskra.

L'amélioration des performances des capteurs solaires consistent à limiter les déperditions thermiques par convection et par rayonnement vers l'extérieur.

Cette étude est basée sur la comparaison des résultats obtenus dans l'expérience avec les résultats obtenus par Fares Grira [18] qui a fait les 4 premiers modes et a prouvé que la meilleure façon d'augmenter l'échange thermique et en obtenant de meilleures performances par adjonction de chicane dans la veines d'air mobile pour ce capteur.

Les résultats obtenus lors des essais montrent l'influence de l'ajout de chicane sur la performance du capteur. Les chicane sont placées l'angle d'inclinaison des tout les chicane  $90^\circ$ , même l'inclinaison des chicane de Fares Grira.

Les résultats montrent l'effet des chicane sur la plaque d'absorption, on conclut des résultats des configurations que non seulement ajouter des chicane augmente l'efficacité du capteur, mais aussi mettre un effet sur l'efficacité, nous avons prouvé que l'ajout des chicane crée de nouvelles turbulences.

Après avoir comparé l'efficacité des cinq positions avec les chicane, et ce qu'a trouvé Fares Grira de résultats, nous avons trouvé que la position des chicane au milieu du capteur solaire et qui est représenté par la configuration 2 de Fares Grira est plus meilleure que la configuration 4 de nos expériences utilisées, mais nous étions les meilleurs dans notre expérience et plus précisément dans la configuration 4 en fonction de perte de charge.

Ce qui concerne l'amélioration du rendement dans nos cinq expériences, on conclut que le mode 2 est meilleur, même si le mode 1 est plus efficace que le mode2, mais la perte de charge de mode2 n'est pas comparable à la perte de charge du mode1, nous concluons que l'installation des chicane au milieu de la conduite est le meilleur mode pour notre capteur, avec la distance entre quatre chicane et autres quatre restantes 0,2 m.

L'ajout des chicane est donc un facteur très important pour l'amélioration des performances d'un capteur solaire plan à air .En effet, leur rôle est double elles permettent rendre turbulent l'écoulement à proximité de la plaque chaude et aussi elles prolongent le parcours du fluide caloporteur.

## Références bibliographiques

- [1] **J. Bernard.** Energie solaire calculs et optimisation, Ellipse Edition Marketing. (2004).
- [2] **C. Vauge.** Introduction générale sur les différentes énergies renouvelables, Techniques de l'Ingénieur, B263. (1982).
- [3] **A. H. Khedim.** Energie solaire et son utilisation sous forme thermique et photovoltaïque, Centre de Publication Universitaire. (2003).
- [4] **Z. Sen.** Solar energy fundamentals and modeling techniques, Springer. (2008).
- [5] **R. Bernard; G. menguy; M. Schwartz.** Le rayonnement solaire, conversion thermique et applications, Technique et Documentation. (1979).
- [6] **J. A. Duffie; W. A. Beckman.** Solar engineering of thermal processes, John Wiley and Sons. (1980).
- [7] **Energies renouvelables:** "analyse des pertes thermiques», dspace.univ-tlemcen.dz
- [8] **'Rachid El Mokni','Néji AMAIMIA':**"Animateurs de la formation». chambre syndicale nationale des énergies renouvelables. Nt consulting.
- [9] **N.YAMANI,** « Simulation des Performances d'une Centrale à Tour. Etude Comparative de deux Configurations d'Absorbeurs » Master, UMBB, 2011.
- [10] **B. Grange:** « Modélisation et dimensionnement d'un récepteur solaire à air pressurisé pour le projet PEGASE », thèse de doctorat, Université de Perpignan, 2012.
- [11] **S. A. Klein,** Calculation of flat-plate collector loss coefficients, Solar Energy, vol. 17 1, pp. 79-80, 1975. [http://dx.doi.org/10.1016/0038-092X\(75\)90020-1](http://dx.doi.org/10.1016/0038-092X(75)90020-1)
- [12] **H. Rakotondramiarana, D. Morau, L. Adelard and J.-C. Gatina,** Modélisation du séchage solaire: application au séchage en couche mince des boues solides des stations d'épuration, 12ème journées internationales de thermique JITH, vol. pp. 2005.
- [13] **H. Amadou,** Modélisation du séchage solaire sous serre des boues de stations d'épuration urbaines, Strasbourg 1, 2007.
- [14] **K. Aoues, N. Moumami, M. Zellouf, A. Moumami, 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". Revue des Energies Renouvelables Vol. 12 N°2 (2009) 237 – 248.
- [15] **K. Aoues, N. Moumami, A. Moumami, M. Zellouf, A. Labed et E. Achouri.** "Etude de l'influence des rugosités artificielles sur les performances thermiques des capteurs solaires plans à air". Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°2 (2008) 219 – 227.
- [16] **A. Labed, N. Moumami, K. Aouès, M. Zellouf et A. Moumami.** "Etude théorique et expérimentale des performances d'un capteur solaire plan à air muni d'une nouvelle forme de rugosité artificielle". Revue des Energies Renouvelables Vol. 12 N°4 (2009) 551 – 561.

- [17] **H.Karoua**, "Etude des performances thermiques d'un capteur solaire avec effet de concentration de type Fresnel". Thèse de Magister. Université de Boumerdes.
- [18] **Fares Grira**, " Etude des performances d'un capteur solaire plan à air avec et son chicane", Mémoire de Master, Université de Biskra. (2017).
- [19] **Foued Chabane**, Nouredine Moumami, Said Benramache, Djamel Bensahal, and Okba Belahssen, "Collector Efficiency by Single Pass of Solar Air Heaters with and without Using Fins", Engineering Journal, pp. 44-53, July 2013
- [20] **HADID Mohamed Sadok** " Etude des performances d'un capteur solaire plan à air avec chicanes ", Mémoire de Master, Université de Biskra. (2018).
- [21] **Fakhreddine Abbassi, Leila Dehmani**, "Experimental and numerical study on thermal performance of an unvented Trombe wall associated with internal thermal fins" ,Energy and Buildings , pp. 119–128, (2015)
- [22] **F, Benyelles; B, Benabadjia; B, Benyoucef; Z, Zani**, "Comparaison entre un capteur à aérogel de silice et d'autres capteurs plans", 13emes Journées Internationales de Thermique. (2007).
- [23] **A. Zerrouki, B. Tedjiza et N. Said**, "Modélisation des Pertes Thermiques dans un Capteur Solaire à Air à deux Passes", Rev. Energ. Ren. Vol. 5, pp. 49-58, 2002.
- [24] **F. Mokhtari et D. Semmar**, "L'Influence de la Configuration de l'Absorbeur sur les Performances Thermiques d'un Capteur Solaire à Air", Centre de Développement des Energies Renouvelables, B.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger, Algérie Rev. Energ. Ren. : Journées de Thermique (2001) 159-162.

## Résumé

**Résumé :** Pour améliorer le transfert de chaleur entre l'absorption de fluide et de la plaque dans la chaleur du panneau solaire, nous avons adopté dans cette expérience sur le panneau solaire et en fonction de la réduction des pertes de chaleur d'une part et d'augmenter le rendement thermique et l'écart de la température d'autre part, en ajoutant forme des chicane rectangulaires perpendiculaires au courant d'essai de fluide. L'expérience est basée sur la comparaison de plusieurs modes, chaque mode ayant ses propres caractéristiques (nombre de chicanes et distance entre elles) qui reflètent les résultats obtenus dans l'expérience et montrent l'amélioration notable de l'efficacité thermique après l'ajout de chicanes, mais nous avons choisi le mode 2 en raison du manque de réduction de pression par rapport au mode 1. Ainsi, l'augmentation du nombre des chicanes n'est pas efficace en raison de l'augmentation des pertes de charge et maintient l'efficacité de la mode 1.

**Abstract:** To improve the heat transfer between the fluid absorption and the plate in the heat of the solar panel, we have adopted in this experiment on the solar panel and according to the reduction of the heat loss of a part and to increase the thermal efficiency and the difference in temperature of another part, during the elaboration of rectangular baffles perpendicular to the fluid test currents. The experiment is based on the comparison of several models, each model having particular characteristics, location and distance between them. The addition of chicanes. We chose mode 2 because of the lack of pressure reduction compared to Model 1. So, the increase in the number of obstacles is not effective due to the increase in the loads and efficiency of mode 1.

**ملخص** لتحسين الانتقال الحراري بين المائع و صفيحة الامتصاص في اللوح الشمسي الحراري , اعتمدنا في هذه التجربة على لوح شمسي و ذلك بالاعتماد على الحد من الفقدان الحراري من جهة و زيادة الكفاءة الحرارية والفرق في درجة الحرارة من جهة أخرى عن طريق إضافة حواجز مستطيلة الشكل عمودية على مجرى المائع , تعتمد التجربة على المقارنة بين عدة نماذج بحيث كل نموذج له خصائصه الخاصة ( عدد الحواجز والمسافة بينهما) , هذا العمل يعكس النتائج المتحصل عليها في التجربة و يظهر التحسن الملحوظ في الكفاءة الحرارية بعد إضافة الحواجز . النمط 1 و النمط 2 يقدمان أفضل كفاءة حرارية , لكن اخترنا النمط 2 و ذلك لنقص انخفاض الضغط مقارنة مع النمط 1 , وبالتالي فإن الزيادة في عدد العقبات ليست فعالة بسبب زيادة في الفقدان الحراري وتحتفظ بفعالية الوضع 1.

**Mots clés:** panneau solaire, efficacité thermique, écart de température, forme des chicanes