



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté de science et technologie
Génie Mécanique

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Mécanique Energétique

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :

Oubiri Nour El Islam

Le : [Click here to enter a date.](#)

Étude expérimentale d'un capteur solaire plan à air avec chicanes de forme rectangulaire

Jury :

Dr.	Bentrah hamza	MCA	Université de Biskra	Président
Pr.	Chebbah Mohamed Said	Pr	Université de Biskra	Examineur
Dr.	Foued Chabane	MCA	Université de Biskra	Rapporteur



DEDICACE

J'ai toujours pensé faire ou offrir quelque chose à mes parents en signe de reconnaissance pour tout ce qu'ils ont consenti comme efforts, rien que pour me voir réussir, et voilà, l'occasion est venue.

A ceux qui m'ont donné la vie, symbole de beauté, et de fierté, de sagesse et de patience.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et de mon courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance.

-Ã ma très chère mère.

-Ã mon très cher père.

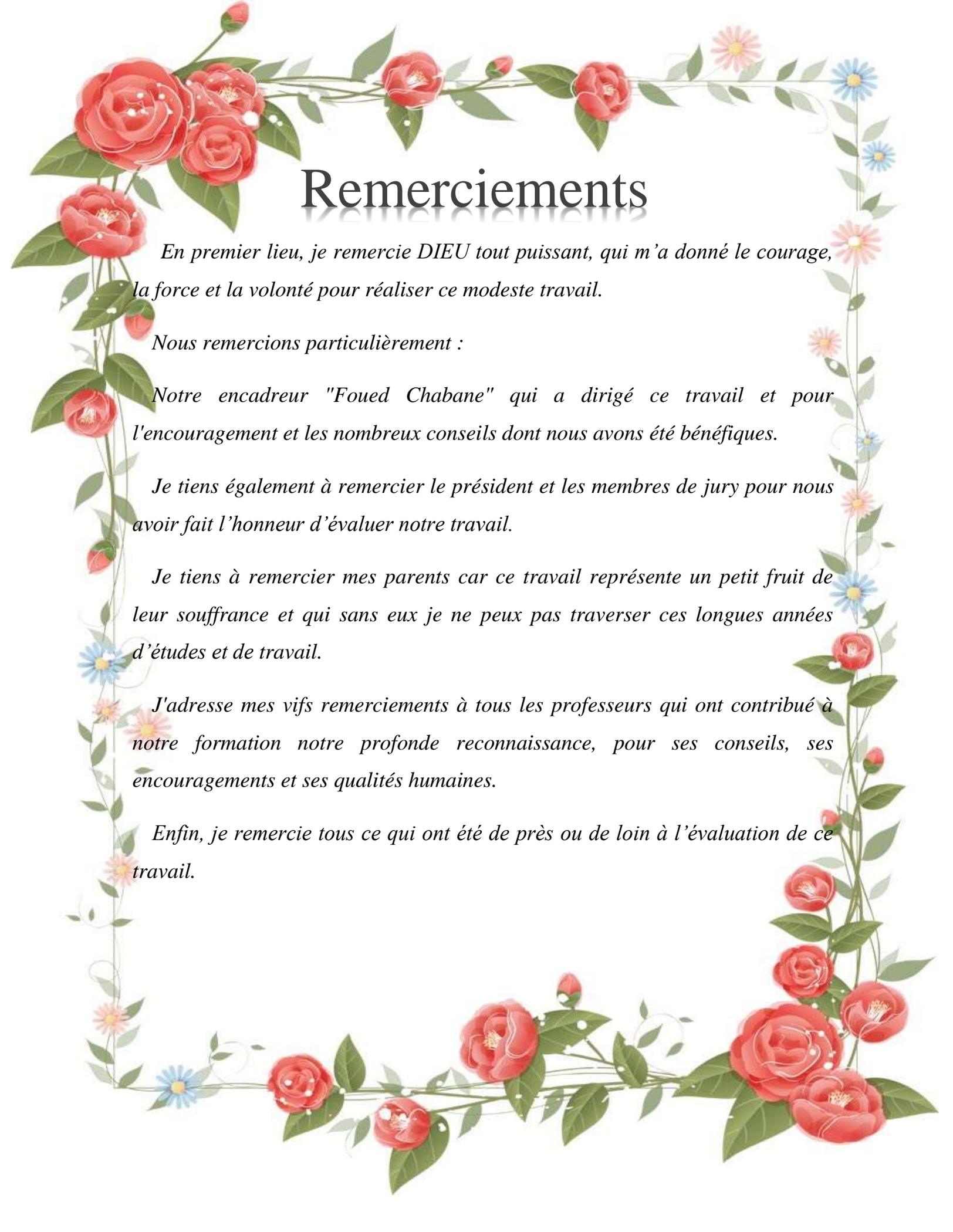
-Ã mes frères, pour leurs aides et leurs précieux conseils.

-Ã mes grands-pères et mes grandes mères.

-Ã toute ma famille OUBIRI et FEROUJ.

-Ã tous mes amis sur tout « Benhamed fathallah ; Hamlaoui Choayb ; Bessoltane Imane »

-Ã tous mes camarades de la promotion 2020 pour les bons moments passés ensemble.



Remerciements

En premier lieu, je remercie DIEU tout puissant, qui m'a donné le courage, la force et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Nous remercions particulièrement :

Notre encadreur "Foued Chabane" qui a dirigé ce travail et pour l'encouragement et les nombreux conseils dont nous avons été bénéfiques.

Je tiens également à remercier le président et les membres de jury pour nous avoir fait l'honneur d'évaluer notre travail.

Je tiens à remercier mes parents car ce travail représente un petit fruit de leur souffrance et qui sans eux je ne peux pas traverser ces longues années d'études et de travail.

J'adresse mes vifs remerciements à tous les professeurs qui ont contribué à notre formation notre profonde reconnaissance, pour ses conseils, ses encouragements et ses qualités humaines.

Enfin, je remercie tous ce qui ont été de près ou de loin à l'évaluation de ce travail.

Liste des unités

Symbole	Désignation	Unité
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
<i>hcv</i>	Coefficient d'échange thermique par convection	w/m ² °C
V _v	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
T _{ab}	Température de l'absorbeur	°C
L	Longueur du canal	m
Dh	Diamètre hydraulique	m
g	Accélération de pesanteur	m/s ²
I	Eclairement solaire	W/m ²
T	Température	°C
t	Temps	s
ρ	Masse volumique	Kg/m ³
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	$^{\circ}$
τ	Coefficient de transmission	-
α	Coefficient d'absorption	-
η	Rendement instantané	-

Liste des figures

Chapitre I : Gisement Solaire	
Figure I.1	Variation mensuelle de la constante solaire.....3
Figure I.2	Composantes du rayonnement solaire.....4
Figure I.3	La sphère céleste.....5
Figure I.4	Les coordonnées géographiques.....6
Figure I.5	Les coordonnées horaires.....6
Figure I.6	Coordonnées horizontales.....7
Figure I.7	Schéma descriptive8
Figure I.8	Les mouvements de la terre.....10
Figure I.9	Capteur à air.....11
Figure I.10	Processus dans un capteur solaire plan.....12
Figure I.11	principaux composants d'un capteur plan.....13
Figure I.12	Capteurs solaire a tube sous vide.....13
Figure I.13	Capteurs solaire a concenteration.....14
Figure I.14	Chauffages est climatisation des habitations.....14
Figure I.15	Séchage solaire.....15
Chapitre II : Etude Bibliographique	
Figure II.1	Disposition des chicane et géométrie de passage d'air.....17
Figure II.2	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)18
Figure II.3	Différents types des modes étudiées.....19
Figure II.4	Différents types des modes étudiées.....20
Figure II.5	Evolution du rendement thermique pour différente d'inclinaison des chicanes...20
Figure II.6	Différents types des modes étudiées.....21
Figure II.7	Section d'essai avec des dispositions de nervures ondulées.....22
Figure II.8	Variation du nombre de Nusselt Avec nombre de, Reynold.....23
Figure II.9	Variation de, Nu/Nu_0 avec Nombre de Reynolds.....23
Figure II.10	Variation du facteur de friction avec nombre de Reynold.....23
Figure II.11	Variation de $f_{0.5}$ avec nombre de Reynold.....23
Figure II.12	Air température différence ΔT vs. Irradiation.....24

Figure II.13	Influence de l'irradiance I sur l'efficacité thermique η du collecteur.....	25
Figure II.14	Géométrie du domaine informatique.....	25
Figure II.15	Champs d'écoulement (m / s) pour $Re \frac{1}{4} 100$	26
Figure II.16	Champs d'écoulement (m / s) pour $Re \frac{1}{4} 100$	26
Figure II.17	Champs thermiques pour $Re \frac{1}{4} 100$	27
Figure II.18	Vue picturale de la surface de l'absorbeur avec des chicanes en forme de delta courbées longitudinalement.....	27
Figure II.19	Comparaison des valeurs expérimentales et théoriques de Nu_0 pour lisse Canal....	28
Figure II.20	Comparaison des valeurs expérimentales et théoriques de f_0 pour lisse Canal.....	28
Figure II.21	Comparaison des formes différentielles et intégrales des modèles.....	29
Figure II.22	Disposition des nervures sur la plaque collectrice.....	30
Figure II.23	Comparaison de différence entre la température de l'entrée et sortie d'air pour TB-SAC et FP-SAC.....	31
Figure II.24	Variation des taux de destruction exigée pour TB-SAC et FP-SAC.....	31
Figure II.25	Les cas étudiés et leurs dimensions.....	32
Figure II.26	L'efficacité thermique estimée par rapport au nombre de Reynolds pour chaque configuration.....	33
Figure II.27	Conception des capter à aérogel de silice.....	34
Figure II.28	Schéma d'un élément du capteur.....	35
Figure II.29	Evolution des rapports (Fr/Fr_0) et (UL/UL_0)	35
Figure II.30	Représentation des trois configurations des capteurs.....	36
Figure II.31	Représentation des différentes températures de la plaque en convection naturelle	37
Figure II.32	Représentation des températures de sortie du fluide en convection forcée.....	38
Chapitre III : Etude Expérimentale		
Figure III.1	Banc d'essai.....	40
Figure III.2	Différents types des modes étudiées.....	41
Figure III.3	Dimensions des différents composants.....	44
Figure III.4	Coupe transversale du capteur avec des chicanes rectangulaires.....	44
Figure III.5	La forme des chicanes.....	45
Figure III.6	Coupe longitudinale du capteur avec répartition des chicanes dans tous les flux de capteur selon différentes configurations.....	45

Figure III.7	Schéma du capteur solaire et géométrie de passage (cas sans chicanes)	46
Figure III.8	Schéma du capteur solaire et géométrie de passage (cas avec chicanes).....	46
Figure III.9	Thermo-anémomètre à hélice.....	48
Figure III.10	Capteur de thermocouple de type K.....	49
Figure III.11	Pyranomètre Manuel.....	49
Figure III.12	Classe Kimo 300.....	50
Figure III.13	Aspirateur.....	51

Chapitre IV : Résultats et Interprétation

Figure IV.1	Evolution du rendement thermique pour différent débit massique.....	52
Figure IV.2	Evolution du rendement thermique pour différent débit massique.....	53
Figure IV.3	Evolution du rendement thermique en correspond de Farès Grira.....	54
Figure IV.4	Variation de perte de charge correspondent le nombre de chicanes.....	55
Figure IV.5	Variation de perte de charge correspondent le nombre de chicanes.....	56
Figure IV.6	Variation de perte de charge correspondent le nombre de chicanes.....	57
Figure IV.7	Variation de perte de charge selon la configuration de Farès Grira.....	58
Figure IV.8	Ecart de la température du fluide caloporteur selon trois différents débits massiques.....	59
Figure IV.9	Ecart de la température du fluide caloporteur selon trois différents débits massiques.....	60
Figure IV.10	Ecart de la température du fluide caloporteur, de Farès Grira.....	61
Figure IV.11	Variation de température de sortie en fonction du temps.....	62
Figure IV.12	Variation de température de sortie en fonction du temps.....	63
Figure IV.13	Variation de température de sortie en fonction du temps.....	64
Figure IV.14	Variation de rayonnement solaire en fonction du temps.....	65
Figure IV.15	Variation de rayonnement solaire en fonction du temps.....	66
Figure IV.16	Variation de rayonnement solaire en fonction du temps.....	67

Liste des tableaux

Chapitre I : Gisement Solaire	
Tableau I.1	Potentiel solaire en Algérie2
Tableau I.2	Numéro caractéristique du début de chaque mois9
Chapitre II : Etude Bibliographique	
Tableau II.1	Coefficients de pertes thermiques par l'avant du capteur, pour une épaisseur de 20mm d'aérogel de silice33
Chapitre III : Etude Expérimentale	
Tableau III.1	Dimension des constituant42
Tableau III.2	Caractéristiques thermo-physiques des composants43
Tableau III.3	Caractéristiques optiques des éléments de construction43
Tableau III.4	Caractéristiques dimensionnelles de chicanes pour différent configuration45

SOMMAIRE

Dédicace	
Remerciements	
Nomenclature	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Sommaire	
Introduction générale	

Chapitre I : Gisement solaire

I. Introduction.....	1
I.1. Le gisement solaire	1
I.2. Le gisement solaire en Algérie.....	1
I.3. Carte de gisement solaire en Algérie	2
I.4. Soleil.....	2
I.4.1. Constante solaire.....	3
I.5. Rayonnement solaire.....	3
I.5.1. Composantes du rayonnement solaire	3
I.6. La sphère céleste.....	4
I.7. Les coordonnées célestes.....	5
I.7.1. Les coordonnées géographiques.....	5
I.7.2. Les coordonnées horaires.....	6
I.7.3. Les coordonnées horizontales.....	7
I.8. L'albédo.....	8
I.9. Le temps	8
I.10. Mouvement de la terre	10
I.11. Capteurs solaires à air.....	11
I.11.1. Capteurs solaire thermiques.....	11
I.11.1.1. Principe :	11
I.11.1.2. Classification des capteurs thermiques	12
I.12. Applications des capteurs solaires plans à air.....	14
I.12.1 Chauffages et climatisation des habitations.....	14
I.12.2. Séchage.....	15

I.12.3. Production de l'énergie mécanique.....	15
I.13. Conclusion.....	16

CHAPITRE II : Etude bibliographique

II.1. Introduction.....	17
II.2. Amélioration des performances des capteurs solaires plans à air.....	17
II.3. Minimisation des pertes thermiques.....	33
II.4. Influence de la configuration de l'absorbeur sur les performances thermiques d'un capteur solaire à	36
II.5. Conclusion.....	38

Chapitre III : Etude expérimentale

III.1 Introduction	39
III.2. Dispositif expérimental.....	40
III.2.1. Description du banc d'essai.....	40
III.2.2. Caractéristiques techniques.....	42
III.3. Détermination expérimentale de la surface du capteur.....	47
III.4. Instrumentation et appareillage utilise.....	47
III.5. Conclusion.....	51

Chapitre IV : Résultats et interprétation

IV.1. Introduction.....	52
IV.2. Résultats et interprétations.....	52
IV.2.1. Rendement thermique.....	52
IV.2.2. Perte de charge.....	55
IV.2.3. Variation de la température du fluide caloporteur.....	59
IV.4. Température de sortie.....	62
IV.5. Rayonnement solaire.....	65
IV.6. Conclusion.....	68

Conclusion générale.

Référence bibliographie.

Introduction générale

Selon l'importance des panneaux solaires dans plusieurs domaines, Nous s'intéressons d'étudier leurs performances thermiques.

Dans ce travail, On effectue une étude sur 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 la plaque d'écoulement inférieur.

Le but de ce travail est cherché la meilleure méthode pour augmenter l'échange thermique et une meilleure efficacité thermique par adjonction de chicanes dans la vaines d'air mobile.

Nous commençons notre travail dans le premier chapitre avec une généralité sur le gisement solaire dans le monde, et une description d'un capteur solaire plans à air.

Dans le deuxième chapitre, Nous intéressons de présenter une synthèse bibliographique sur l'amélioration des performances sur les capteurs solaires plans. Le troisième chapitre est consacré à une étude descriptive du banc d'essai, les configurations des chicanes étudiées, ainsi que de l'appareillage de mesure employé et le dernier chapitre est l'étude comparative entre les modes du capteur solaire plan à air.

CHAPITRE

I :

**Le gisement
solaire**

I. Introduction

Dans ce chapitre, on va citer quelques généralités de gisement solaire. Premièrement, on introduira quelques définitions et concepts basiques (soleil, rayonnement, temps et terre). Ensuite, des équations mathématiques et des coordonnées qu'on va les utiliser dans la suite. Enfin, un petit résumé sur les capteurs et ses utiles fonctions dans la vie quotidienne.

I.1. Le gisement solaire

Dans le lexique des énergies-renouvelables le gisement est le lieu de concentration naturelle de matières minérales solides, liquides ou gazeuses. (UCL, 2016).

On peut dire que le gisement solaire est le lieu de concentration du rayonnement solaire incident à un milieu urbain.

Selon **A. Mefti et al (2002)**, Le gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible au cours d'une période donnée. Son évolution peut se faire à partir des données de l'irradiation solaire globale. Elle est utilisée pour simuler le fonctionnement probable d'un système énergétique solaire et donc faire le dimensionnement le plus exact possible compte tenu des demandes à satisfaire.

Le gisement solaire diffère selon la région, et dépend de plusieurs paramètres d'après **A. Mefti et al (2002)** la densité des stations pour lesquelles on a des données ; le nombre d'années de mesures disponibles ; le pas de temps des données (mois, jour, heure) ainsi que la nature des données : durée d'ensoleillement, composante directe et diffuse et globale du rayonnement solaire, albédo du sol etc... [1].

I.2. Le gisement solaire en Algérie

Le gisement solaire désigne l'ensemble des caractéristiques de la ressource locale en énergie solaire et ses fluctuations en fonction du temps l'Energie solaire est fluctuante et instantanée. L'Algérie de part sa situation géographique (entre le 19^{ème} et le 38^{ème} parallèle nord), constitue sur le globe terrestre une zone particulièrement bien ensoleillée.

La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (haute plateaux et Sahara). L'Energie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1m² est de l'ordre de 5kWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 kW/m²/ans au nord et 2263kwh/m²/ans au sud du pays.

Ce gisement solaire dépasse les 5 milliards de GWh ; répartie suivant les régions comme le montre le tableau suivant.

Régions	Région côtière	Hauts plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moyenne d'ensoleillement (Heures/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (kWh/m ² /an)	1700	1900	2650

Tableau I.1 : Potentiel solaire en Algérie [2].

I.3. Carte de 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.

Probable d'un système énergétique solaire et donc faire un dimensionnement le plus exact possible.

L'exactitude de la caractérisation du gisement solaire d'une région plus ou moins précise et dépend :

- ✓ De la densité des stations pour rechercher sur une des données.
- ✓ Du nombre d'années de mesures disponibles.
- ✓ Du pas de temps des données (moins, jour, heure).
- ✓ De la nature des données : durée d'ensoleillement, composant direct et diffus et global du rayonnement solaire, albédo du sol etc. ... [2].

I.4. Soleil

Le soleil est la plus proche étoile de la terre, sa lumière prend environ 8 mn à nous atteindre. L'astre soleil est de constitution gazeuse, de forme sphérique de 14×10^5 km de diamètre, sa masse est de l'ordre de 2×10^{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 4×10^{26} w, Seule une partie est interceptée par la terre, elle est de l'ordre de 1.7×10^{17} W. Elle nous parvient essentiellement sous forme d'ondes électromagnétiques ; 30% de cette puissance est réfléchi vers l'espace, 47% est absorbée et 23% est utilisée comme source d'énergie pour le cycle d'évaporation précipitation de l'atmosphère [3].

I.4.1. Constante solaire

La valeur du rayonnement solaire " C I ", 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 "I₀" appelée constante solaire est de l'ordre de 1354 W.m⁻². En première approximation, on peut calculer la valeur de " C I " en fonction du numéro du jour de l'année "nj" par la relation suivante [3] :

$$I_c = I_0[1 + 0,33.\cos(0,984.nj)] \quad (\text{I-1})$$

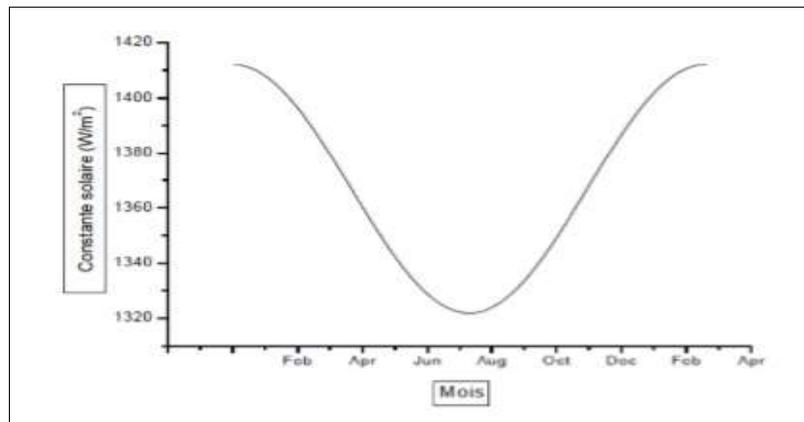


Figure I.1 : Variation mensuelle de la constante solaire [8].

I.5. Rayonnement solaire

Le rayonnement arrivant au sol dépend de la réflectance de la surface terrestre et des effets de l'atmosphère qui interviennent dans le double trajet (soleil-terre et terre-satellite) que fait le rayonnement à travers l'atmosphère. Pour connaître l'énergie reçue à un site donné, il est nécessaire de repérer ce site sur la surface terrestre, de connaître la position et la trajectoire du soleil dans la voûte céleste et les mouvements de la terre autour du soleil [4].

I.5.1. Composantes du rayonnement solaire

À la surface de la terre, on observe non seulement **le rayonnement solaire direct** mais aussi **le rayonnement diffus** par l'atmosphère, puis par les corps terrestres, sol, plantes, bâtiments, et autres. On distingue de ces deux rayonnements qui constituent **le rayonnement global** dont une partie est réfléchi par la surface et l'autre absorbée.

Ce rayonnement absorbé réchauffe le sol et devient une source pour l'atmosphère. La somme de toutes les formes de rayonnement s'appelle **rayonnement net**. (A. Lié bard, A. De Herde, 2005, A. Ricaud, 2011) [1].

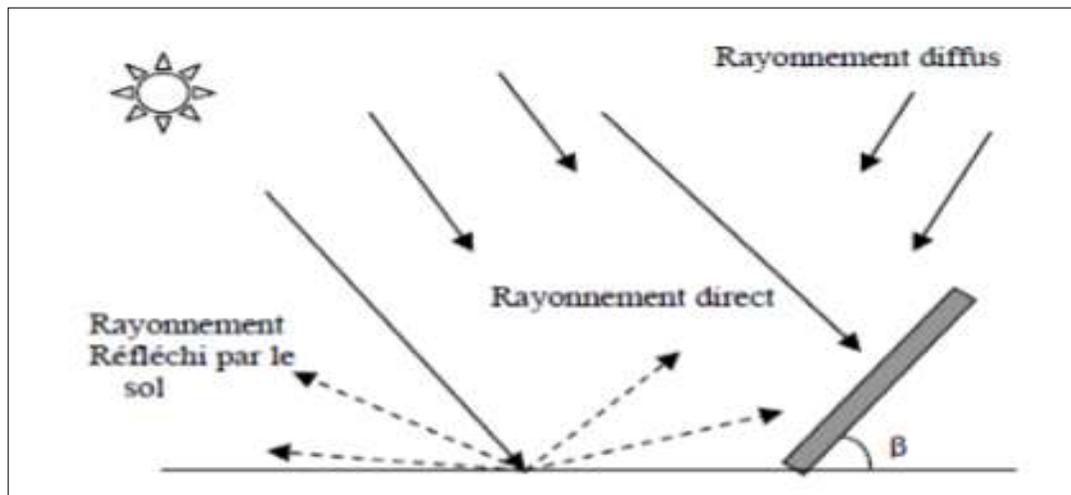


Figure I.2 : Composantes du rayonnement solaire [1].

✓ **Rayonnement direct :**

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

✓ **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.

✓ **Rayonnement global :**

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

I.6. La sphère céleste

La sphère céleste est une sphère fictive d'un diamètre immense, qui a pour centre la Terre, et comme rayon la distance (terre-soleil). On admet que tous les objets visibles dans le ciel se situent 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-3) [5].

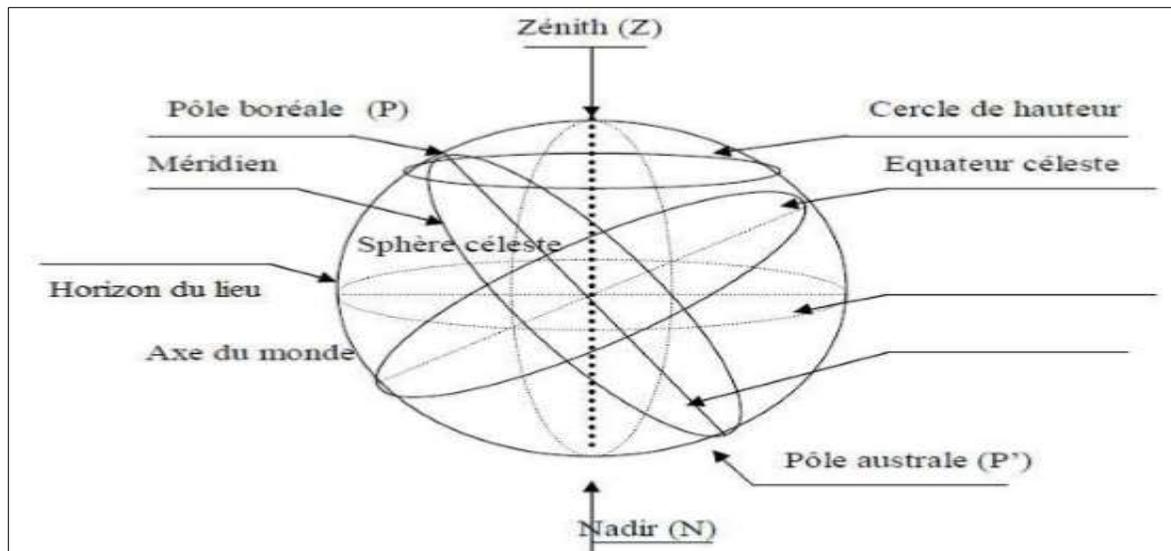


Figure I.3 : La sphère céleste [6].

La direction des objets peut être évaluée de façon précise à l'aide d'un système de coordonnées célestes, qu'on fera l'objet de définir dans ce qui suit.

I.7. Les coordonnées célestes

I.7.1. Les coordonnées géographiques

Ce sont les coordonnées angulaires qui permettent le repérage d'un point sur la terre (figure I.4) [6].

✓ La longitude (L) :

C'est l'éloignement par rapport au méridien de Greenwich, mesuré en degré. Elle est comptée positivement vers l'est et négativement vers l'ouest, à partir du méridien Greenwich.

✓ La latitude (Φ) :

C'est l'éloignement d'un point sur la surface de la terre par rapport à l'équateur, mesuré en degré (mesurée à partir du centre de la terre), permettent de repérer la distance angulaire d'un point quelconque à l'équateur. Elle varie de 0° à 90° dans l'hémisphère nord et de 0° à -90° dans l'hémisphère sud.

✓ L'altitude (Z) :

C'est l'altitude d'un point correspondant à la distance verticale entre ce point et une surface de référence théorique (le niveau de la mer = 0), elle est exprimée en mètre.

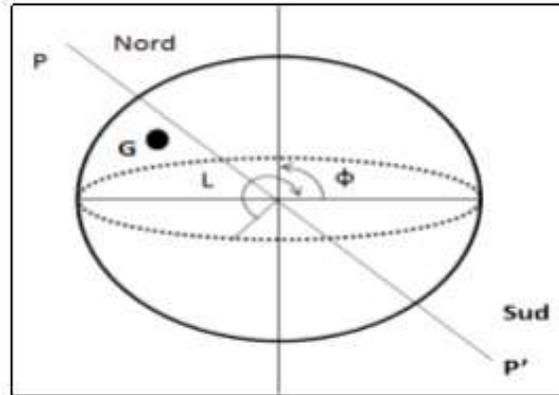


Figure I.4 : Les coordonnées géographiques [7].

I.7.2. Les coordonnées horaires

✓ La déclinaison (δ)

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 s'obtient à partir de la formule suivante [6] :

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{284 + nj}{365} \times 360 \right] [\text{Degrè}] \quad (\text{I-2})$$

Où :

nj : Le numéro du jour dans l'année compté à partir du 1er Janvier.

✓ L'angle horaire (ω) :

Il est déterminé par la rotation régulière de la terre autour de son axe. Il est compté Positivement dans le sens rétrograde de 0° à 360° (figure I.5).

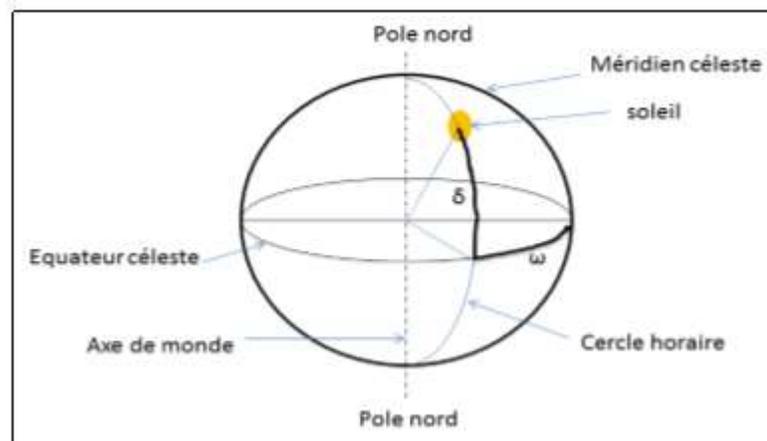


Figure I.5 : Les coordonnées horaires [7].

I.7.3. Les coordonnées horizontales

Le repérage du soleil se fait par l'intermédiaire de deux angles :

✓ **L'azimut solaire (a) :**

Est l'angle mesuré dans le sens des aiguilles d'une montre entre le point cardinal Sud (dans l'hémisphère nord) ou Nord (dans l'hémisphère sud) et la projection sur le plan horizontal local de la droite reliant la terre au soleil. Il est compté de 0° à 360° d'ouest en est, ou de 0° à 180° à partir du sud vers l'ouest. Note : l'azimut solaire est négatif le matin (direction Est), nul ou égal à 180° à midi et positif l'après-midi (direction Ouest), sur tout le globe. Il diffère de l'azimut géographique, lequel est toujours mesuré dans le sens des aiguilles d'une montre à partir du Nord, indépendamment de l'hémisphère du point d'observation.

✓ **La hauteur (h) :**

C'est l'angle que fait la direction du soleil avec sa projection. Il est compté de 0° à 90° vers le zénith et de 0° à -90° vers le nadir, On appelle quelquefois distance zénithale le complément de l'angle h : $z + h = 90^\circ$ (figure I.6).

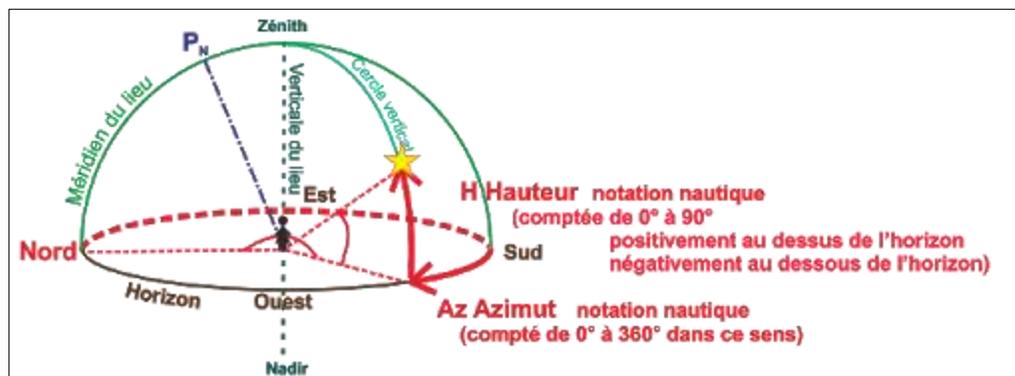


Figure I.6 : Coordonnées horizontales [7].

L'équation de passage des coordonnées horizontales aux coordonnées horaires est [6] :

$$\sin(\delta) \times \cos(h) = \cos(\delta) \times \sin(\omega) \quad (\text{I-3})$$

$$\cos(\delta) \times \cos(h) = \cos(\delta) \times \cos(\omega) \times \sin(\Phi) - \cos(\Phi) \times \sin(\delta) \quad (\text{I-4})$$

$$\sin(h) = \cos(\Phi) \times \cos(\delta) \times \cos(\omega) + \sin(\Phi) \times \sin(\delta) \quad (\text{I-5})$$

I.8. 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).

$$ALB = \frac{\text{énergie réfléchie}}{\text{énergie reçue}} \quad (\text{I-6})$$

Ainsi pour un corps noir parfait, l'albédo est nul [8].

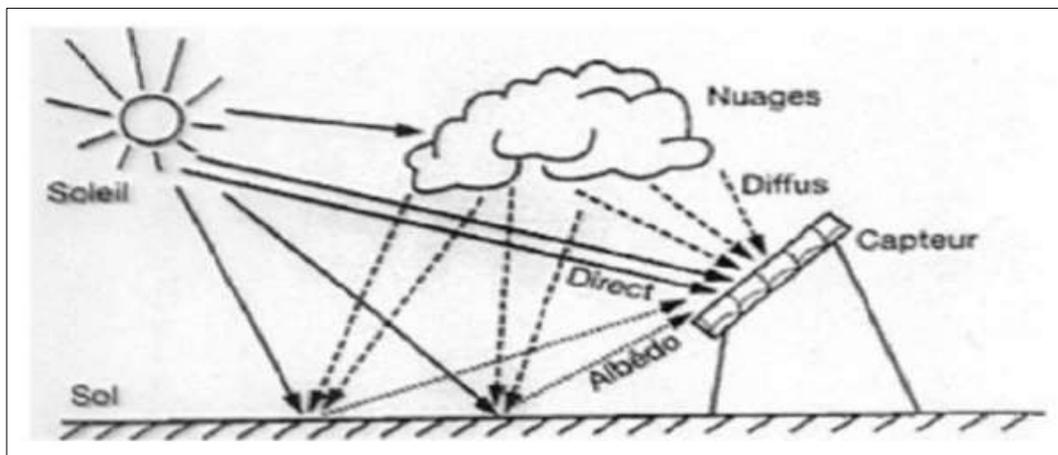


Figure (I.7) : Schéma descriptive [8].

I.9. Le temps

La terre subit deux types de déplacement : la rotation de la terre autour de l'axe des pôles et sa révolution autour du soleil. Le mouvement de la terre sur elle-même définit la notion de journée solaire. Une rotation complète s'effectue en 24 heures. Elle amène ainsi la définition du temps, puisque chaque heure correspond à un écart angulaire de 15° . La rotation de la terre autour du soleil définit les saisons et amène à distinguer le temps solaire vrai [4].

✓ Le temps universel (TU) :

C'est le temps solaire moyen du méridien de Greenwich GMT (Greenwich Mean Time) qui est le méridien central du fuseau horaire.

Pour en déduire le temps légal ou local (TL), il convient d'ajouter au temps universel le décalage du fuseau horaire.

$$TL = TU + \text{décalage} \quad (\text{I-7})$$

✓ **Le temps solaire moyen (TSM) :**

Il se déduit de l'équation suivante :

$$TSM = TU + \frac{\varphi}{15} \quad (\text{I-8})$$

Avec **TSM** en heure.

✓ **Le temps solaire vrai (TSV) :**

C'est le temps défini par les coordonnées angulaires vraies du soleil.

$$TSV = TSM + Et \quad (\text{I-9})$$

Où **Et** est l'équation du temps.

✓ **Equation du temps :**

Le temps **Et** varie de -14.5 minutes (du 10 au 15 Février) à +16.5 minutes (du 25 au 30 Octobre).

Une bonne approximation du temps **Et** est donnée par l'équation suivante :

$$Et = 9,9.\sin[2(0,986j + 100)] - 7,7.\sin(0.986 - 2) \quad (\text{I-10})$$

Où **Et** est exprimé en minutes et **j** est le numéro du jour dans l'année à partir du 1er Janvier.

✓ **Numéro du jour de l'année j :**

Le calcul du numéro du jour dans l'année consiste à ajouter le numéro du jour dans le mois (quantième) au numéro caractéristique de chaque mois.

J varie de 1 (1er janvier) à 365 (31 décembre) ou 366 pour une année bissextile. Le tableau ci-dessous donne les numéros caractéristiques de chaque mois.

Moins	J	F	M	AV	M	J	Jt	At	S	O	N	D
Numéro caractéristique de chaque mois	0	31	59	90	120	151	181	212	243	273	304	334

Tableau I.2 : Numéro caractéristique du début de chaque mois [3].

I.10. 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.

C'est au solstice d'hiver (21 décembre) que la terre est la plus proche 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 éloignée, 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.

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 $23^{\circ}27'$ [9].

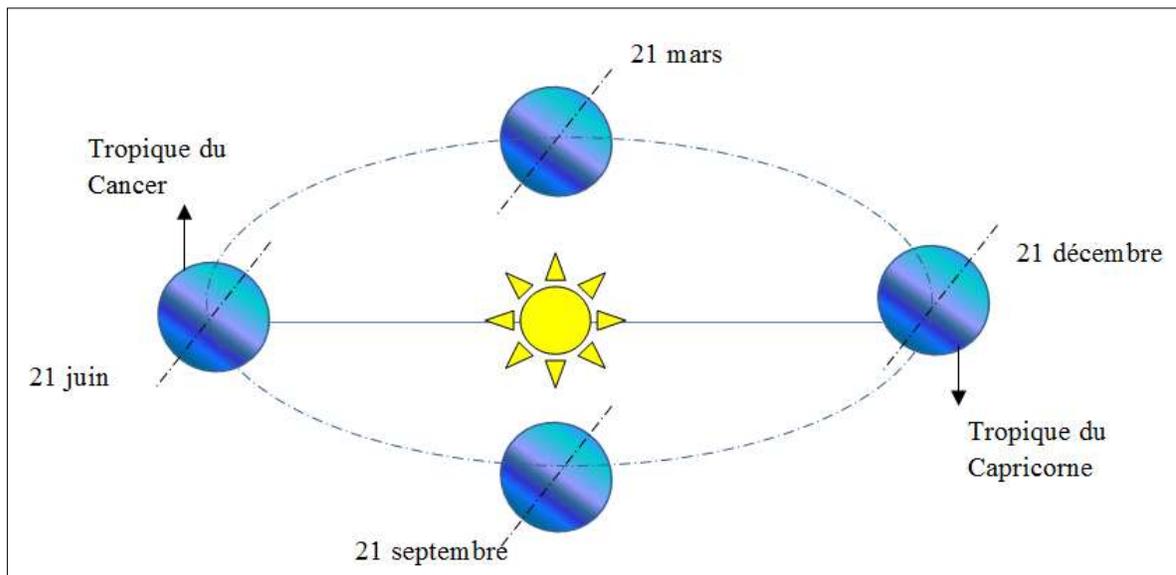


Figure I.8 : Les mouvements de la terre [9].

I.11. Capteurs solaires à air

Contrairement au capteur à eau où le fluide passe dans les tuyaux, le conduit d'air est en générale formé par l'espace situé entre la couverture et l'absorbeur.

De même que pour le capteur à eau, l'écoulement peut être forcé ou naturel. Le coefficient de transfert de chaleur de l'air est approximativement de deux ordres de grandeurs plus faible que celui de l'eau [10].

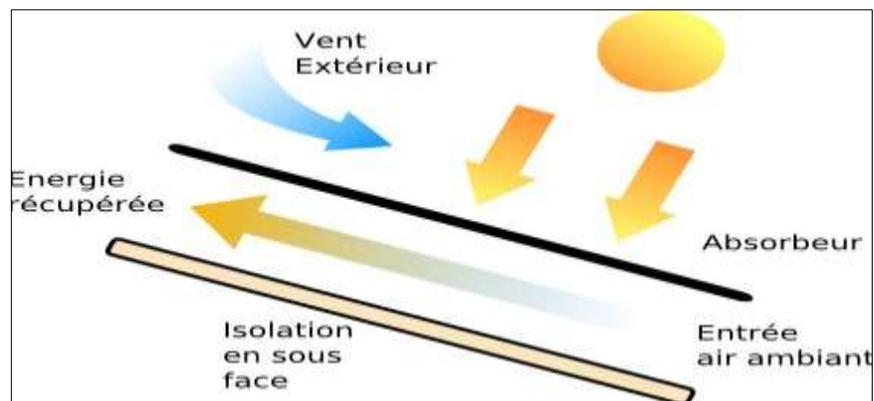


Figure I.9 : Capteur à air [10].

I.11.1. Capteurs solaire thermiques

L'énergie solaire est l'énergie produite par le Soleil à la suite de réactions de fusion thermonucléaire, source de la plupart des énergies disponibles sur Terre et exploitable pour la production d'électricité et de chaleur.

La chaleur étant nécessaire dans certains domaines de la vie courante, pourquoi ne pas en puiser du soleil ? C'est dans cette optique que les capteurs solaires thermiques ont vu le jour.

Qu'est-ce qu'un capteur solaire thermique et comment fonctionne-t-il ?

I.11.1.1. Principe

Un collecteur solaire ou capteur solaire est utilisée pour extraire la chaleur du rayonnement du soleil. Ainsi, un collecteur fait toujours quelque chose de chaud. Au cœur d'un capteur solaire est un absorbeur solaire.

Ce dernier absorbe le rayonnement du soleil et la convertir en chaleur (voir figure (I.10)).

Les capteurs solaires sont utilisés pour chauffer l'eau domestique, chauffage domestique, et produire de la chaleur à haute température, Les centrales thermiques peuvent même produire de l'électricité à partir de la chaleur à haute température [10].

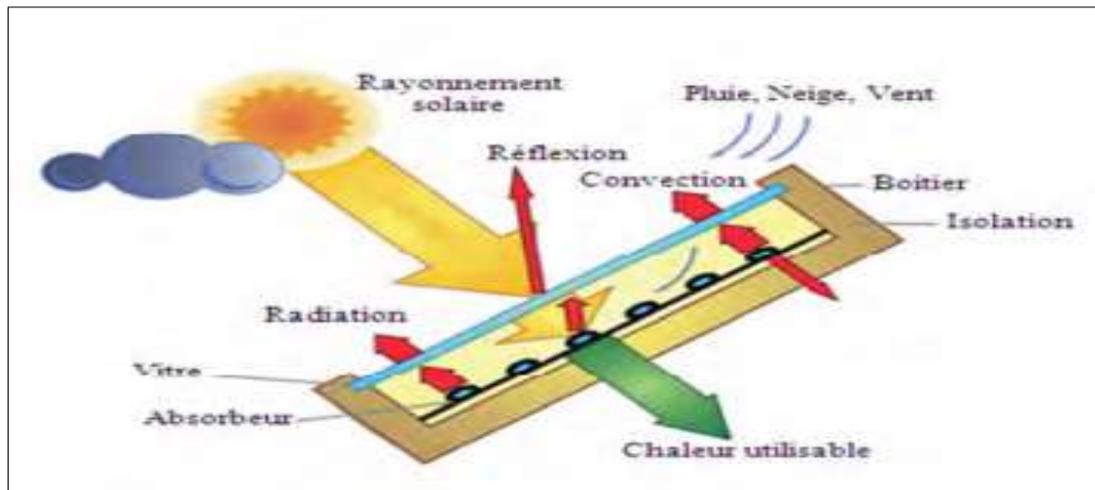


Figure I.10 : Processus dans un capteur solaire plan [10].

I.11.1.2. Classification des capteurs thermiques

On peut classer le capteur solaire selon la température ; les capteurs à faible température, moyen température, haut température.

Suivant ce classement il existe essentiellement trois types des capteurs solaires thermiques [10].

✓ Capteur plan :

Un capteur plan utilise l'effet de serre et parvient à récupérer environ 50% de l'énergie Incidente. Il se compose des éléments suivants : le vitrage, l'absorbeur l'isolant, le fluide Caloporteur et le boîtier [8].

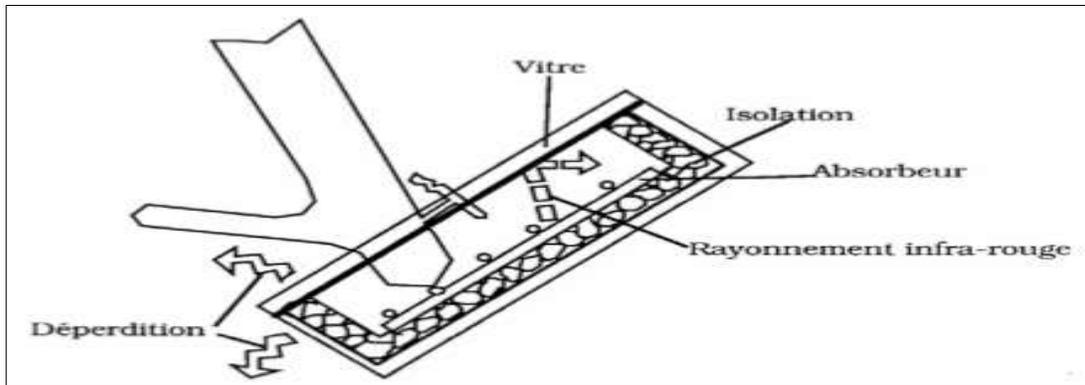


Figure I.11 : principaux composants d'un capteur plan[11].

✓ **Capteur à tube sous vide :**

Ils sont constitués d'un réseau de tubes peints en noir en plastique résistant aux rayons U.V, sans couverture transparente. Ils sont essentiellement utilisés pour le chauffage de l'eau des piscines extérieures en été et assurent des températures relativement basses de l'ordre de 30 à 35°C [8].



Figure I.12 : Capteurs solaire a tube sous vide [12].

✓ **Les capteurs à concentration :**

Ce sont des capteurs solaires comportant un système optique (réflecteurs, lentilles...) destiné à concentrer sur l'absorbeur le rayonnement ayant traversé l'ouverture [6].



Figure I.13 : Capteurs solaire a concenreation[11].

I.12. 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.12.1 Chauffages et climatisation des habitations

Le principe est présenté sur la (figure I.14), consiste à chauffer le fluide dans le capteur solaire, l'air est véhiculé par ventilateur vers des points d'utilisations.

1- Capteur solaire plan à air

2- Filtre

3- Ventilateur

4- Entrées d'air

5- Sorties d'air

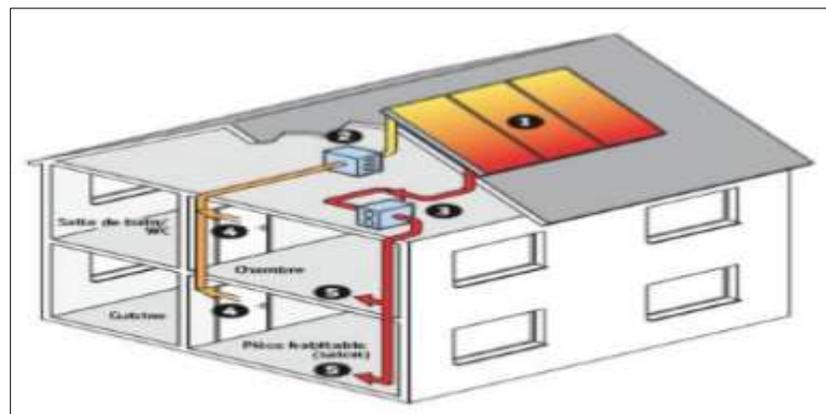


Figure I.14 : Chauffages est climatisation des habitations [3].

Le système de capteur solaire à air Il 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 [13].

I.12.2. Séchage

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. [13].

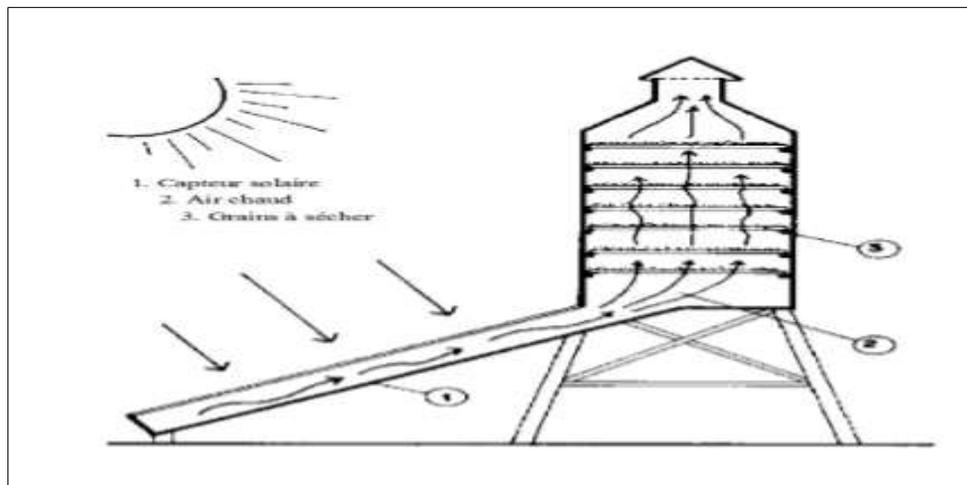


Figure I.15 : Séchage solaire [3].

I.12.3. 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 [3].

I.13. Conclusion

Enfin, Nous avons appris quelques notions de base et concepts sur gisement solaires et les capteurs, à travers lesquels nous pouvons développer une introduction au second chapitre.

CHAPITRE

II :

Etude

bibliographique

II.1. Introduction

L'étude des paramètres qui influent sur les performances thermiques des capteurs solaires plans à air a fait l'objet de plusieurs recherches. Nous exposons quelques travaux disponibles dans la littérature qui traitent le côté thermique avec des études énergétiques en générale effectuées sur les capteurs solaires plans.

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

F. Chabane [2] 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.

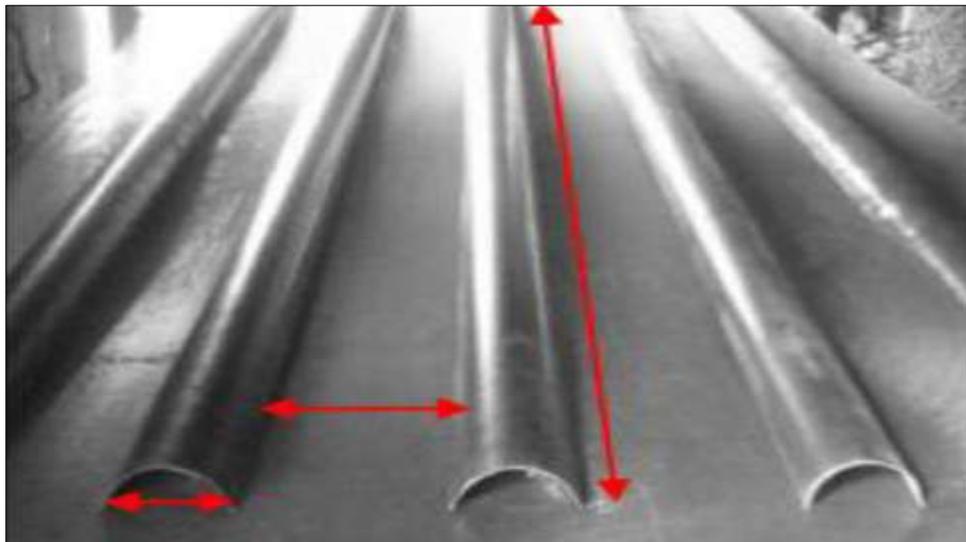


Figure II.1 : Disposition des chicane et géométrie de passage d'air [2].

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.

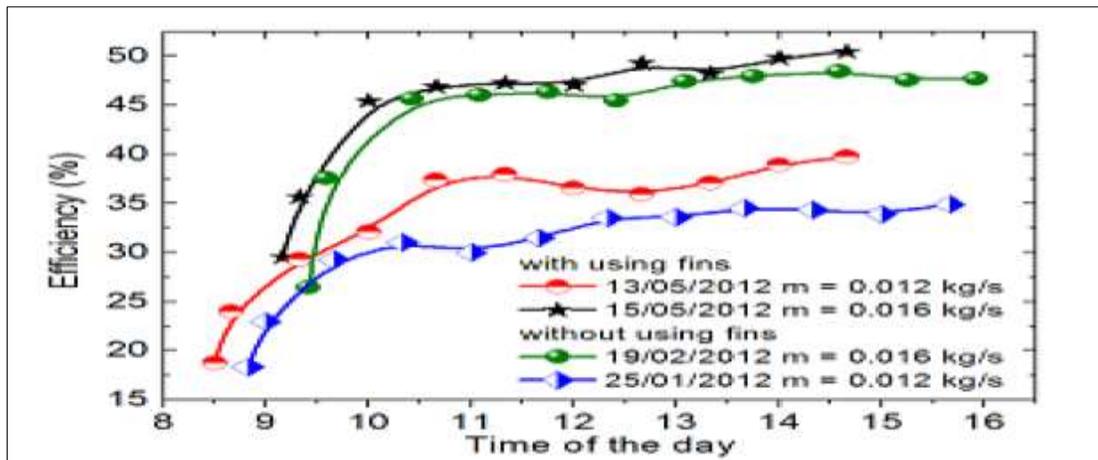


Figure II.2 : Effet du flux d'air sur l'efficacité journalière du capteur, avec et sans utilisation d'ailettes pour les mois de janvier, février et mai [2].

Djaber Kherroubi [3] a réalisé des expériences en testant un capteur solaire pour 5 configurations différentes, la (Figure II.3), pour la première configuration, il a utilisé toutes les chicanes (18chicanes), alors que la distribution des chicanes varie entre 2 chicanes voisines par la distance, y a une distance égale à 10cm (mode 1).

Pour la deuxième configuration il a mis 14 chicanes distribuées tout le long du complexe thermique solaire, et après chaque 4 chicanes il a enlevé une chicane.

Dans la troisième configuration, il a mis 10 chicanes et l'espace devient 2 chicanes et un espace par rapport aux 3 chicanes (30cm).

Dans la quatrième configuration, Il a utilisé aussi 4 chicanes et il a réduit 4 d'autre chicanes pour en faire 4 chicanes.

Pour la dernière, il a utilisé 3 chicanes. Pour chaque position il a utilisé 3 flux chaque flux est destiné pour l'explorer pour un jour (c'est à dire les expériences sont faites le long de 3 jours) (le premier flux 0.014, Le deuxième flux 0.023, Le troisième flux 0.036). Les mesures s'étendent de 8 :00h à 16 :00h.



Figure II.3 : Différents types des modes étudiées [3].

Hadid Mohamed Sadok [15] a été utilisé les quatre modes des chicane, tel que le mode1 (de 0m à 0.6m) : placer 6 chicane à l'entrée du conduite, mode2 (de 0.7m à 1.2m) : placer 6 chicane au milieu du courant d'air, mode3 (de 1.3 à 1.8m) : placer 6 chicane à l'extrémité de la conduite, et enfin mode4, qui place les chicane entiers "18 chicane" sur l'ensemble du flux d'air. La comparaison a été ajoutée aux conditions spécifiques, mettre 18 chicane entièrement de la conduite selon de l'angle d'inclinaison des chicane varie de 135° , 45° et mixte entre 45° et 135° respectivement, le mode5, mode6 et enfin le mode7 (Figure II.4).



Figure II.4 : Différents types des modes étudiés [15].

Dans les conditions du rayonnement solaire moyenne $I=1025W/m^2$, 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.

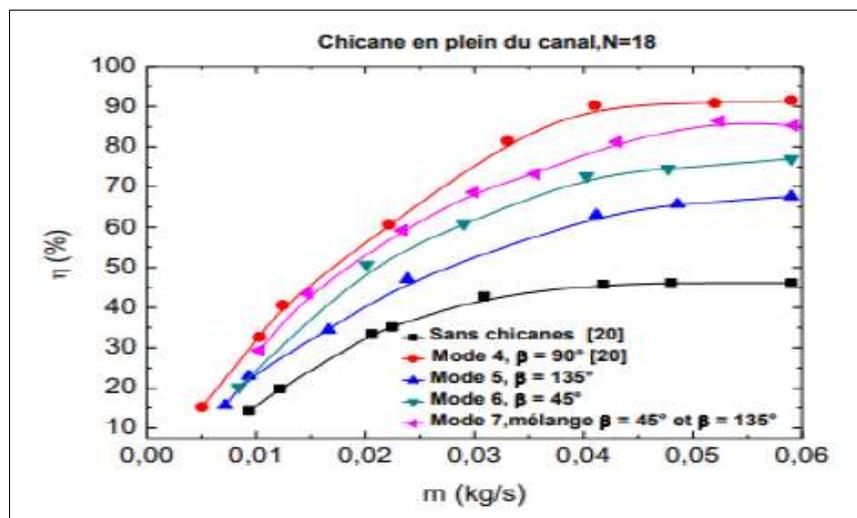


Figure II.5 : Evolution du rendement thermique pour différente d'inclinaison des chicanes [15].

Farès Grira [16], a effectué des expériences en testant le capteur solaire thermique sans chicane, puis en utilisant les chicanes avec différentes configurations voir (figure II.6), 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 kg /s, le deuxième jour avec un débit moyen de bloc 0.026 kg/s, le troisième jour avec un débit de bloc supérieur égal à 0.036 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.

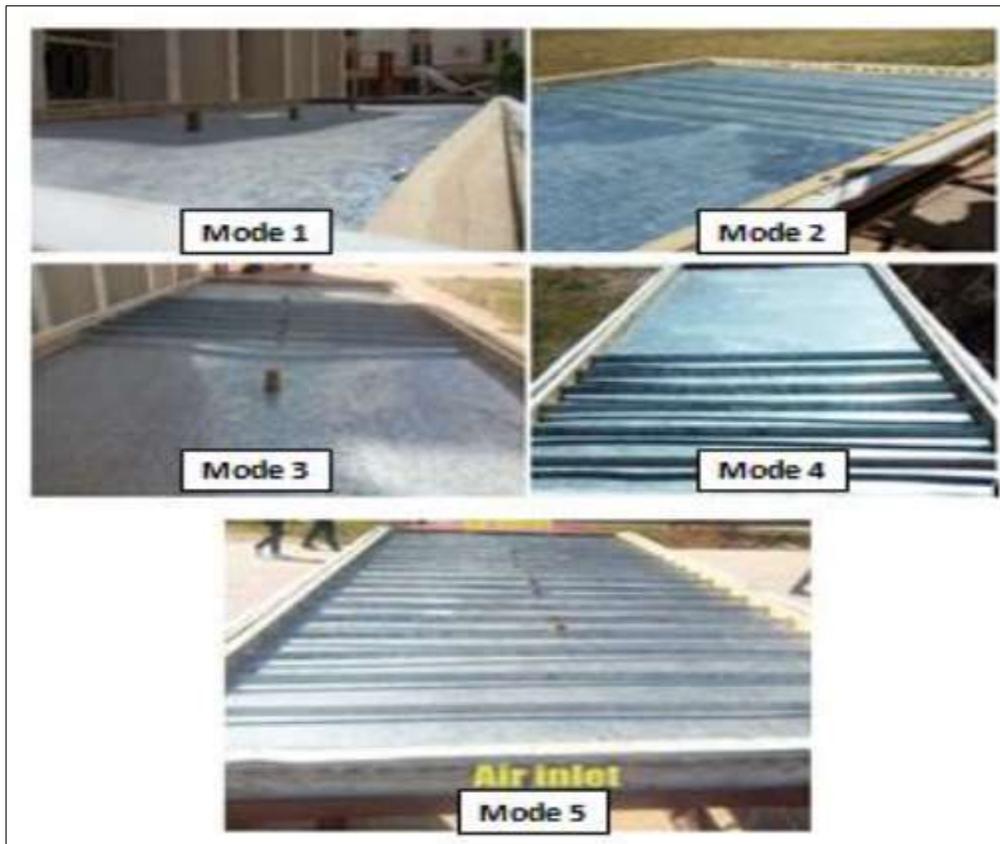


Figure II.6 : Différents types des modes étudiées [16].

C. Khanoknaiyakam et al [17] ont étudié les performances thermiques dans un échangeur de chaleur à canaux rectangulaires monté avec des chicanes en forme de V. Le canal a un rapport

d'aspect (rapport largeur / hauteur), $AR = 10$ et hauteur, $H = 30$ mm tandis que les caractéristiques du déflecteur sont le rapport hauteur du déflecteur / canal, $e / H = 0.2, 0.3$ et 0.4 ; le rapport entre le pas du déflecteur et la hauteur du canal, $PR = P / H = 2$ et 2.67 ; l'angle d'attaque (α) de 30° par rapport à la direction de l'écoulement.

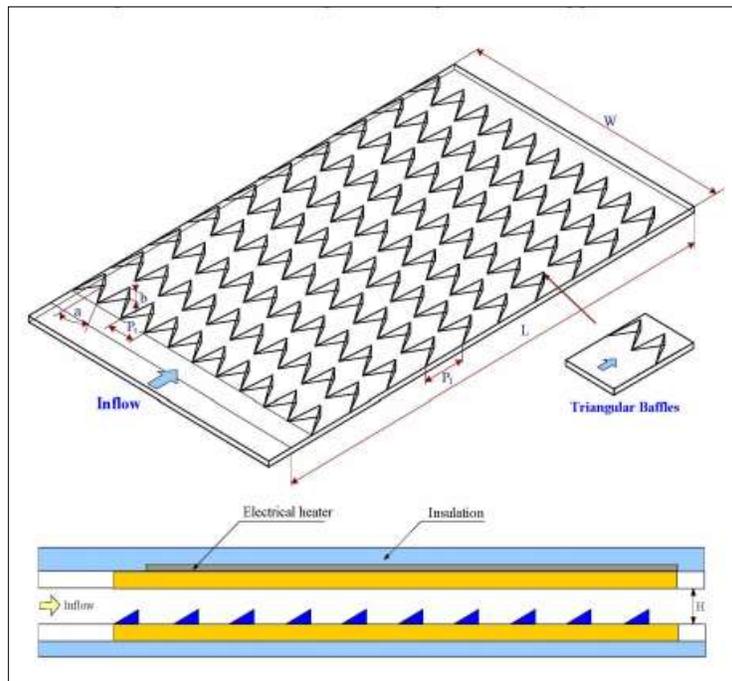


Figure II.7 : Section d'essai avec des dispositions de nervures ondulées [17].

Ils ont varié la vitesse du flux d'air afin d'ajuster la plage de nombres de Reynolds de 5000 à 25000. La paroi supérieure du canal est uniformément chauffée comme un flux de chaleur constant tandis que les autres sont recouvertes d'isolants thermiques pour réduire les pertes de chaleur dans l'environnement. Les effets des chicane sur le nombre de Nusselt et le facteur de friction ont été examinés. Les performances globales du canal chicane testé sont évaluées pour obtenir le degré d'amélioration du transfert de chaleur et du facteur de friction induit par les chicanes par rapport au canal lisse dans des conditions d'écoulement similaires. Ils sont que l'utilisation des chicanes périodiques en forme de V avec $e / H = 0.4$, $PR = 2$ provoque une augmentation de chute de pression très élevée et fournit également des augmentations considérables de transfert de chaleur, $Nu/Nu_0 = 4.99$. L'augmentation du nombre de Nusselt tend à augmenter avec l'augmentation du nombre de Reynolds. En comparaison, l'utilisation de chicane conduit à un taux de transfert de chaleur plus élevé et le $e / H = 0.4$, $PR = 2$ fournit le facteur d'amélioration thermique plus élevé et une perte de

friction plus élevée, mais les autres fournissent le facteur d'amélioration thermique plus faible bien que fournissent un facteur de friction inférieur.

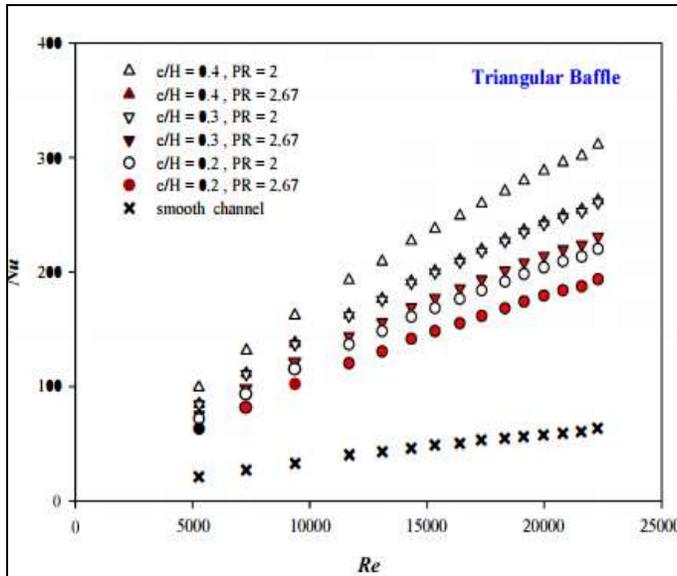


Figure II.8 : Variation du nombre de Nusselt Avec nombre de Reynold [17].

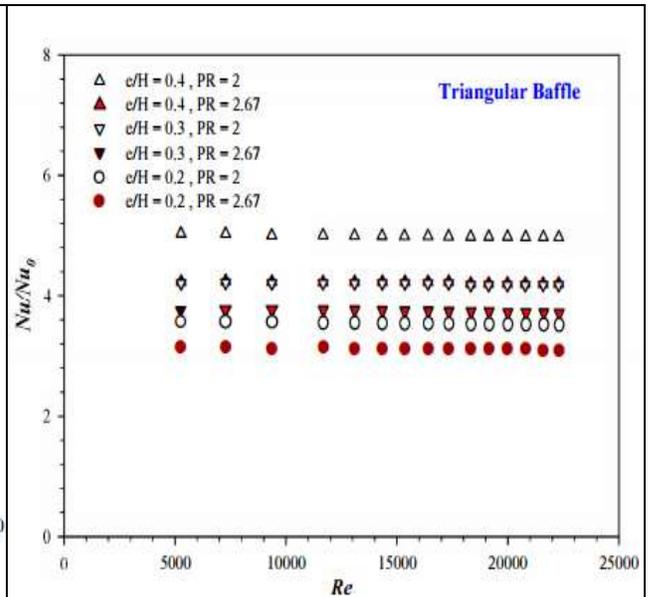


Figure II.9 : Variation de, Nu/Nu_0 avec Nombre de Reynolds [17].

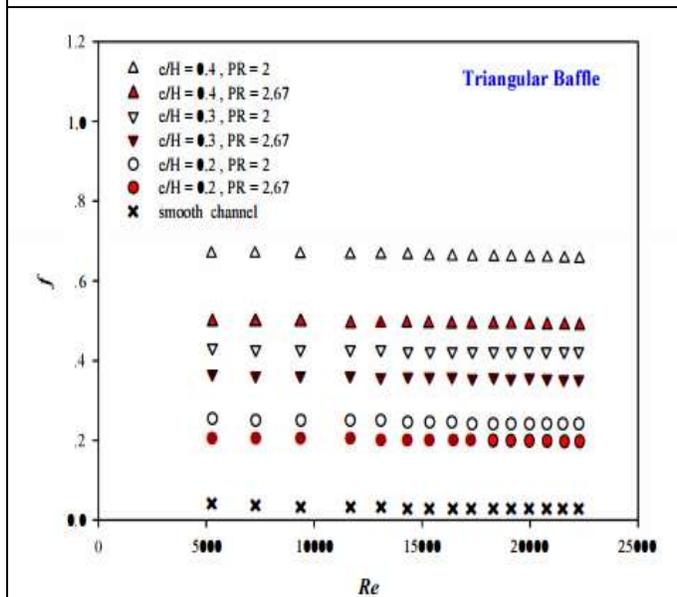


Figure II.10 : Variation du facteur de friction avec nombre de Reynold [17].

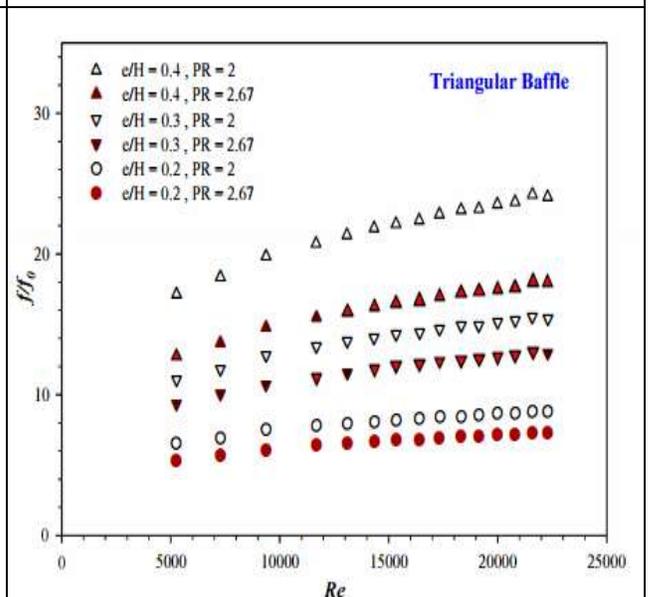


Figure II.11: Variation de f/f_0 avec nombre de Reynold [17].

Jacek Jan Fiuk, Krzysztof Bukowski [18] ont effectué une recherche expérimentale sur les capteurs solaires passifs. Ils ont étudié l'impact de l'application de deux conceptions de surface d'absorbeur avec des chicanes ondulées sur l'efficacité thermique.

La conception de la surface de l'absorbeur se compose de trois panneaux de feuille d'aluminium en forme de vague, recouverts de peinture noire. Un motif diffère d'un autre en plaçant la feuille du milieu à l'envers et en créant un motif alterné. L'expérience a été menée dans des conditions de rayonnement artificiel en régime permanent dans un environnement de laboratoire. L'écoulement à travers chaque collecteur était entraîné par la flottabilité. L'irradiance a été modifiée dans une plage de $I = 0-990 \text{ W / m}^2$. Ils ont mesuré la température de l'air à l'entrée et à la sortie, la vitesse moyenne de l'air au conduit d'entrée du collecteur, l'irradiance en plusieurs points. L'impact de l'irradiance sur l'augmentation de la température, le débit volumétrique et l'efficacité thermique est illustré. Ils ont trouvé que la conception la plus performante en termes d'efficacité thermique est celle avec des chicanes ondulées sans inversion de feuille. Pour l'irradiance $I = 756 \text{ W / m}^2$, son efficacité thermique est égale à $\eta = 73.8\%$, tandis que pour la même efficacité d'irradiance du collecteur avec inversion est $\eta = 58\%$ et celle du collecteur à plaques plates est $\eta = 46\%$. Les coefficients de performance FOUL et FO ($\tau\alpha$) sont trouvés par la méthode de régression linéaire sur les données collectées et comparés aux recherches disponibles dans le monde. Cette comparaison montre une bonne performance globale des conceptions proposées.

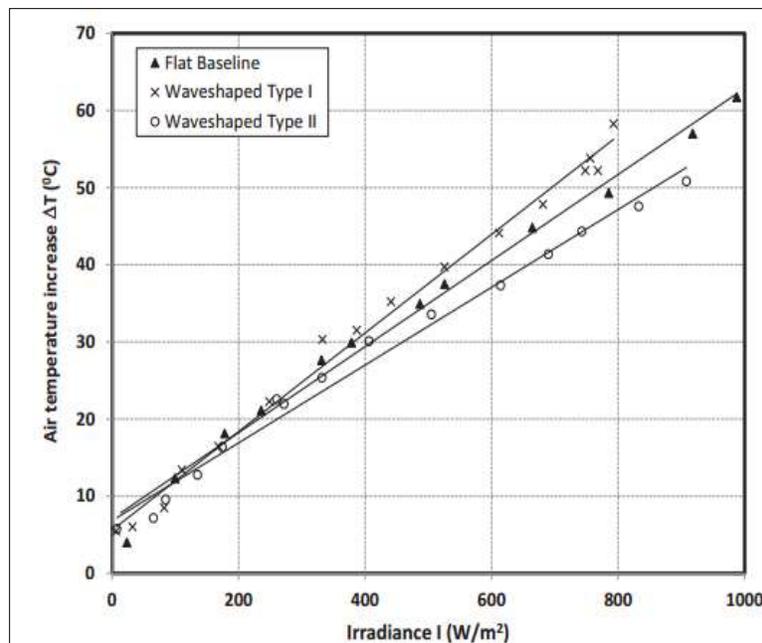


Figure II.12: Air temperature difference ΔT vs. irradiation [18].

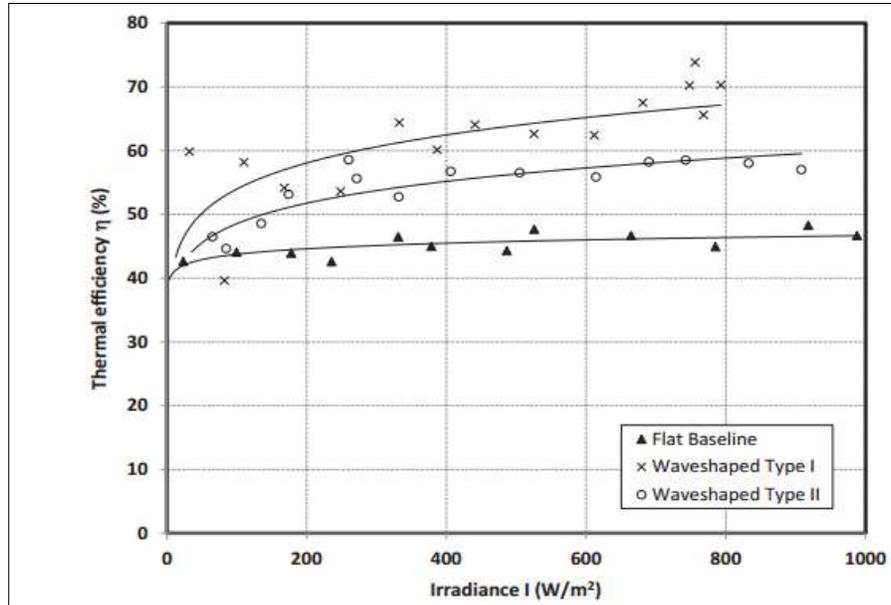


Figure II.13 : Influence de l'irradiance I sur l'efficacité thermique η du collecteur [18].

Pour améliorer les performances de systèmes, **Houari Ameer** [19] a étudié numériquement l'effet de l'angle d'inclinaison des chicanes et la direction de l'inclinaison sur les champs d'écoulement et la distribution thermique dans un échangeur de chaleur à canal rectangulaire de longueur $L = 600$ mm et de hauteur $h_1 / L = 0.033$. La chaîne contient deux chicanes séparées par une distance $e / L = 0.3$ et ayant une épaisseur de $t / L = 0.003$.

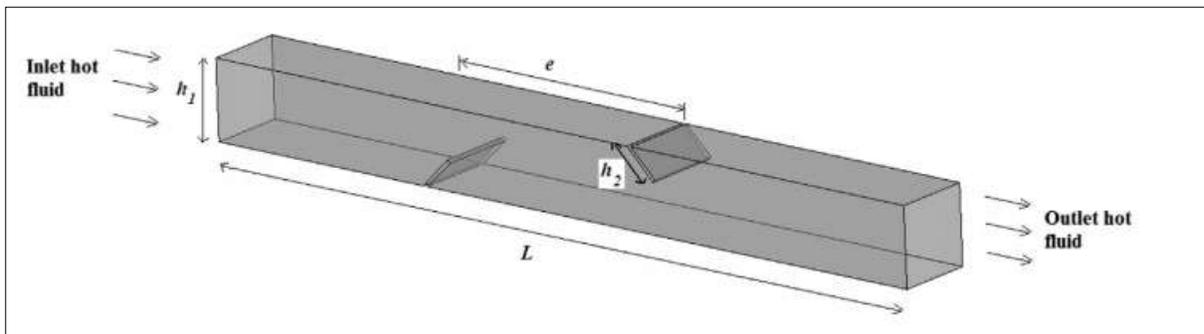


Figure II.14 : Géométrie du domaine informatique [19].

Où le premier déflecteur est placé à une distance $(0.3 * L)$ de la section d'entrée. La hauteur du déflecteur (h_2) est égale à $0.5 * h_1$. Il a utilisé un CMC Solution (Carboxy Méthyl-Cellulose) avec l'indice de comportement à l'écoulement $n = 0.69$, indice de consistance $m = 0.02$ Pa sn et densité $\rho = 997$ (kg / m³) comme moyen de travail. Il s'agit d'un fluide d'amincissement par cisaillement

modélisé par le Loi d'Ostwald. La température de fluide à la section d'entrée. est prise comme 300 K.

La température à la paroi supérieure du canal est fixée à 267 K, cependant la paroi inférieure du canal et les chicanes sont considérées comme adiabatiques. Les surfaces latérales droite et gauche (Les effets de l'inclinaison du déflecteur dans les deux sens (sens positif et négatif) sont testés). L'inclinaison du déflecteur dans le même sens d'écoulement est considérée comme positive et la direction opposée au flux comme négative. Il a choisi deux angles d'inclinaison pour cet examen, qui sont : $\alpha = 30^\circ$ et 90° .

Sur le plan horizontal (XY), les champs d'écoulement sont tracés pour les différentes géométries étudiées le déflecteur présente toujours un obstacle qui participe à la séparation du flux et à la formation de vortex de la taille de ceux-ci de votrices propices à l'inclinaison d'un angle (α) la recirculation du flux sur la longueur augmente avec les augmentations d'alfa. Également un petit site secondaire est formé dans la région en aval de la chicane droite avec $\alpha = 90^\circ$). L'énergie cinétique de ces tourbillons contribue à l'amélioration des taux de transfert de chaleur.

Il a trouvé que le déflecteur droit (α) donne un vortex plus intensifié et plus large que la chicane inclinée. Cependant et pour le déflecteur incliné, la direction opposée semble être plus prometteuse en termes d'intensification du transfert de chaleur.

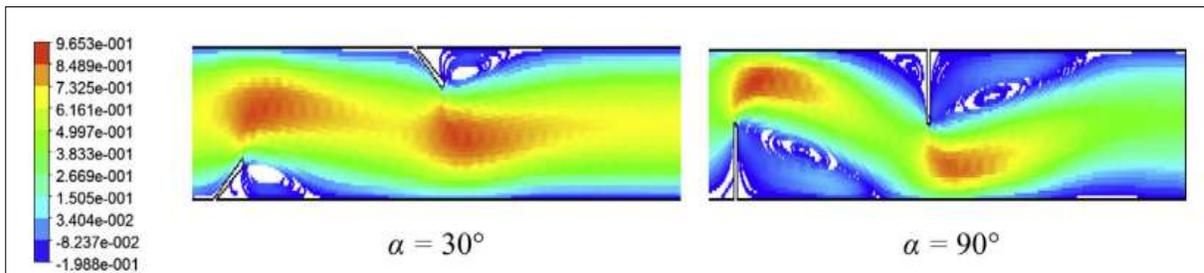


Figure II.15 : Champs d'écoulement (m / s) pour Re ¼ 100 [19].

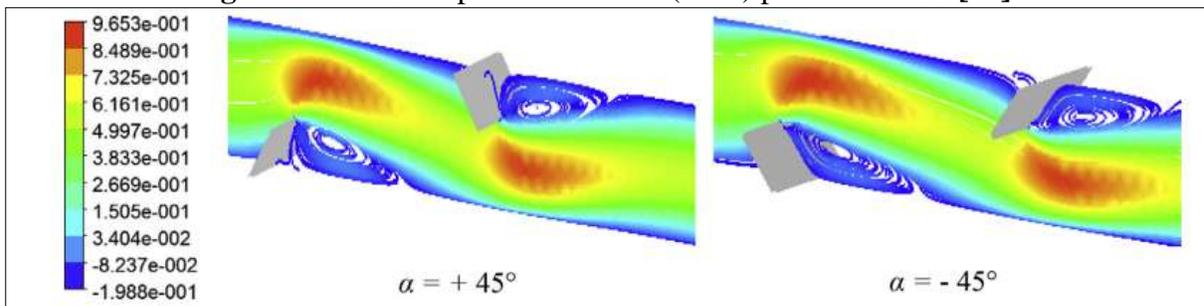


Figure II.16 : Champs d'écoulement (m / s) pour Re ¼ 100 [19].

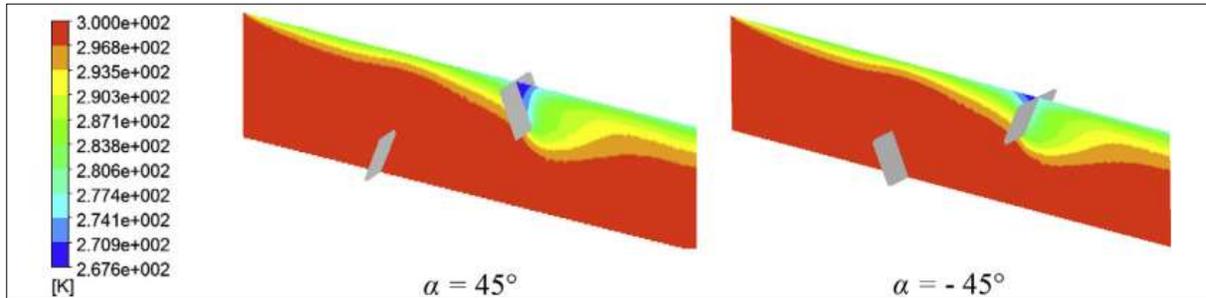


Figure II.17 : Champs thermiques pour $Re \frac{1}{4} 100$ [19].

M.T. Baissi et al [20] ont effectué une étude expérimentale pour améliorer les performances thermiques du chauffe-eau solaire SAH. Ils ont étudié le transfert de chaleur, facteur de friction et le facteur d'amélioration thermique de l'écoulement dans un canal rectangulaire rugueux artificiellement avec deux configurations de chicanes en forme de delta incurvées longitudinalement. Deux cas ont été traités des chicanes perforées et non perforées. Cas de Re compris entre 2500 et 12000. Longueur longitudinale relative des obstacles sur la plaque absorbante Pl/e de 3 à 5, Longueur transversale relative des obstacles sur la laque d'absorbeur Pt/b compris entre 0.6 et 1, hauteur de rugosité relative ($e / H = 0.8$) et angle d'attaque unique ($\alpha = 45^\circ$). Ils ont trouvé le transfert de chaleur s'augmente. Par contre la perte de charge réduit. En cas de chicanes perforées, le taux maximal de facteur d'amélioration thermique (TEF) était d'environ 2.26 lorsque Pl/e et Pt/b sont respectivement égaux à 0.3 et 0.6. Cependant, l'écran LCD non perforé atteint un maximum d'environ 2.21. Suite à une corrélation sur les données expérimentales du transfert de chaleur et du frottement du flux d'air sur la base des taux adoptés, les deux paramètres ont atteint des écarts d'environ 12% et 7% respectivement.



Figure II.18 : Vue picturale de la surface de l'absorbeur avec des chicanes en forme de delta courbées longitudinalement [20].

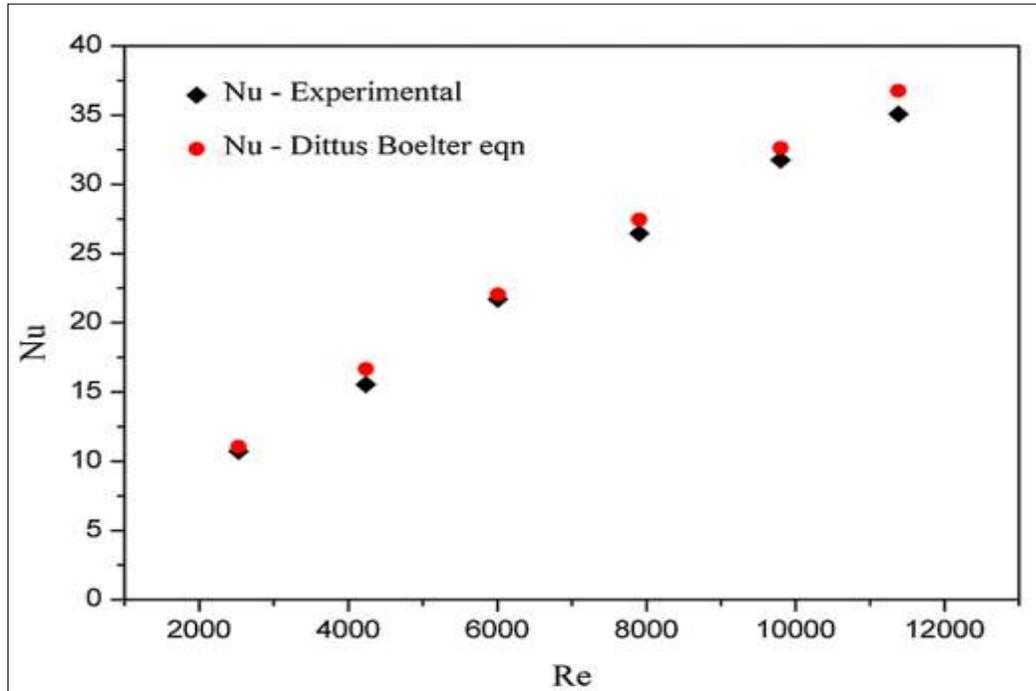


Figure II.19 : Comparaison des valeurs expérimentales et théoriques de Nu_0 pour lisse Canal [20].

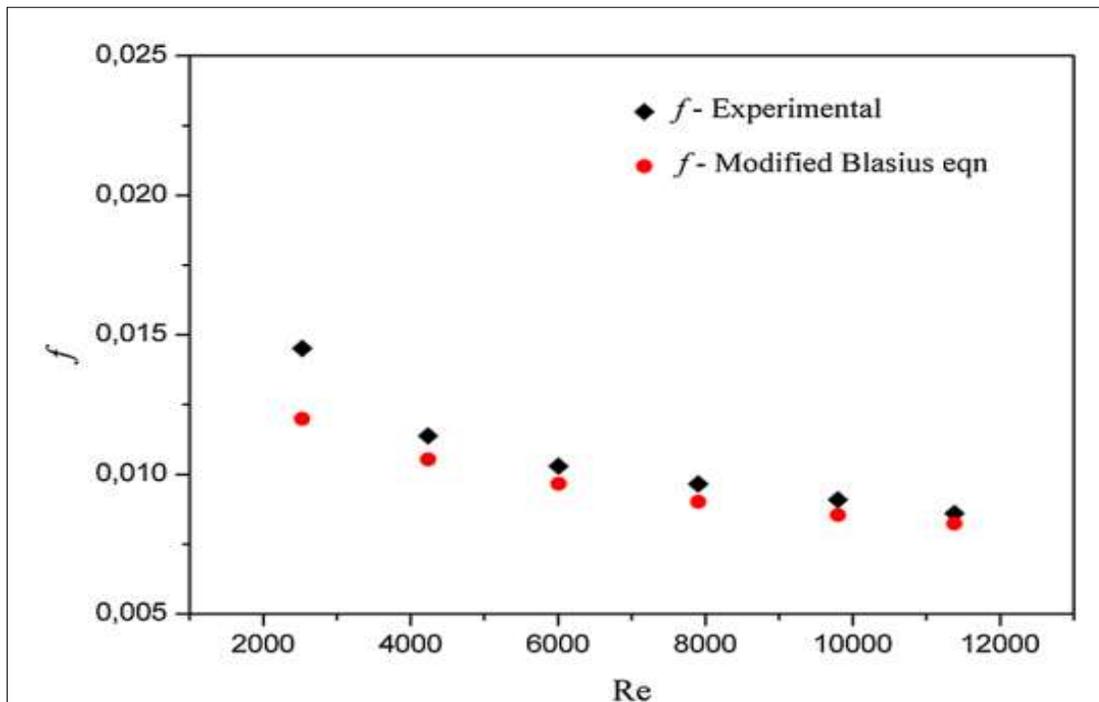


Figure II.20 : Comparaison des valeurs expérimentales et théoriques de f_0 pour lisse Canal [20].

Mitra Akhbâri et al [21] ont étudié les performances d'un aérotherme solaire à canaux triangulaires avec un flux d'air en U. à l'aide d'un modèle développé et de données expérimentales, sous différentes conditions de fonctionnement.

Ils ont développé un nouveau circuit équivalent de rayonnement-convection, Ils ont développé un modèle mathématique avec des hypothèses simplificatrices minimales pour prédire les performances du radiateur et l'ont Comparé aux résultats d'un modèle intégral d'équations de bilan énergétique global. (Le modèle développé a montré une réduction de 50% des erreurs de prédiction de l'efficacité thermique et de la température de l'air de sortie. L'efficacité thermique maximale du système pourrait être obtenue à un débit massique d'air de 0.045 kg/s (soit un flux massique de 8.18 kg/m².s). Compte tenu de la chute de pression de l'air (pénalité la plus importante) et de la température de l'air de sortie, les performances thermo hydrauliques les plus élevées ont été obtenues à un angle de pointe interne du canal de 60°). Ils ont conclu que pour atteindre une certaine efficacité thermique, le réchauffeur d'air solaire présenté nécessite moins de surface que celui d'un réchauffeur d'air solaire à plaque plate pour le même rayonnement solaire d'entrée.

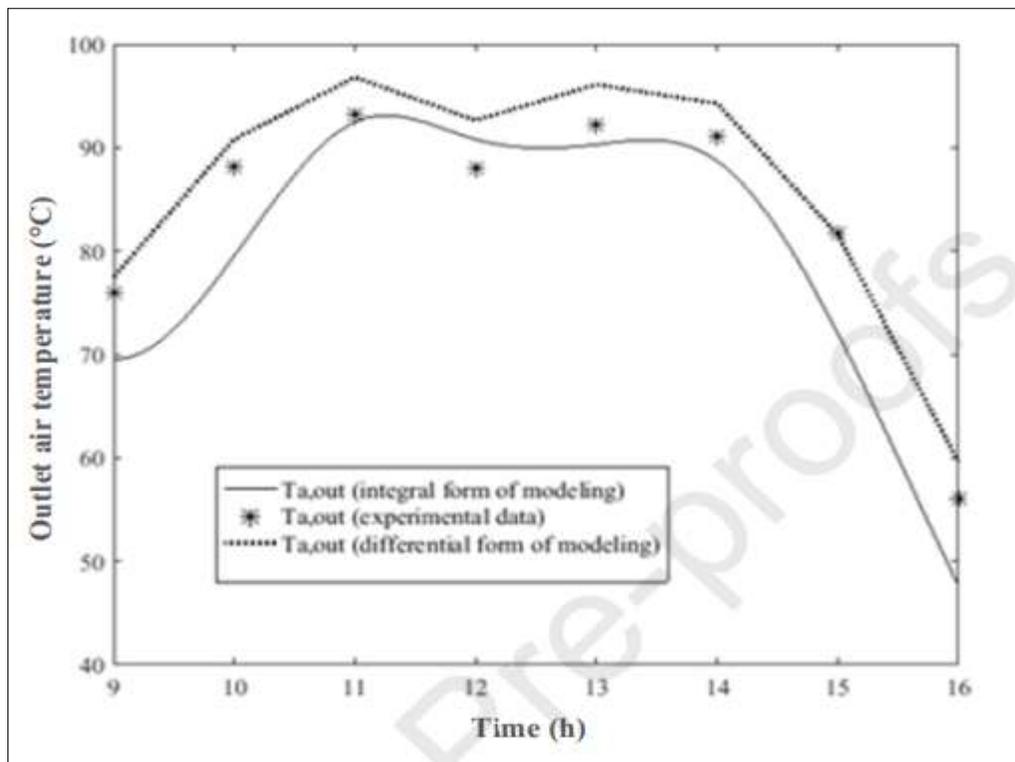


Figure II.21 : Comparaison des formes différentielles et intégrales des modèles [21].

Pour améliorer l'efficacité thermique d'un capteur solaire d'air, **Dengjia Wang et al [22]** ont proposé un aérotherme solaire amélioré avec des nervures en forme de S avec des espaces.

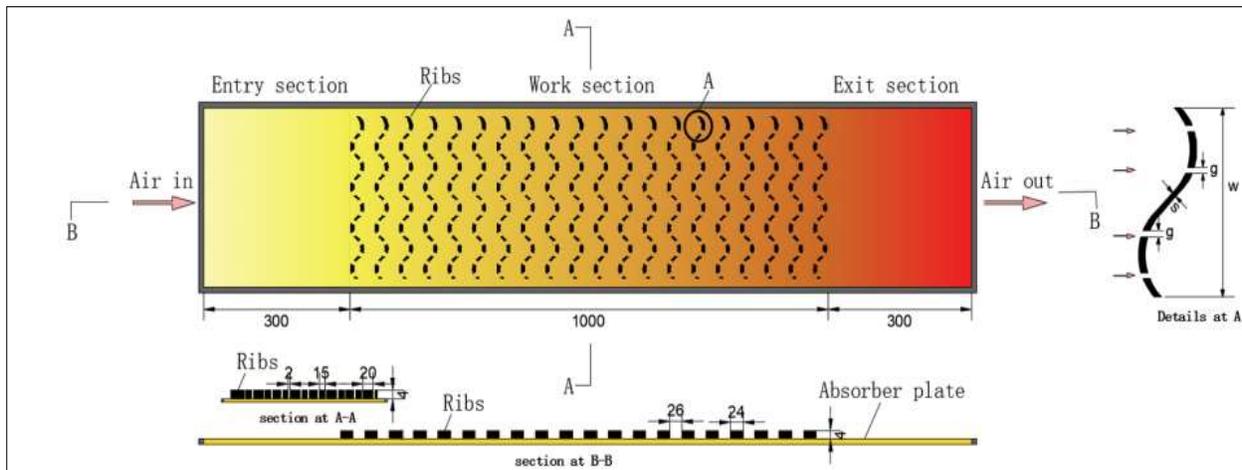


Figure II.22 : Disposition des nervures sur la plaque collectrice [22].

Le réchauffeur d'air solaire peut améliorer suffisamment le transfert de chaleur entre l'air et la plaque absorbant la chaleur. Au même temps, pour réduire la résistance à l'écoulement de l'air, Ils ont créé un espace d'une certaine largeur sur les nervures. Ils ont étudié expérimentalement l'effet de quelques facteurs sur l'efficacité thermique du l'aérotherme solaire lorsque l'élément de rugosité est présenté. Les principaux facteurs, notamment la taille de la géométrie des nervures, à savoir, l'espacement des nervures, la largeur des nervures, la largeur de dégagement des nervures, la hauteur du canal, l'intensité du rayonnement solaire, le débit massique d'air.

Ils ont trouvé que le réchauffeur d'air à rugosité artificielle a été amélioré de 13% à 48% dans différentes conditions. Et la chute de pression de section de ce nouveau réchauffeur d'air solaire se situe dans la plage de 15.8 à 30 Pa.

Tolga Ural [23] a étudié expérimentalement l'énergie, l'exergie et économiques d'un nouveau capteur solaire d'air (SAC). Et il l'a comparé aux performances thermodynamiques du capteur solaire à plaques planes (FP-SAC).

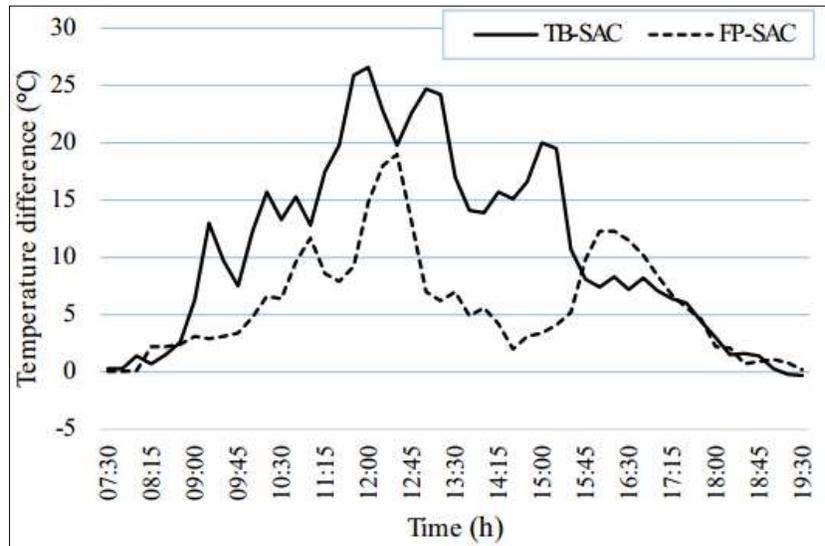


Figure II.23 : Comparaison de différence entre la température de l'entrée et sortie d'air pour TB-SAC et FP-SAC [23].

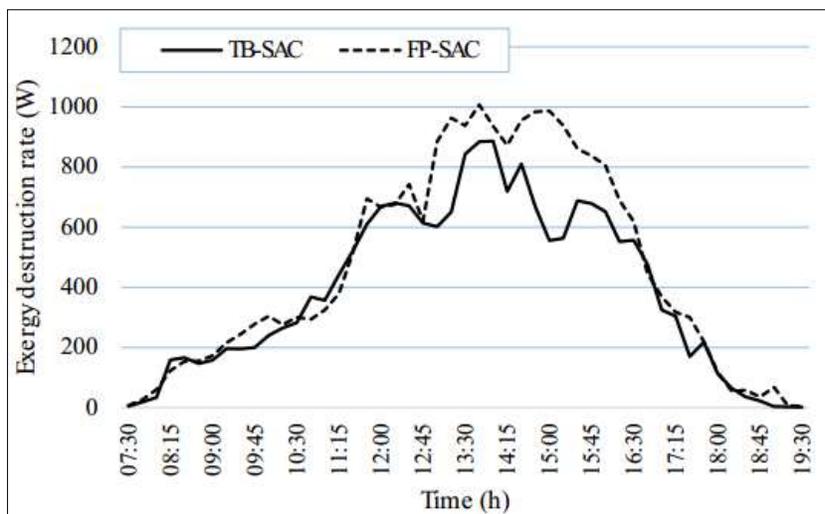


Figure II.24 : Variation des taux de destruction exergie pour TB-SAC et FP-SAC [23].

A cet effet, un nouveau SAC est produit dans lequel l'air passe à travers le tissu textile qui est placé comme une surface diagonale à l'intérieur de la boîte collectrice. Les deux capteurs fonctionnent dans la configuration expérimentale pour le même environnement et les mêmes conditions d'essai et pendant les essais, les données de température, de débit massique et de rayonnement solaire sont enregistrées simultanément. Il a trouvé que l'énergie et l'exergie de FP-SAC était de 53% et 31%, tandis que TB-SAC était de 70% et 41%, respectivement. Ce résultat montre que l'utilisation de tissus textiles positionnés en diagonale offre toujours de meilleures performances en termes d'énergie et d'exergie. Le tissu textile a augmenté les pertes de charge dans

le collecteur. Cependant, la destruction exégétique du TB-SAC est inférieure à celle du FP-SAC. La raison en est que la température de sortie d'air du collecteur est plus élevée que l'autre.

Charaf-Eddine Bensaci et al [24] en 2020 ont étudié numériquement et expérimentalement la position des chicanes dans un capteur solaire a air pour améliorer ses performances thermiques et hydrauliques (Figure II.25). Ils ont réalisé l'étude sur quatre cas pour différents placements des chicanes avec nombre de Reynolds compris entre 2370 à 8340. Ils ont trouvé que le placement correct des chicanes améliore considérablement les performances thermo-hydrauliques des capteurs solaires et que le rendement augmente avec l'augmentation de nombre du Reynolds comme indiqué dans la (Figure II.26), et le facteur de performance thermo-hydraulique optimal est atteint dans le cas où les chicanes sont situées dans la première partie du canal d'air qui occupe 50% de l'aérotherme solaire.

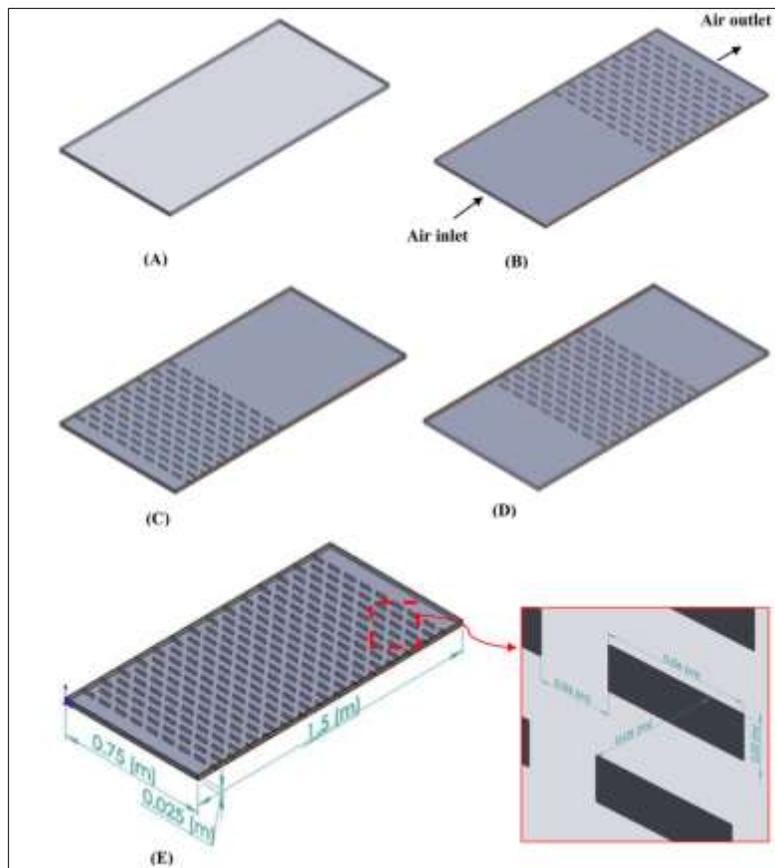


Figure II.25 : Les cas étudiés et leurs dimensions [24].

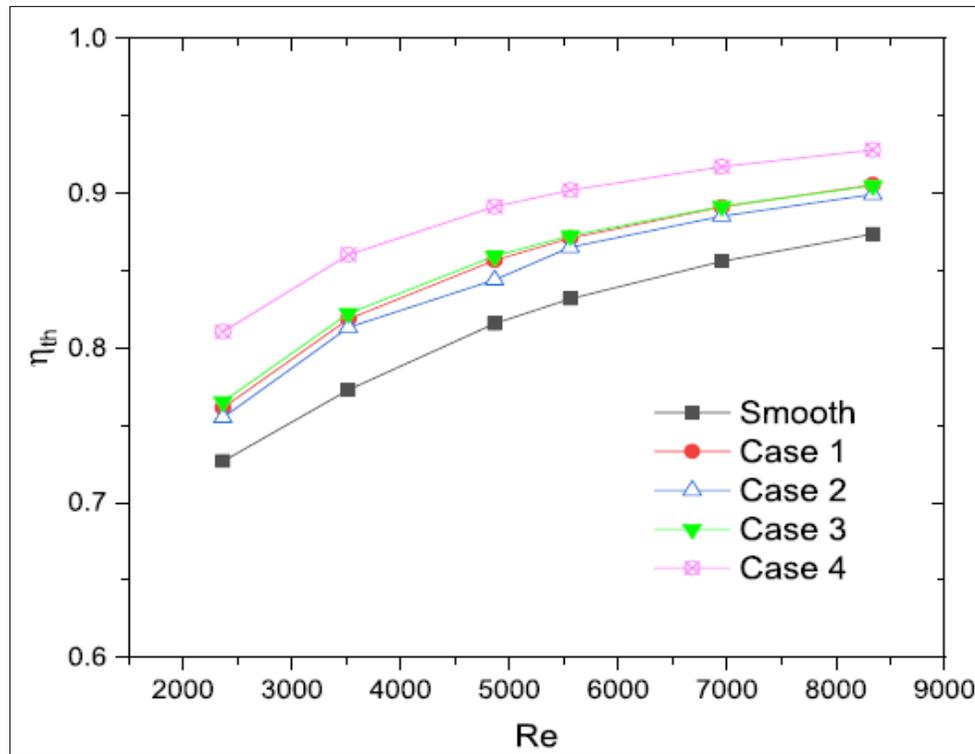


Figure II.26 : L'efficacité thermique estimée par rapport au nombre de Reynolds pour chaque configuration [24].

II.3. Minimisation des pertes thermiques

Dans le but de minimiser les pertes thermiques vers l'avant de l'absorbeur, **Feyza Benyelles et al [25]** ont proposé de placer un isolant " aérogel désiliez " au-dessus de l'absorbeur comme la montre (figure II.27). 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/m³, 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 transmittance solaire normale est de 90%, sa conductivité thermique est de l'ordre de 0.02W/m.k.

Ta(°C)	Tv(°C)	Uc (W/m ² . K)	Urp-c (W/m ² . K)	Urc-s (W/m ² . 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

Tableau II.1 : Coefficients de pertes thermiques par l'avant du capteur, pour une épaisseur de 20mm d'aérogel de silice [25].

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.

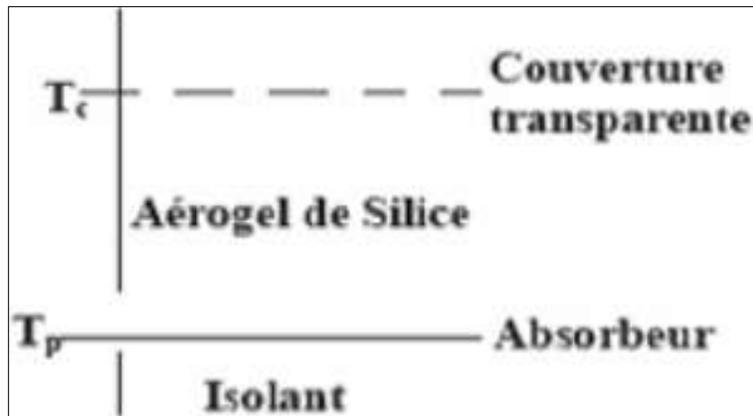


Figure II.27 : Conception des capteur à aérogel de silice [25].

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. [26] 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 UL , Fr et F' . Une représentation graphique de ces paramètres a été présentée.

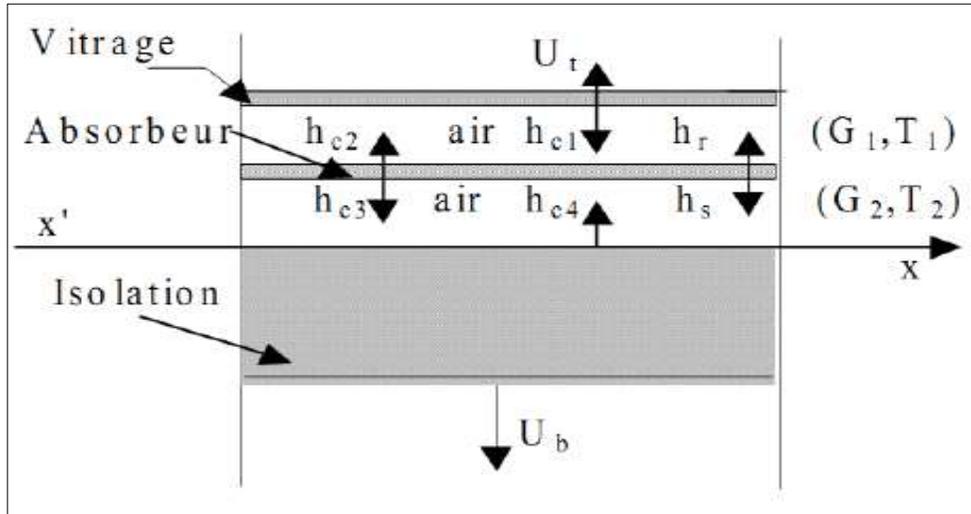


Figure II.28 : Schéma d'un élément du capteur [26].

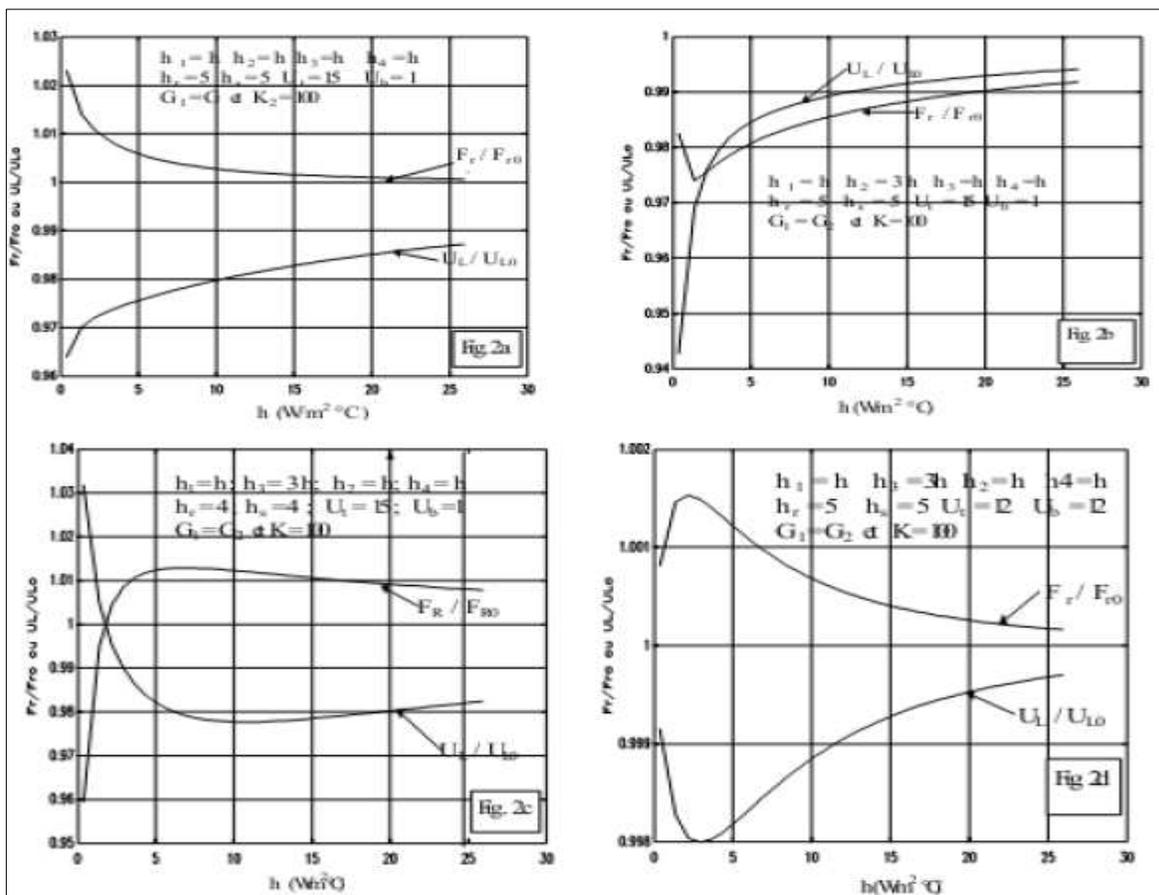


Figure II.29 : Evolution des rapports (Fr/Fr_0) et (UL/UL_0) [26].

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 [27]** ont mené Une étude expérimentale dans le but d'améliorer le contact plaque chauffante-air.

Les auteurs ont étudié trois configurations différentes [27] du capteur solaire à air :

- ✓ **Configuration a** : l'air à chauffer passe sous l'absorbeur.
- ✓ **Configuration b** : 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 pour Permettre l'évacuation de l'air chaud.
- ✓ **Configuration c** : le passage de l'air se trouve entre la vitre et la plaque absorbante au

Dessus de celle-ci.

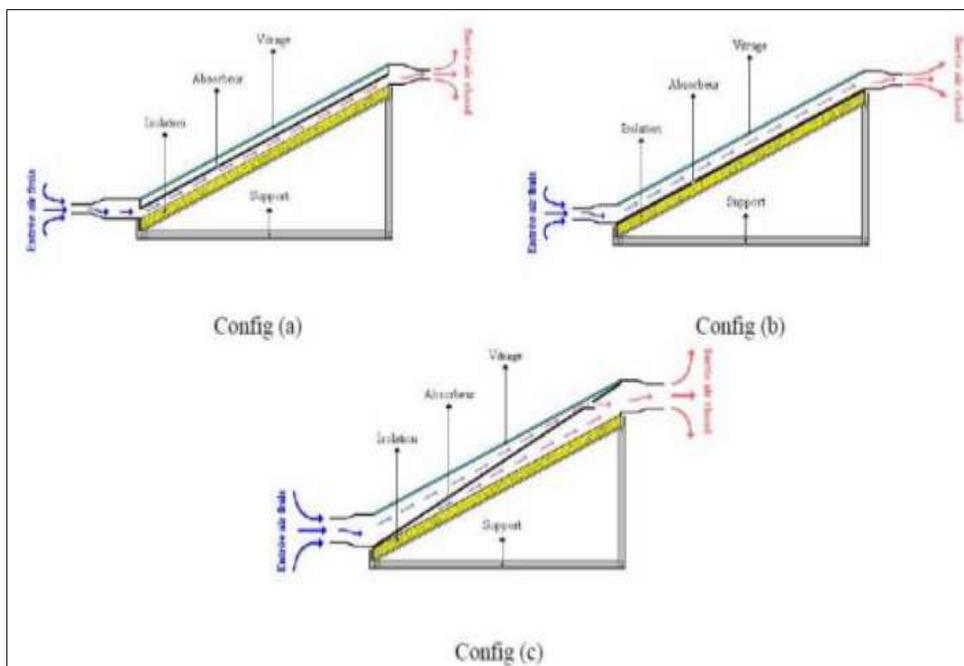


Figure II.30: Représentation des trois configurations des capteurs [27].

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.31), 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.32).

Ils concluait 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.

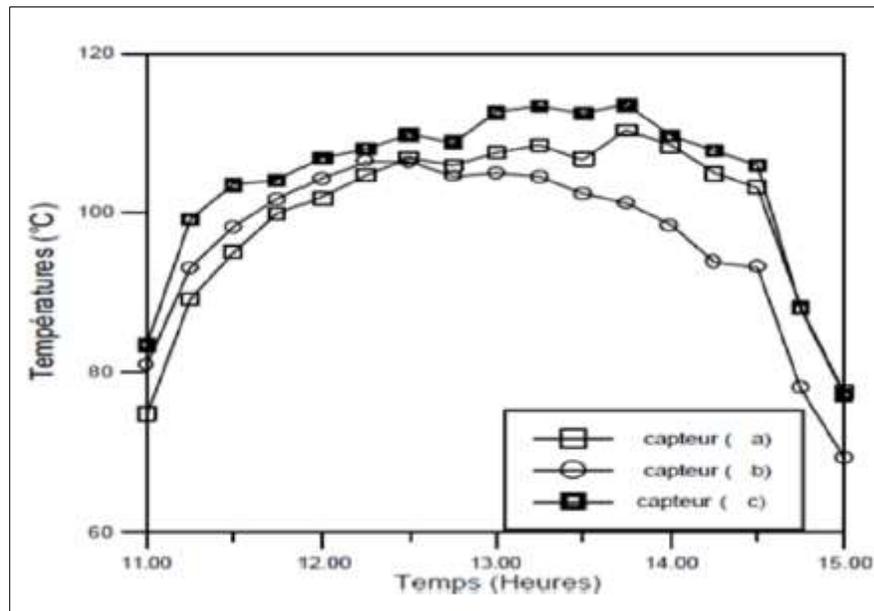


Figure II.31 : Représentation des différentes températures de la plaque en convection naturelle [27].

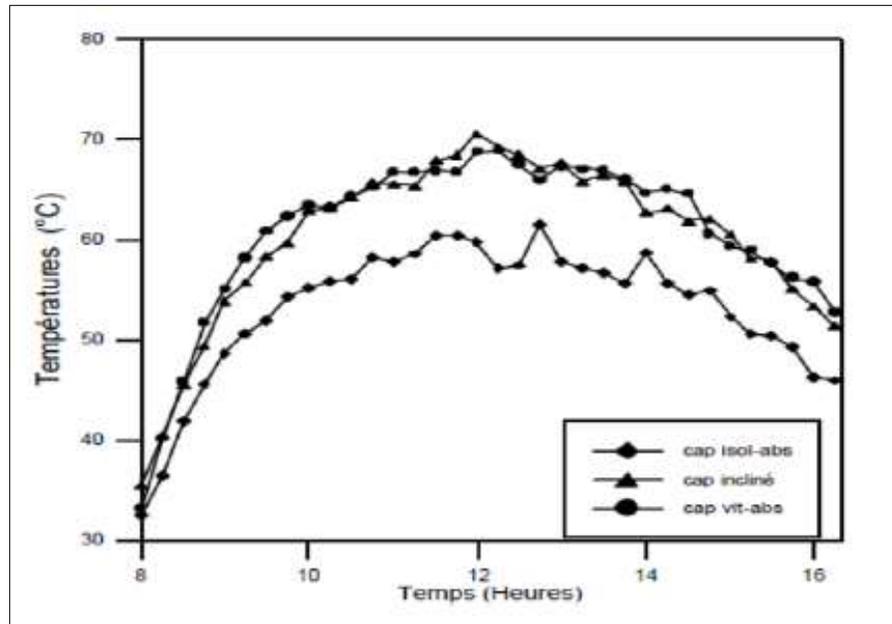


Figure II.32 : Représentation des températures de sortie du fluide en convection forcée [27].

II.5. Conclusion

La qualité d'absorption et de transmission de chaleur de la plaque absorbante à un effet sur les performances d'un capteur solaire. Pour le but d'augmenter les performances des capteurs solaires. Plusieurs chercheurs ont proposé de nouvelles dispositions des plaques absorbantes. 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. A partir de cette recherche bibliographique sur les capteurs solaires photo-thermiques.

On constate que leurs performances dépendent principalement des paramètres physiques, optiques et thermiques d'ingénierie de leurs composants. Les chercheurs ont effectué plusieurs recherches sur ça. Chacun selon leur choix des composants adéquats améliorer la performance. Dans ce travail, on s'intéresse d'améliorer les performances des capteurs solaires en ajoutant des obstacles et en obtenant de meilleures performances ou une meilleure efficacité thermique pour ces systèmes.

CHAPITRE

III :

Etude

expérimentale

III.1. Introduction

Un capteur a été fabriqué dans la salle de technologie du département de génie mécanique de l'université de Biskra, où plusieurs expériences sont faites à ce capteur. J'ai réalisé des tests et des expériences par ce capteur durant la période de février jusqu'à mars 2020.

Dont les dimensions sont citées dans le tableau (III.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).

✓ Le rendement thermique du capteur :

Le rendement d'un capteur solaire est défini comme le rapport entre la puissance utile et la quantité totale de rayonnement solaire frappant la surface du capteur pendant une période donnée :

$$\eta = \frac{Q_v}{I \times A} \quad \text{III.1}$$

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

$$Q_v = m \times c_p \times (T_{\text{sortie}} - T_{\text{entré}}) \quad \text{III.2}$$

$$\text{Avec } m = V_f \times S \quad \text{III.3}$$

✓ Perte de charge :

La perte de charge régulière est le plus souvent calculée à partir de l'équation suivante :

$$Dp = \lambda \times \frac{L}{D_h} \times \frac{V^2}{2g} \quad \text{III.4}$$

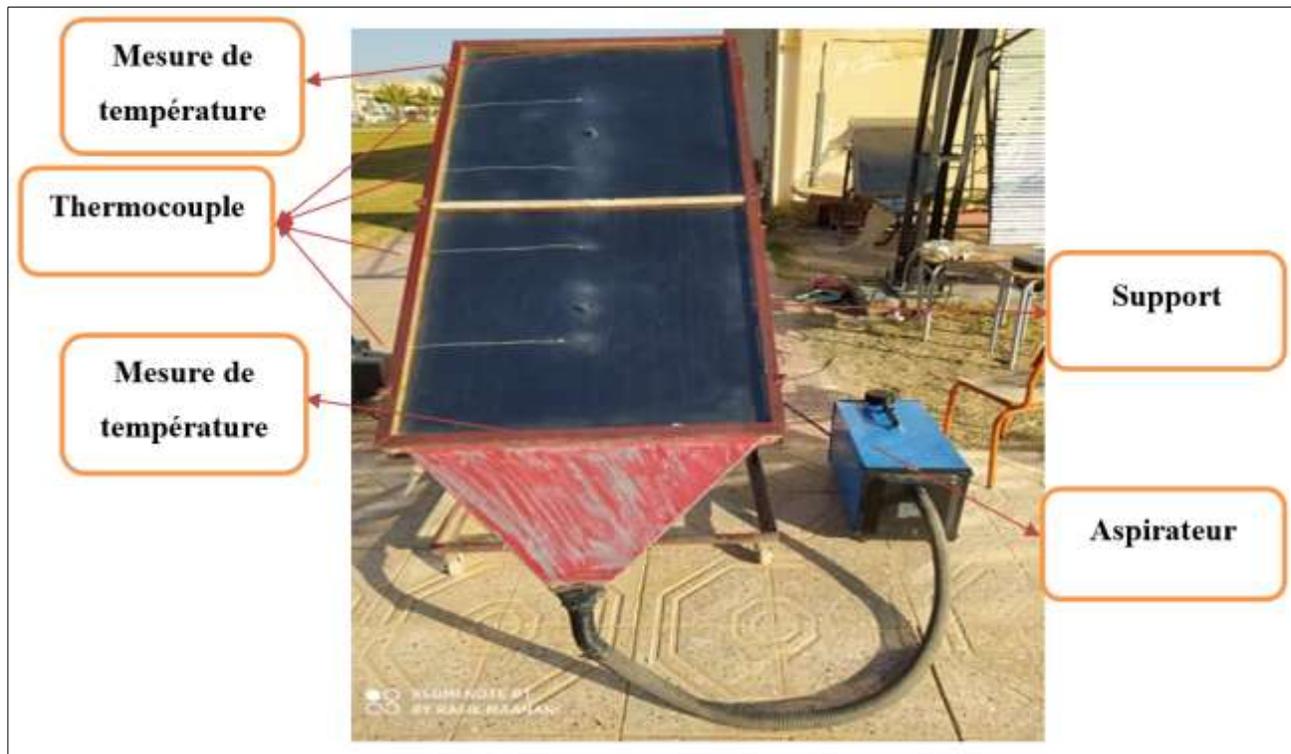


Figure III.1 : Banc d'essai.

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 [16]** et **Djaber Kherroubi [3]** avec notre résultats et voir la meilleure façon d'augmenter l'échange thermique par adjonction de chicane 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.

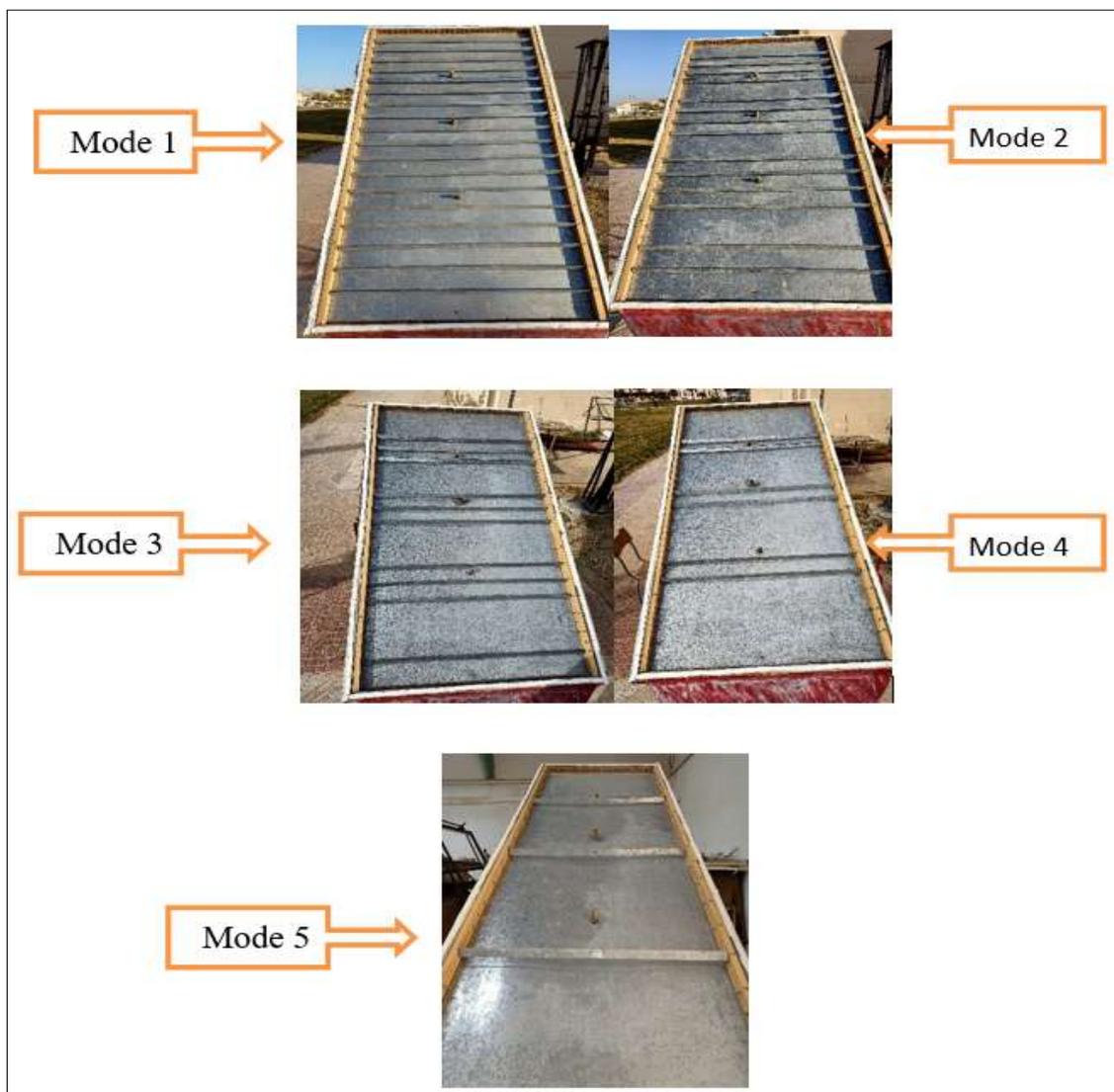


Figure III.2 : Différents types des modes étudiées.

III.2.2. Caractéristiques techniques

- Les principaux composants du capteur sont :

- ✓ Une couverture transparente en plexiglas d'épaisseur 3 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 chicanes (les chicanes 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 40mm d'épaisseur.
- ✓ L'ensemble est placé dans un coffret métallique en acier.

-Eléments constitutants et dimensions :

Elément de construction	Longueur (m)	Largeur(m)	Epaisseur (mm)
Couverture transparent	1.94	0.94	3
Absorbeur	1.94	0.94	0,8
Cadre en bois	2	1	30x30
Bâtons de bois	1.94	0.03	30
Isolant	2	1	40
Boitier	2	1	80
Chicane	0.88	0.02	0.8

Tableau III.1 : Dimension des constituants.

- Caractéristiques thermo physiques :

Elément de construction	Matériaux	Masse volumique (kg/m ³)	Chaleur spécifique (j/kg. °K)	Conductivité thermique (W/m.°K)
Couverture transparente	Plexiglas	1.2	1500	1.5
Absorbeur	Acier galvanisé	7800	473	45
Cadre en bois	Bois	5100	1200	0,15
Bâtons de bois	Bois	5100	1200	0,15
Isolant	Polystyrène expansé	16	1670	0,037
Boîtier	Acier galvanisé	7800	473	45

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

Elément de construction	Emissivité (ϵ)	Absorption (α)	Transmission (τ)
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	-

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

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

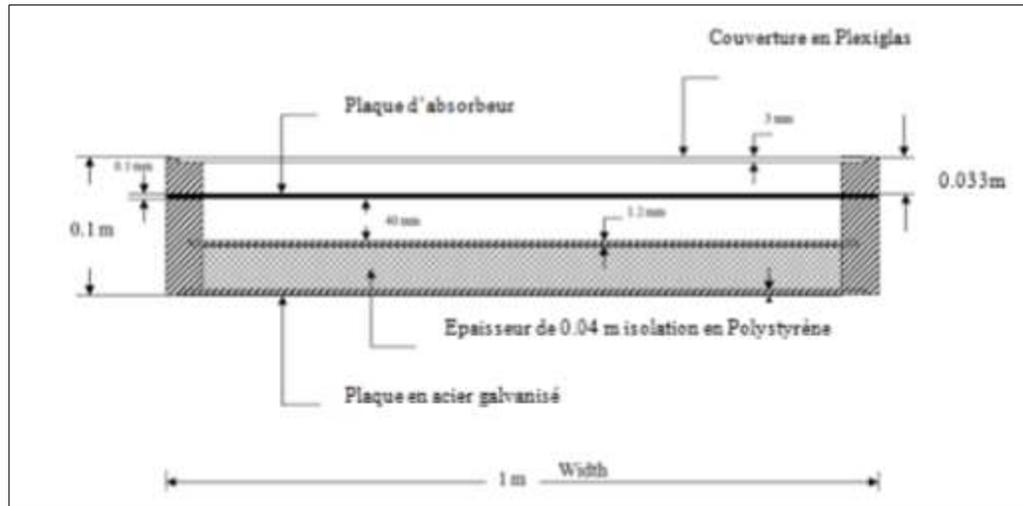


Figure III.3 : Dimensions des différents composants.

-Forme et disposition des chicanes :

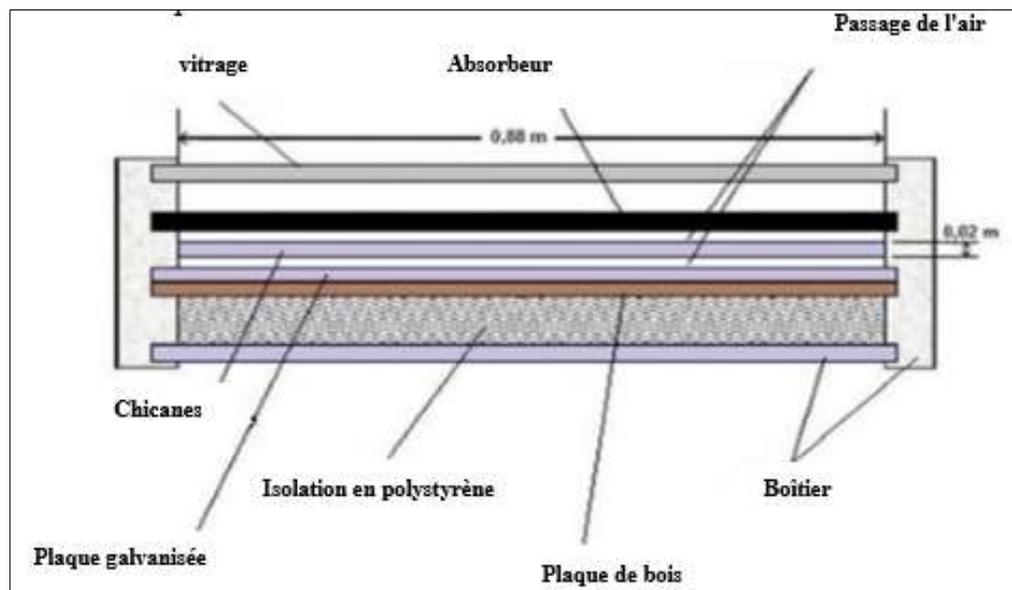


Figure III.4 : Coupe transversale du capteur avec des chicanes rectangulaires.



Figure III.5 : La forme des chicanes.

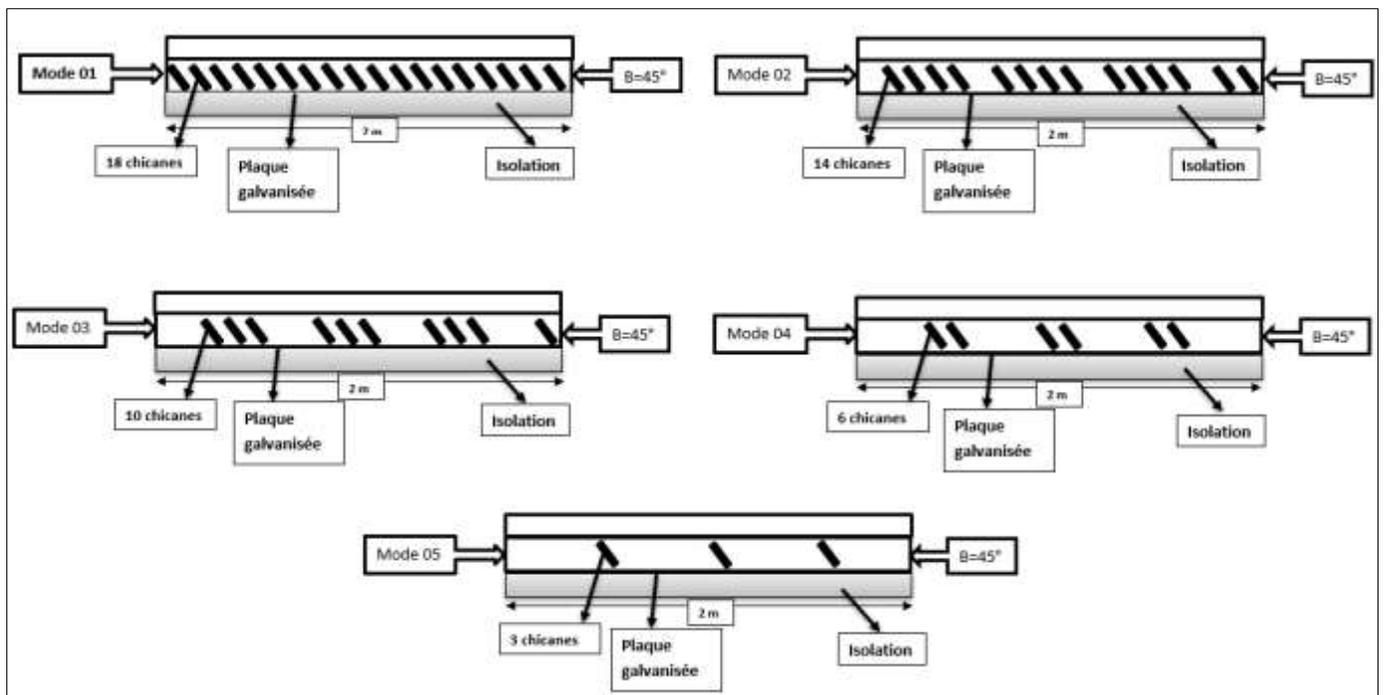


Figure III.6 : Coupe longitudinale du capteur avec répartition des chicanes dans tous les flux de capteur selon différentes configurations.

Configuration	1	2	3	4	5
Ic(mm)	100	100	100	100	500
Ic(mm)	100	200	300	400	500

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

Le complexe d'énergie solaire conçu se compose de verre, et en dessous un absorbeur et sous cet absorbeur se trouve un vide composé de 18 chicanes dirigées par un angle (45) et entre les chicanes sont des distances fixes (0.1 m) et le flux d'air dans ce vide (40 mm).

La distance entre l'absorbant et le couvercle en verre est de (30 mm) (longueur = 0.94 m , largeur = 0.02 m , Hauteur = 0.08 mm) , Cette disposition a été choisie car elle s'avère qu'elle est la configuration optimale , Le nombre de cloisons a été choisi et distribué Selon les sites étudiés , les chicane sont de forme rectangulaire, et un aspirateur est installé à la sortie du capteur pour absorber le fluide caloporteur, figure (III.7), figure (III.8).

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

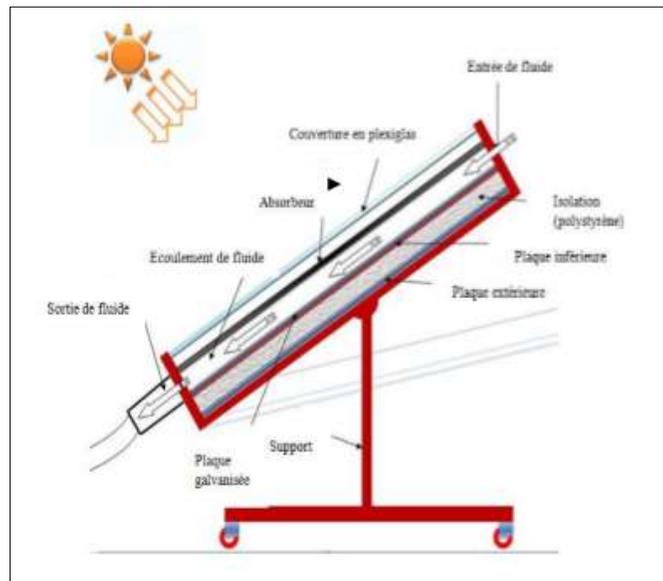


Figure III.7 : Schéma du capteur solaire et géométrie de passage (cas sans chicanes).

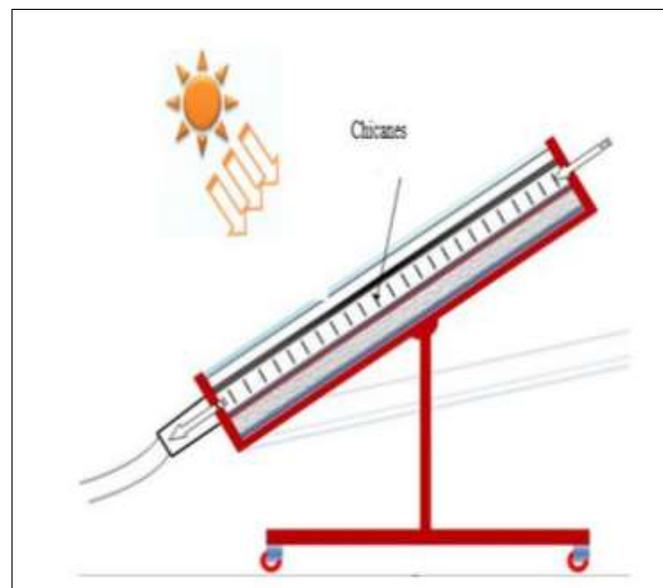


Figure III.8 : Schéma du capteur solaire et géométrie de passage (cas avec chicanes).

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 m².
 - Surface (ouverture) : 1.66 m².
- 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

J'ai fait beaucoup d'expériences sur le capteur et j'ai utilisé au cours desquelles des différents appareils, certains de ces derniers j'ai les utilisé pour mesurer la température et le rayonnement solaire, et les autres sont spécialisés pour calculer la vitesse d'air courant et son débit absorbé par le capteur.

❖ Mesures du débit :

Les mesures de débit de fluide caloporteur sont effectuées en sortie de l'air à l'aide d'un anémomètre à ailette. Le thermo-anémomètre à hélice permet de mesurer à la fois la vitesse, la température et le débit de l'air. Il existe plusieurs types de Thermo-anémomètre à hélice PCE-TA30 et LVB sont utilisés également.



Figure. III9 : 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 : capture CTN.
- Plage de température de fonctionnement : 0 à +50 ° C
- Sonde de température de fonctionnement De : 0 à +50 ° C
- Poids = 390 g.

❖ **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.10 : Capteur de thermocouple de type K.

❖ **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.11). 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.11: Pyranomètre Manuel.

Certaines propriétés de l'appareil ce consiste :

- Type : Frederik sen, Pyranomètre à main, 4890.20
- Dimensions : 172 x 108 x 58 mm.
- Plage de mesure : 0-1999 W / m^2 .
- Résolution : 1 W / m^2 .

- Précision : +/- 5%.
- Signal de sortie : 100 mV = 1000 W / m².
- Batterie : 1 batterie de 9 volts (35,100).

❖ **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 / V_{dc} ± 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.13).



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

III.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous concluons que les méthodes expérimentales sont appuyées sur la validité de l'hypothèse de tests d'essais répétés, et l'accès à de nouvelles données qualitatives confirme ou supprime l'hypothèse précédente. L'expérience scientifique diffère des autres expériences en ce qu'elle requiert de la crédibilité. En appliquant un protocole de test qui permet de reproduire avec précision une expérience spécifique, les outils de mesure sont également utilisés comme outils de référence en raison de leur grande précision de mesure. L'utilisation de ces capteurs est essentielle pour les mesures dans les applications météorologiques.

CHAPITRE

IV :

Résultats et interprétation

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre, On a présenté les résultats des tests effectués sur un capteur solaire à voie unique dans le but d'étudier le changement de l'efficacité thermique et aussi d'avoir savoir l'effet de l'adjonction des chicanes rectangulaires.

IV.2. Résultats et interprétation

IV.2.1. Rendement thermique

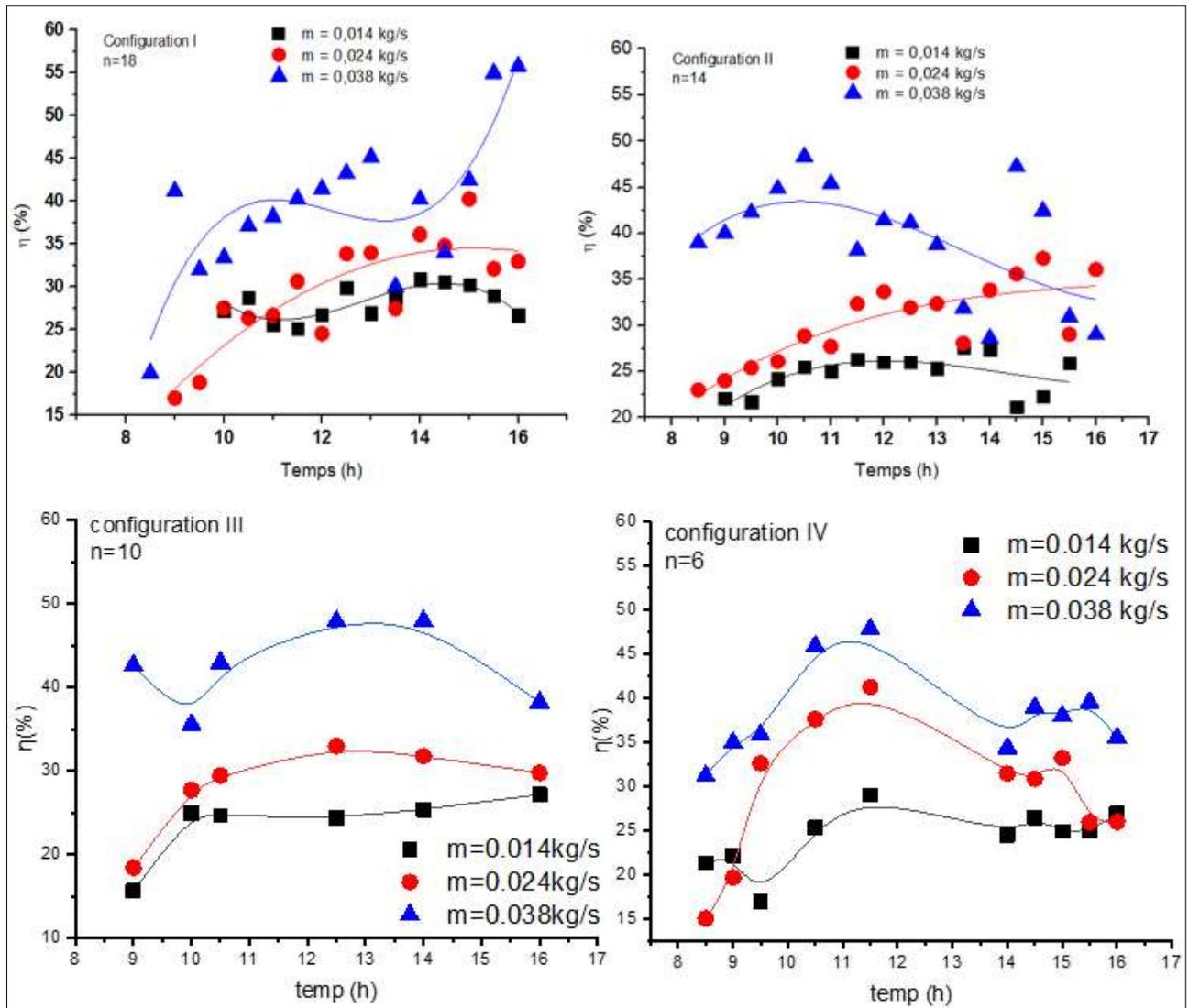


Figure IV.1 : Evolution du rendement thermique pour différent débit massique.

La figure (IV.1) montre l'évolution de rendement thermique en fonction du temps solaire vrais selon les trois différents débits massiques qui 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 la performance du capteur solaire plan à air par une méthode remarquable. On visée qu'au midi solaire, le rendement thermique prend des valeurs maximales pour chaque débit massique utilisé, et contrairement pour lever et coucher solaire, ou le rendement thermique diminue brusquement. Le nombre des chicane joue un rôle principal en performance du capteur solaire, dans ce cas on va cibler que les résultats expérimentaux donnent différent résultat selon la configuration utilisée et un angle égal à 45°. Pour la configuration 1, donne le préférable rendement thermique, ou le nombre de chicane N = 18 et le rendement $\eta=55\%$, la seconde configuration, N = 14, $\eta = 49\%$, le troisième configuration, N = 10, $\eta = 48\%$, la dernière configuration N = 6, $\eta = 47\%$, pour un faible débit massique on implique un faible rendement.

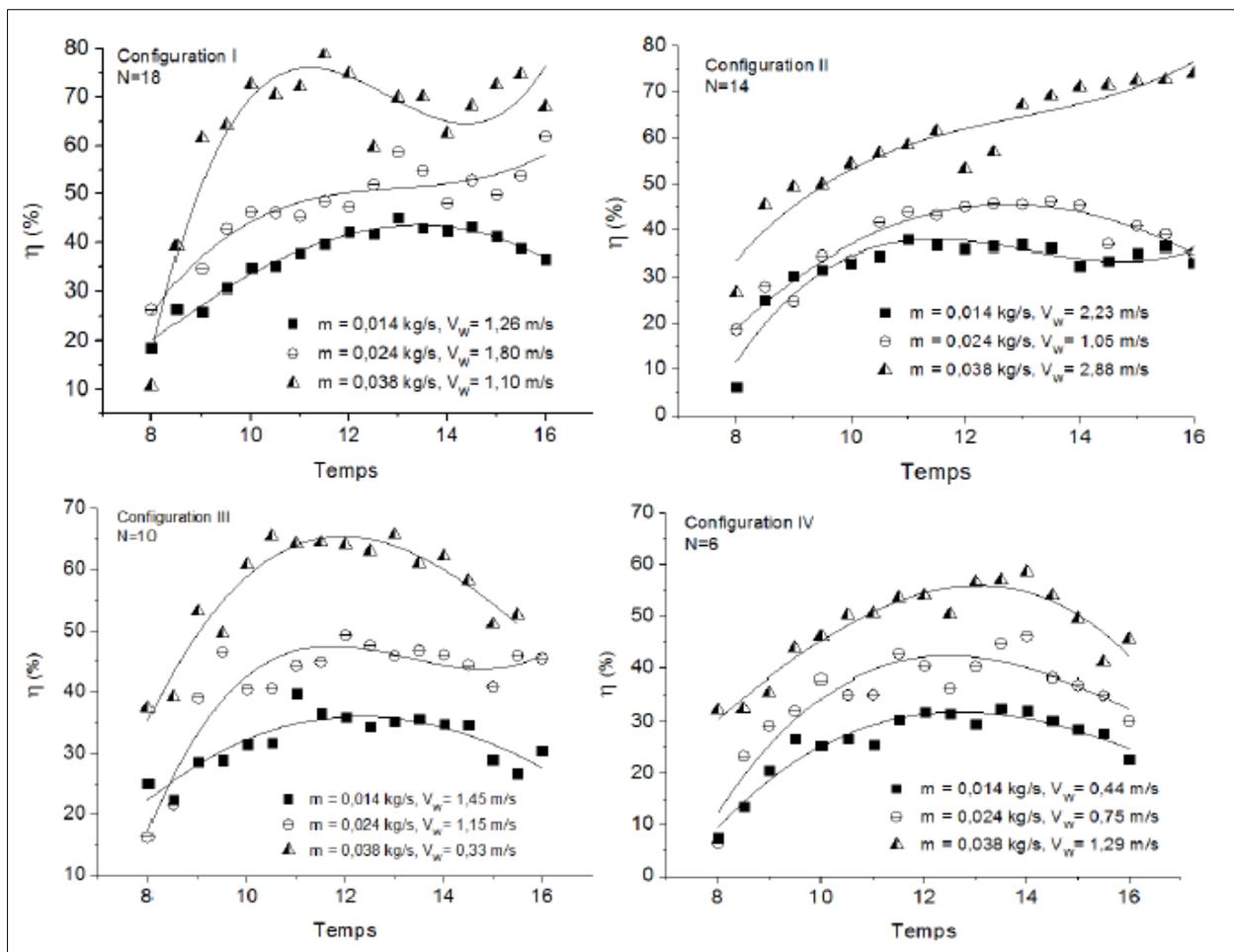


Figure IV.2 : Evolution du rendement thermique pour différent débit massique [3].

La figure (IV.2) montre la différence de rendement thermique en fonction du temps solaire réel en fonction du flux des trois masses différentes calculé à partir de l'équation (III.1). Les résultats de **Djaber Kherroubi [3]**. Dans ce cas , nous devons comparer nos résultats avec les résultats de Djaber Kherroubi et nous viserons tous les mêmes configurations mais sous un angle différent pour les chicanes (90 °).

En suivant les résultats des écoulements et des configurations, nous avons constaté qu'il enregistre les meilleurs résultats au plus grand débit et au plus grand nombre des chicanes, c'est-à-dire la configuration1 (18 chicanes) et le débit $m = 0.036$ pour qu'il enregistre la valeur du rendement $\eta = 70\%$ et la diminution de son rendement en diminuant le nombre des chicanes et le débit massique.

Notez que les configurations Djaber Kherroubi offrent un rendement thermique préféré par rapport à l'angle que vous avez utilisé.

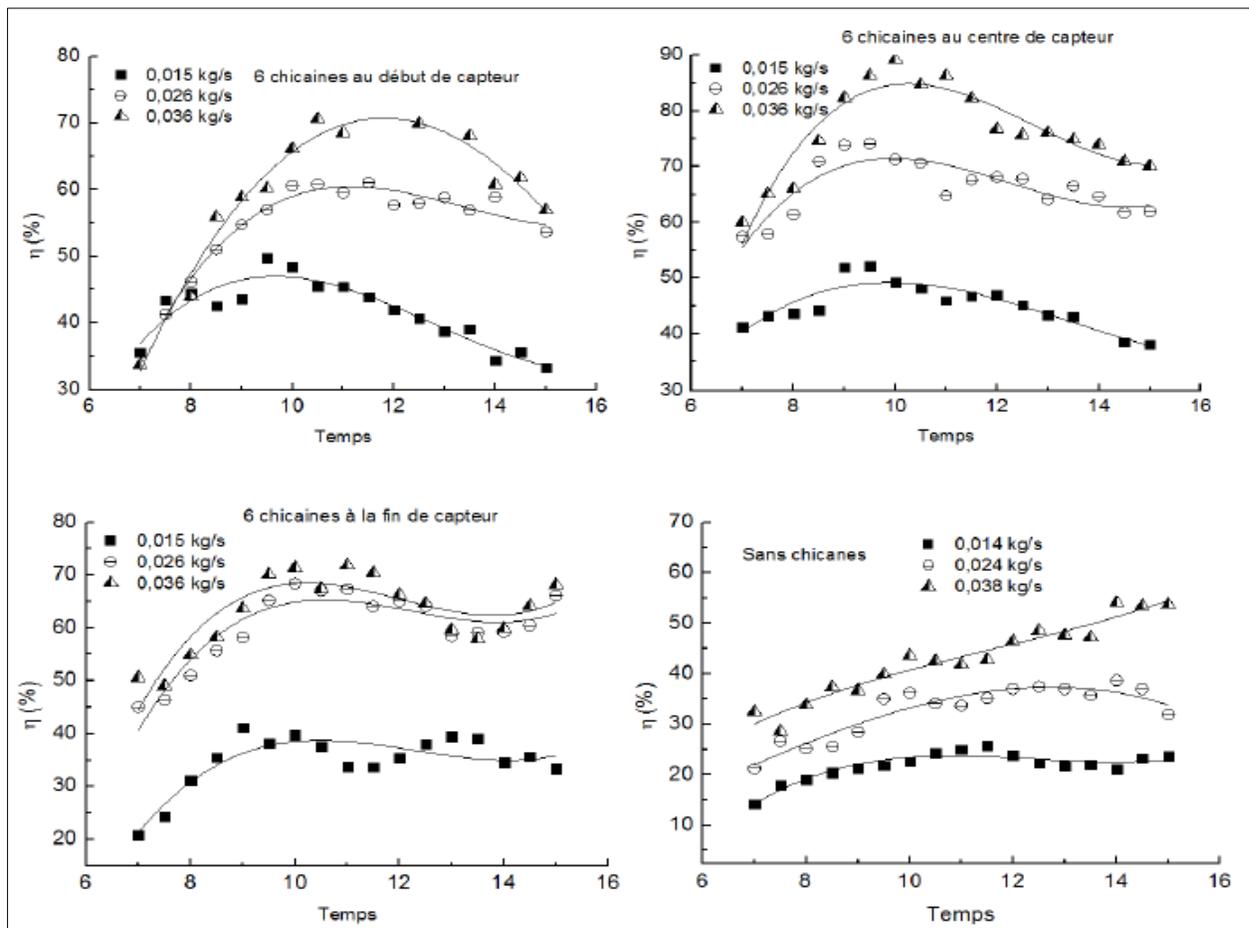


Figure IV.3 : Evolution du rendement thermique en correspond de Farès Grira [16].

La figure (IV.3) montre la variation de rendement thermique en fonction de temps solaire varie, pour différents trois débits massiques, les résultats de **Farès Grira [16]**. Dans ce cas, on doit faire la comparaison entre notre résultat et les données de Farès Grira, mais on cible juste les nombre des chicane $N = 6$.

D'après l'illustration des résultats obtenues sur la figure (IV.1), on va sélectionner la configuration 4, qui possède les nombres de chicane $N = 6$, pour faire la comparaison avec les données de F. Grira. Alors les résultats expérimentaux ont donné le rendement $\eta = 47\%$ selon la configuration 4, où la distribution des chicane varie entre deux chicane voisines par la distance 10 cm, et la distance entre deux chicane et deux autres chicane est égale à 40 cm qui donne l'ensemble de chicane $N = 6$ à débit massique $m = 0.036$ kg/s. Par rapport les résultats de Farès Grira utilisés des trois configurations différentes mais qui ont le même nombre de chicane. Farès Grira a distribué les chicane voisines entre eux, en ordre et fixé, il a déplacé ces 6 chicane au début, au centre et à la fin du capteur. Il a constaté $\eta = 70, 85, 72 \%$ respectivement l'ordre des configurations au même débit massique.

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

IV.2.2. Perte de charge

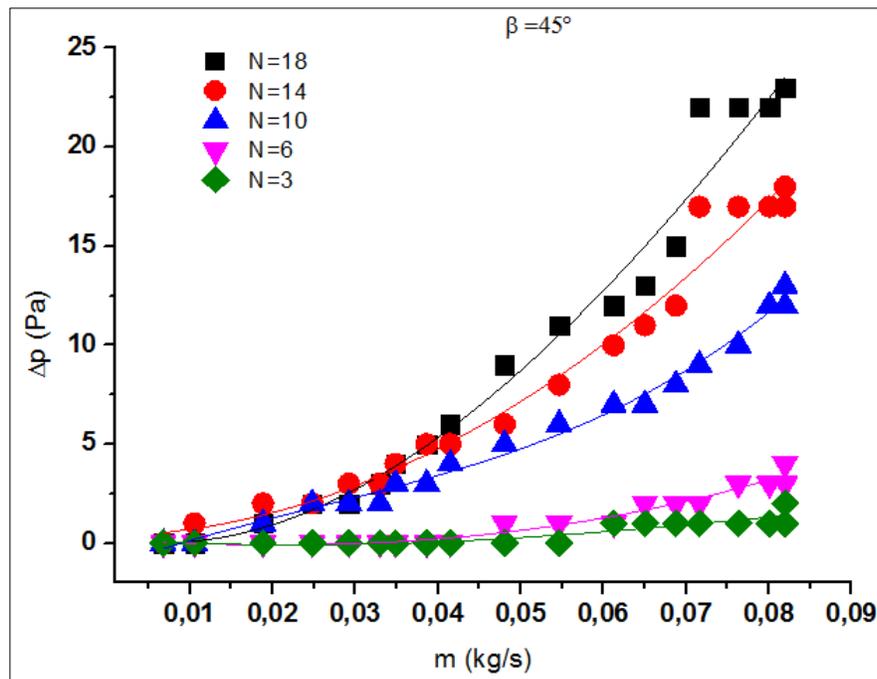


Figure IV.4 : Variation de perte de charge correspondent le nombre de chicane.

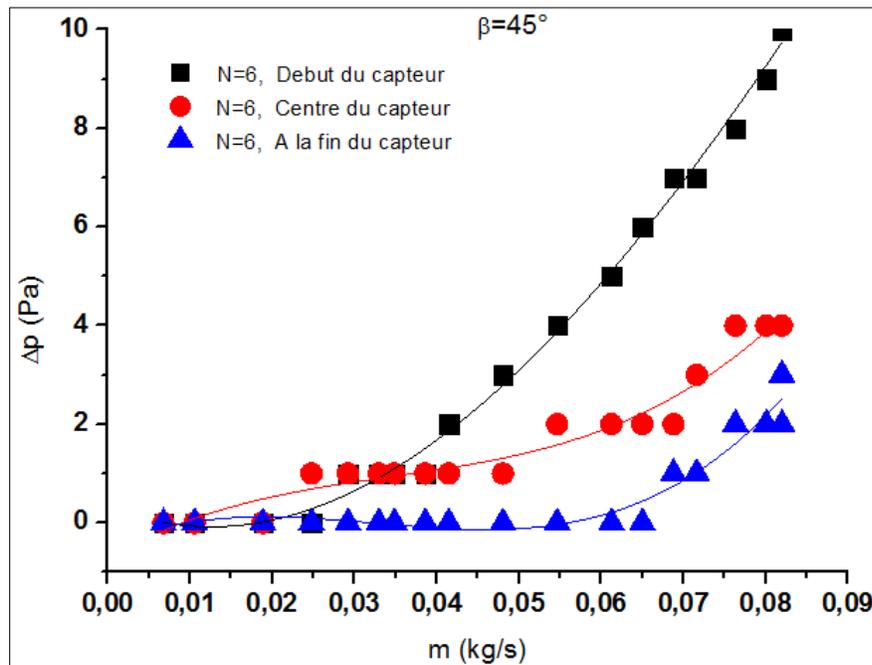


Figure IV.5 : Variation de perte de charge correspondent le nombre de chicanes.

Les figures (IV.4) et (IV.5) montre la différence de la perte de charge en fonction du débit massique selon les cinq configurations différentes pour un angle égale à 45°.

Nous notons que le développement de la perte de charge sous la forme exponentielle qui à son tour est affecté par le nombre des chicanes utilisées où la première configuration N = 18 donne la plus grande chute de pression qui enregistre une valeur égale à $\Delta P=23$ Pa, et diminue en diminuant le nombre des chicanes et en diminuant aussi le débit, et enregistre la valeur la plus faible dans la cinquième formation N = 3 Marquez une valeur $\Delta P =2$ Pa

Plus le débit et le nombre des chicanes augmente, plus la perte de charge est importante.

On note : Les résultats des pertes des charges sont plus faibles par rapport à ceux de Djaber Kherroubi et Farès Grira

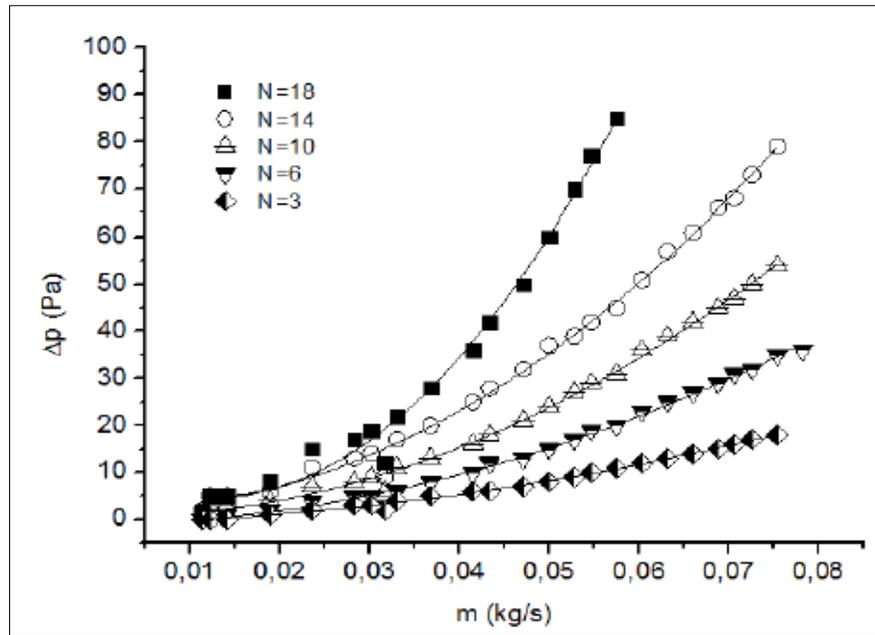


Figure IV.6 : Variation de perte de charge correspondent le nombre de chicanes [3].

La figure (IV.6) montre la différence de la perte de charge en fonction du débit massique selon les cinq configurations différentes des données de Djaber Kherroubi (un angle égal à 90°). Nous notons que l'évolution de la diminution de la pression est liée au nombre de chicanes et au volume du flux, c'est-à-dire qu'elle augmente avec l'augmentation et la diminution avec sa diminution de sorte qu'elle enregistre la plus grande valeur de la perte de charge à la configuration 1 (18 chicanes) $\Sigma P = 90 \text{ Pa}$ et la valeur la plus faible de la perte de charge à la configuration 5 (3 chicanes) $\Sigma P = 15 \text{ Pa}$.

On note que les configurations de Djaber Kherroubi à l'angle égal à 90° donnent une perte de charge plus importante que celle correspondant à l'angle 45° .

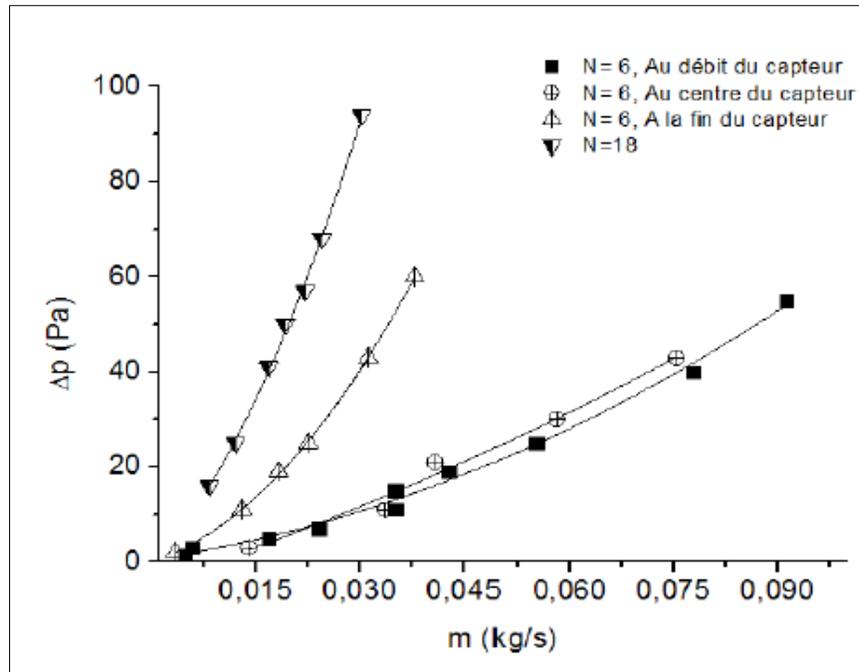


Figure IV.7 : Variation de perte de charge selon la configuration de Farès Grira [16].

La figure (IV.7) montre la variation de perte de charge correspondent les données de Farès 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 $\Delta P = 60$ Pa et $m = 0,036$ kg/s, et minimum perte de charge estimé la configuration, ou les 6 chicanes situées au débit du capteur soit $\Delta P = 15$ Pa à débit massique $m = 0,036$ kg/s, dans ce cas, on remarque que notre résultat donne le meilleur faible perte de charge, ou $\Delta P = 8$ Pa par contre les données de Farès Grira (selon le nombre de chicanes $N = 6$).

IV.2.3. Variation de la température du fluide caloporteur

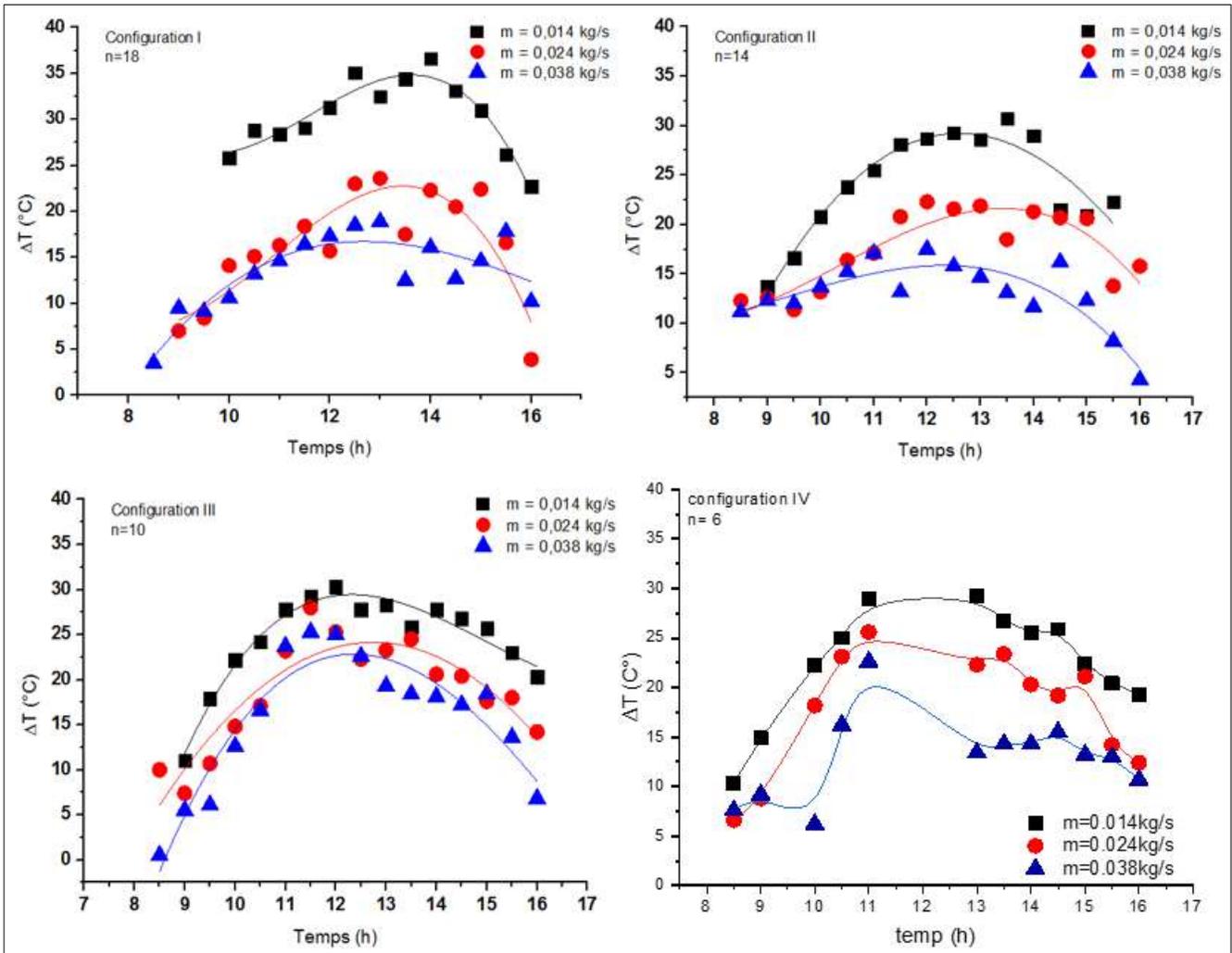


Figure IV.8 : Ecart de la température du fluide caloporteur selon trois différents débits massiques.

La figure (IV.8) montre la différence de température en fonction du temps , selon les quatre configurations différentes à l'angle égale à 90° pour des différents flux.

On note que la plus grande valeur du changement de différence de température a été enregistrée pendant (le midi solaire) selon la configuration qui comporte le plus grand nombre des chicanes : $N = 18$ et sa valeur $\Delta T = 37^\circ\text{C}$ Et elle diminue respectivement pour chaque configuration utilisée quel que soit le débit massique.

L'évolution de la différence de température augmente au maximum lors de moins débit massique existé $m = 0.014$ et à (midi solaire), les résultats sont les suivantes $\Delta T = 31^\circ\text{C}$, $\Delta T = 30^\circ\text{C}$, $\Delta T = 29^\circ\text{C}$, respectivement, pour une diminution des chicanes le débit massique maximal reste constant et égale à $m = 0.014$.

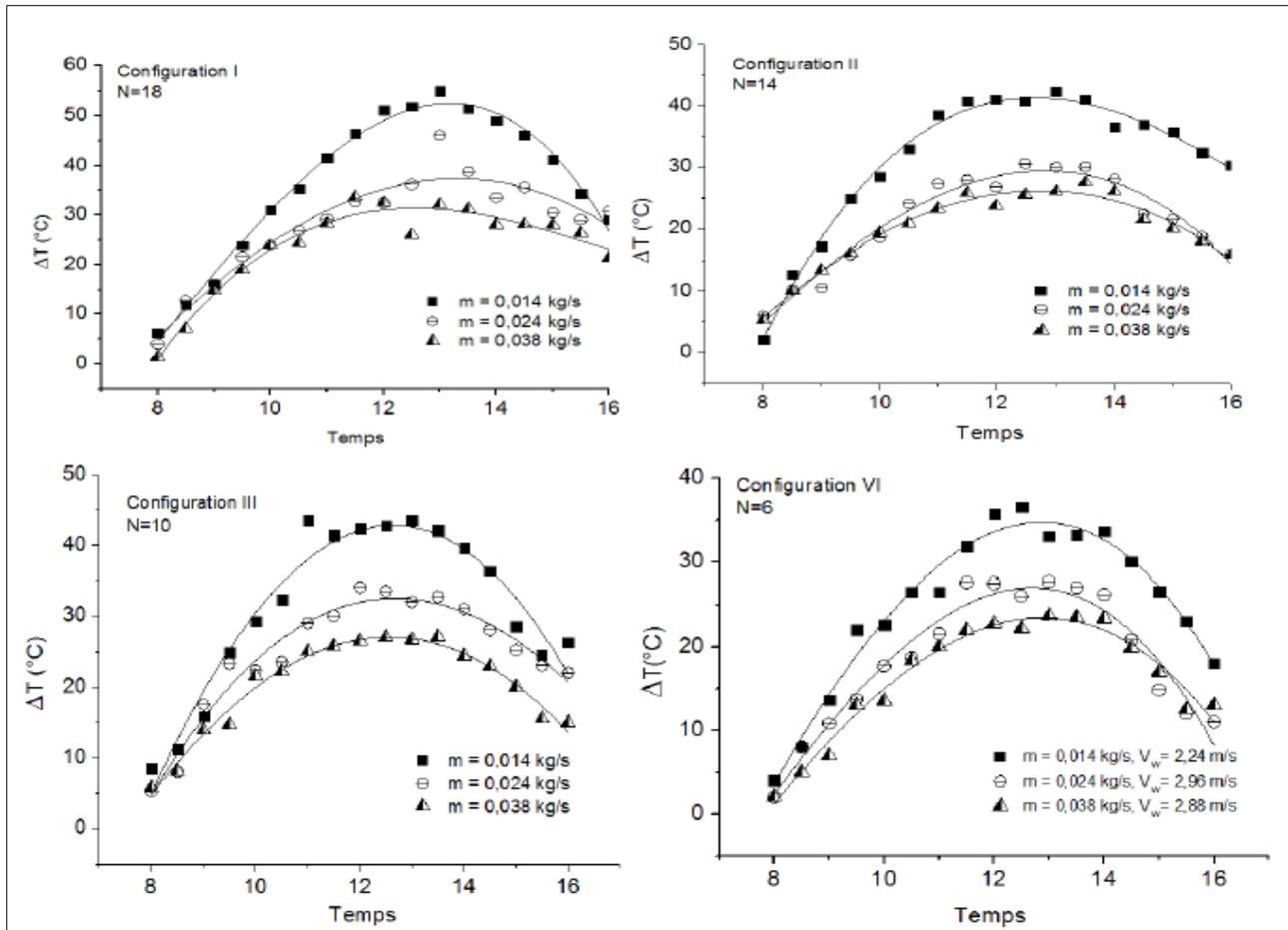


Figure IV.9: Ecart de la température du fluide caloporteur selon trois différents débits massiques [3].

La figure (IV.9) montre la différence de différence de température en fonction du temps selon les quatre configurations et les trois équations de débit massique différentes.

Les résultats de **Djaber Kherroubi** [3] Dans ce cas , Nous devons comparer nos résultats avec les résultats de Djaber Kherroubi et nous viserons toutes les configurations, mais sous un angle différent de la chicane (90°)

En suivant les résultats des écoulements et des configurations, nous avons constaté qu'il enregistre les meilleurs résultats au débit le plus bas et au plus grand nombre des chicanes, c'est-à-dire la configurations 1 (18 chicanes) et le débit $m = 0.014$ et à (midi solaire) et que ses valeurs $\Delta T = 55^\circ\text{C}$, et sa valeur diminue en diminuant le nombre des chicanes Et augmentez le débit massique.

On note que les configurations de Jabir Kherroubi donnent une meilleure différence de température par rapport à l'angle que vous avez utilisé.

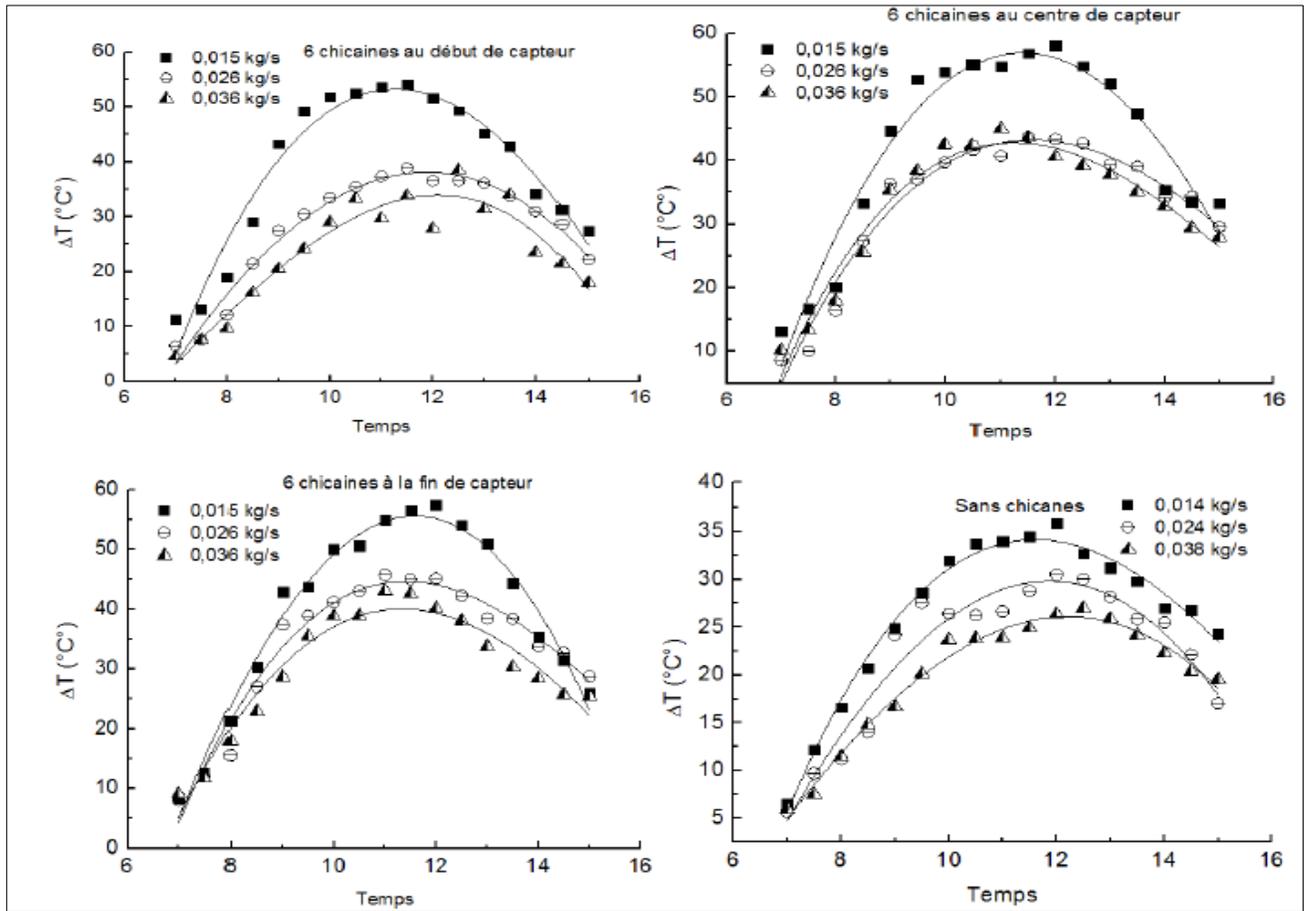


Figure IV.10 : Ecart de la température du fluide caloporteur, de Farès Grira [16].

La figure (IV.10), montre la variation de l'écart de la température, correspondant aux données de Farès Grira en fonction de temps et selon le débit massique. On remarque que le maximum écart de température est suivant la configuration ou les 6 chicanes situées au centre et à la fin du capteur ont même valeur, soit $\Delta T = 57\text{ }^{\circ}\text{C}$ selon le débit massique $m = 0.014\text{ kg/s}$

IV.4. Température de sortie

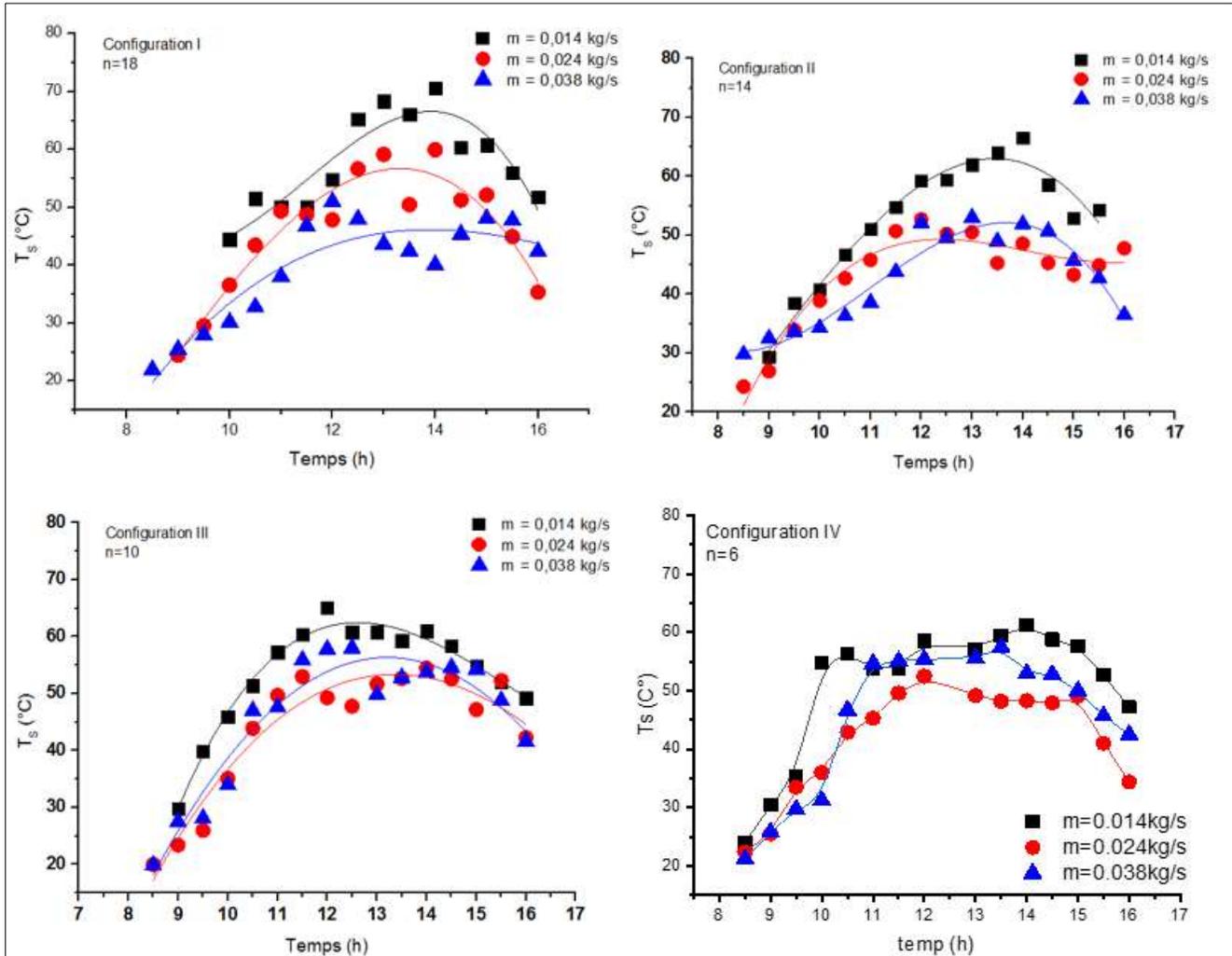


Figure IV.11 : Variation de température de sortie en fonction du temps.

La figure (IV.11) montre l'évolution de la température de sortie en fonction du temps , en fonction des équations de débit des trois blocs diffèrent et à un angle égal à 45°.

De sorte que la température maximale de la sortie a été enregistrée pendant (midi solaire) au débit massique le plus faible $m = 0.014$ et la plus grande formation de porteurs pour le nombre de chicane (configuration 1) $N = 18$ avec une valeur de $T_s=71^{\circ}\text{C}$, et décroissant progressivement pour les chicane décroissantes par valeurs $T_s=67^{\circ}\text{C}$, $T_s=65^{\circ}\text{C}$, $T_s=61^{\circ}\text{C}$.

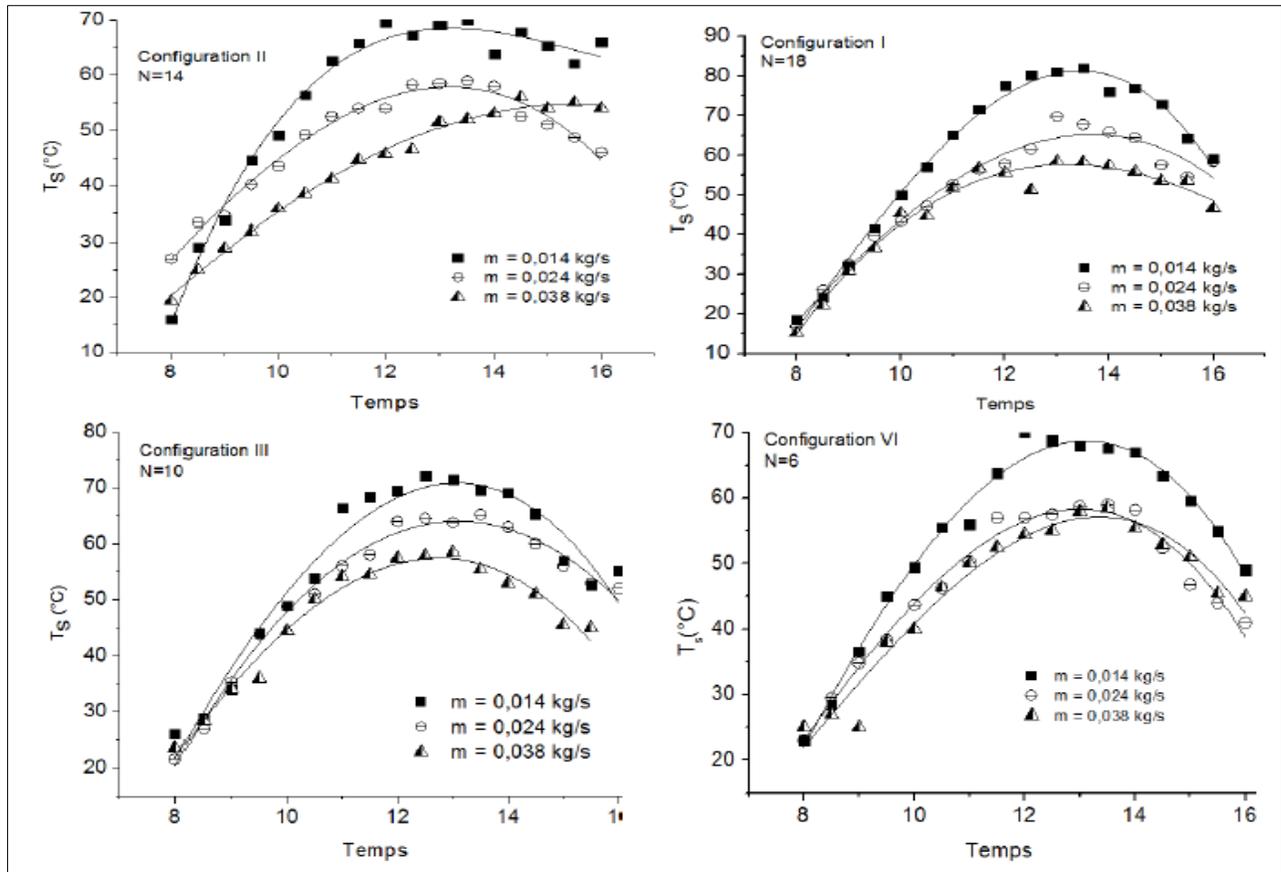


Figure IV.12 : Variation de température de sortie en fonction du temps [3].

La figure (IV.12) montre l'évolution de la température de sortie en fonction du temps selon les quatre configurations et les trois équations de débit massique différentes.

Résultats de **Djaber Kherroubi [3]**. Dans ce cas, nous devons comparer nos résultats avec les résultats de Djaber Kherroubi. Nous viserons toutes les configurations, mais sous un angle différent de la chicane (90 °).

En suivant les résultats des écoulements et des configurations, nous avons constaté qu'il enregistre le meilleur résultat au débit le plus bas et au plus grand nombre des chicanes c'est-à-dire la configuration 1 (18 chicanes) et le débit de $m = 0.014$ et à (le midi solaire) avec une valeur de $T_s = 80$ au débit $m = 0.014$. Sa valeur diminue à mesure que le nombre de chicanes diminue et que le débit massique augmente.

Notez que les configurations Djaber Kherroubi donnent une meilleure température de sortie par rapport à l'angle que j'ai utilisé.

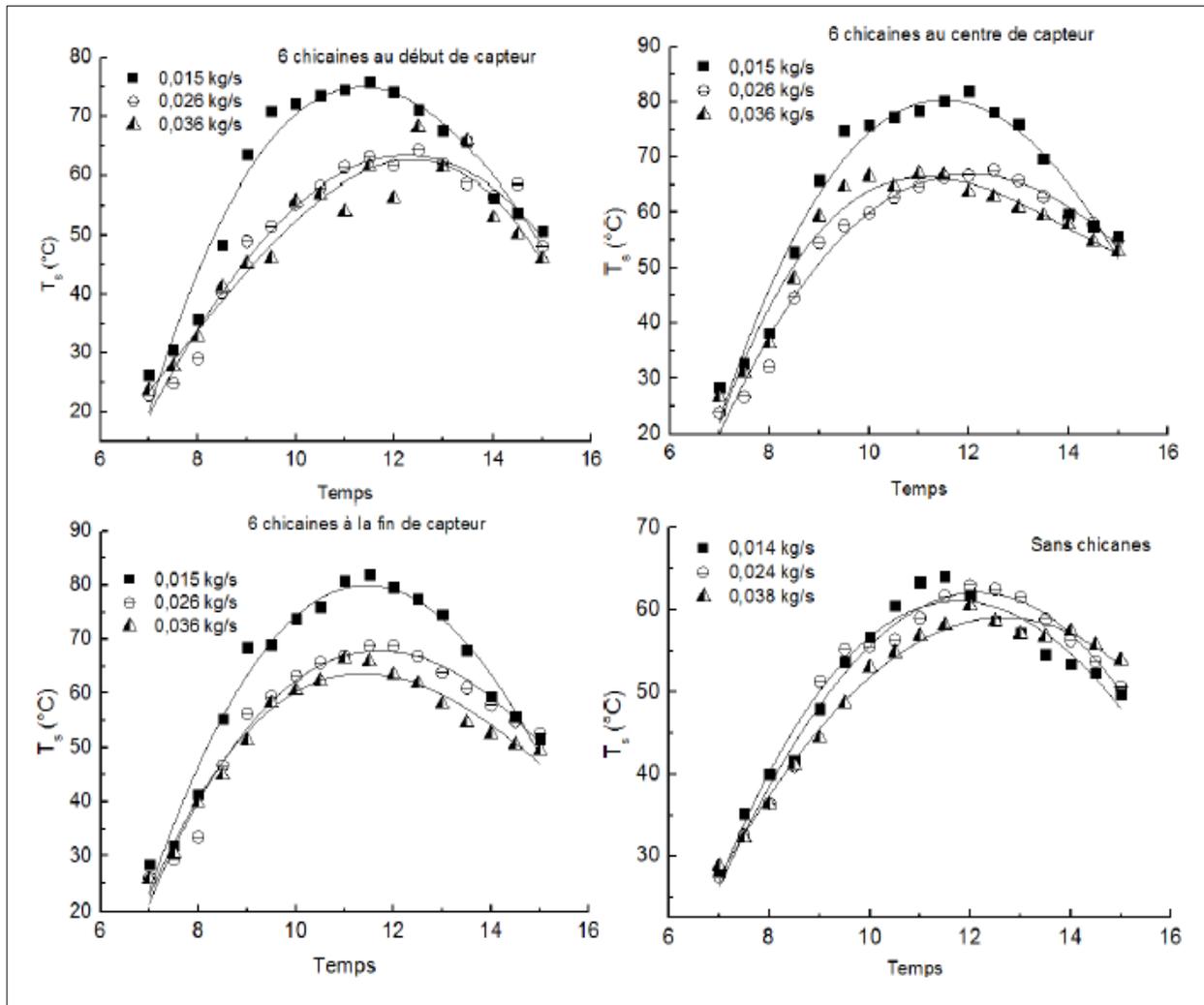


Figure IV.13: Variation de température de sortie en fonction du temps [16].

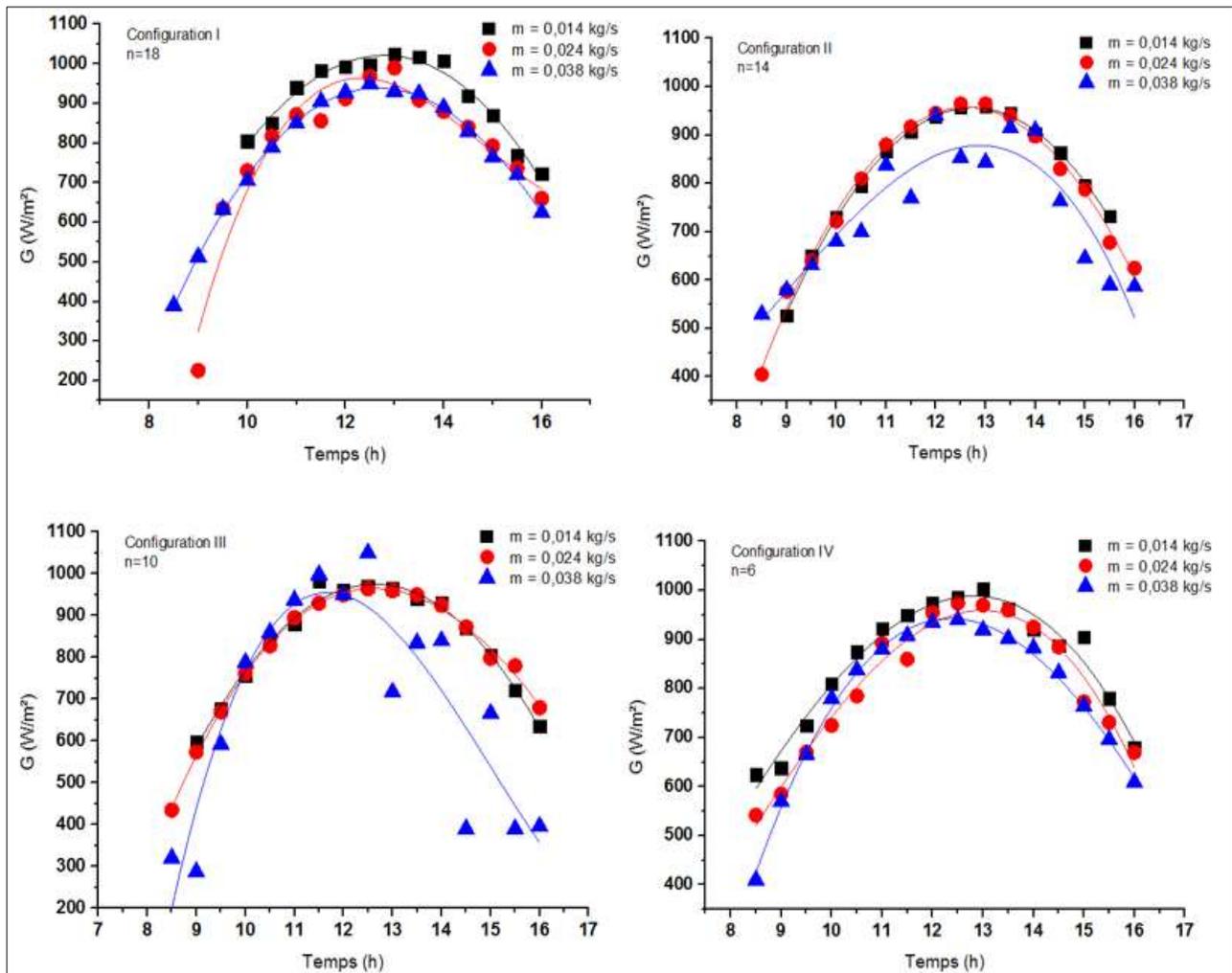
Pour les données de Farès Grira qui a constaté la valeur de température de sortie suivant les configurations utilisées, voir figure (IV.13) concerne de 6 chicanes au début du capteur, soit $T_s = 75$ °C, au centre du capteur $T_s = 80$ °C et à la fin du capteur $T_s = 80$ °C. Pour le capteur solaire sans chicanes on constate que la température de sortie a presque à la même valeur de la configuration 3 à $N=10$.

IV.5: Rayonnement solaire

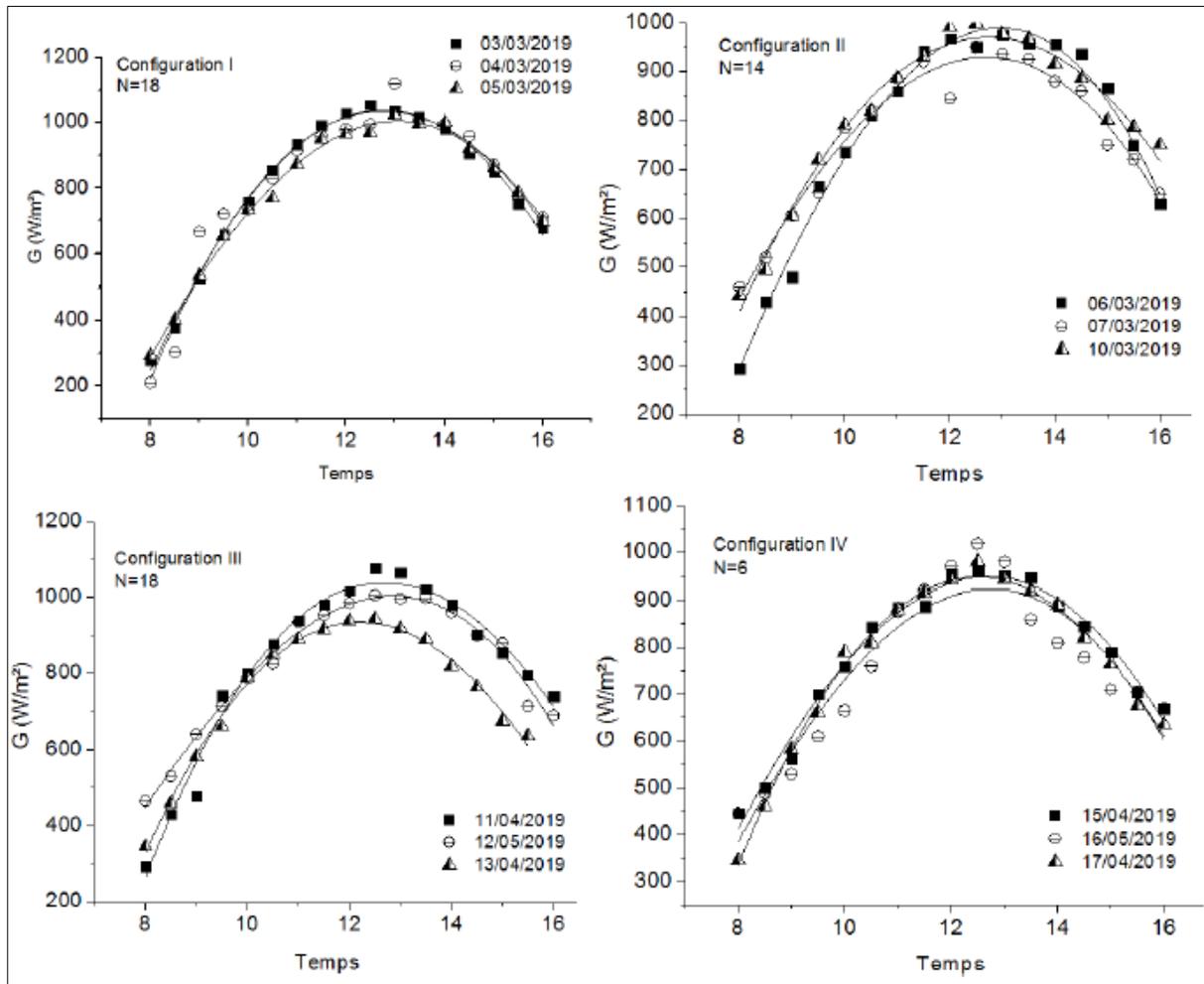
Suivant les figures (IV.14, IV.15 et IV.16) Ces figures présentent l'évolution de la variation du rayonnement solaire global en fonction de termes de temps selon les configurations des chicanes.

On observe que le rayonnement solaire commence par des valeurs assez faibles 350 à 450 W/m² 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 W/m², alors qu'il commence à diminuer pour atteindre une valeur comprise entre 600 et 700 W/m² à 16h.

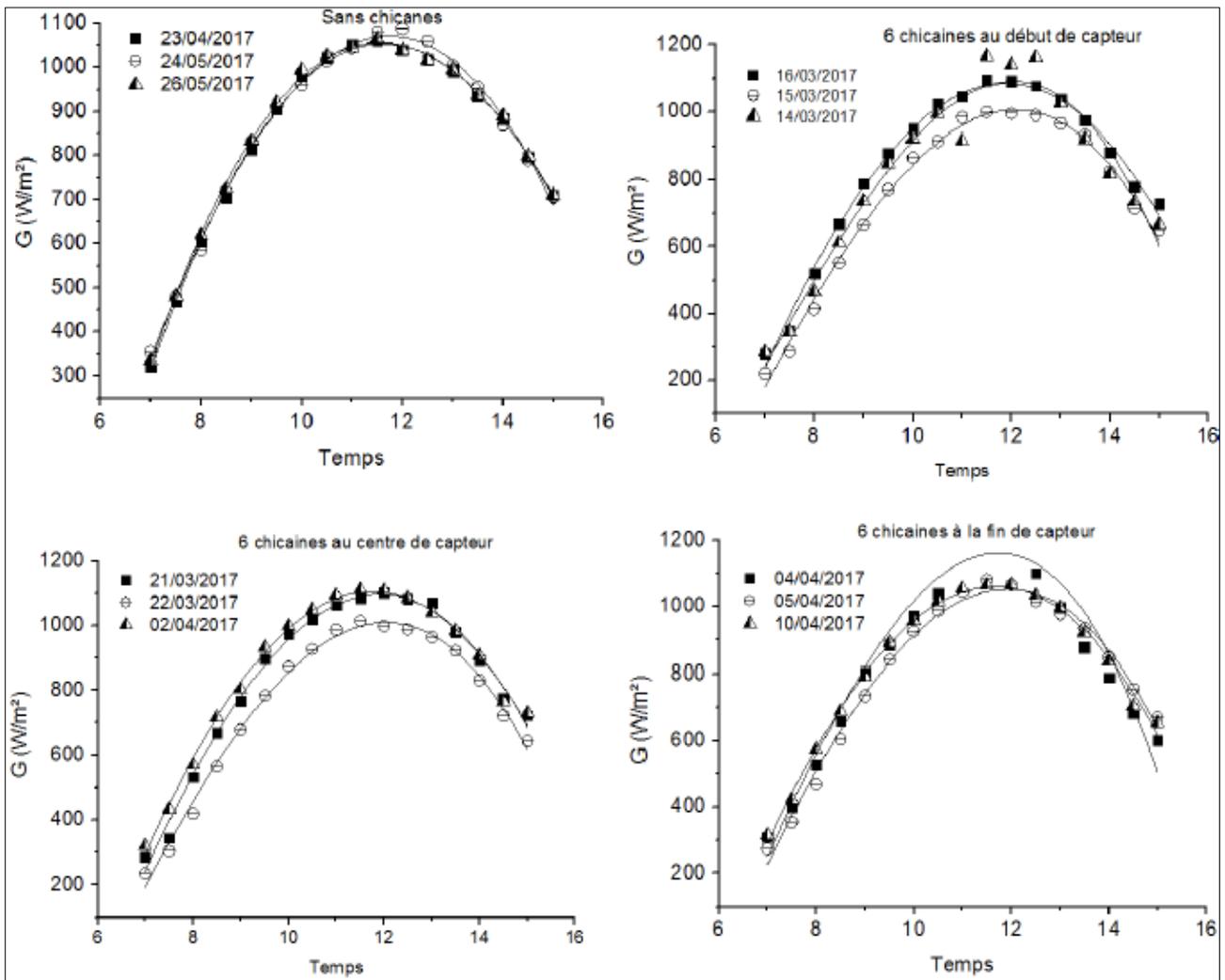
Les résultats de la figure (IV.9) sont pris pour un ciel clair durant toute l'expérience. L'allure est de forme gaussienne. La branche qui nous intéresse est celle du lever au coucher du soleil avec une amplitude qui correspond au rayonnement solaire maximale enregistré au milieu de la journée (midi solaire).



Figures IV.14 : Variation de rayonnement solaire en fonction du temps.



Figures IV 15 : Variation de rayonnement solaire en fonction du temps [3].



Figures IV.16: Variation de rayonnement solaire en fonction du temps [16].

IV.6. Conclusion

Après avoir comparé l'efficacité des quatre sites avec des chicanes à partir les résultats ce que Djaber Kherroubi et Farès Grira ont trouvé, nous avons constaté que le placement des chicanes au milieu du complexe solaire représenté par la formation 2 de Farès Grira est meilleur que les cinq formations ont été utilisées de nos expériences, mais nous étions les meilleurs dans notre expérience et plus spécifiquement dans Genèse 4 Selon la perte de charge.

Concernant l'amélioration des performances dans nos quatre essais. Nous concluons que le mode 2 est le meilleur. Bien que le mode 1 soit plus efficace que le mode 2, la perte de charge en mode 2 ne peut être comparée à la perte de charge en position 1. Nous concluons que l'installation des chicanes au milieu du tube est la meilleure position. Pour notre capteur, avec la distance entre les quatre chicanes et les quatre autres 0.2 mètres et cet angle de 90 degrés donne le plus d'efficacité et reflète la plus grande perte de pression angulaire à 45 degrés, ce qui donne le rendement le plus bas et la perte de pression la plus faible.

Conclusion générale

Notre travail représente une contribution efficace à l'amélioration des performances du capteur solaire à air plat, qui a été mis en œuvre et testé dans le hall technologique du Département de génie mécanique de l'Université de Biskra.

L'amélioration des performances des capteurs solaires, c'est réduire les pertes de chaleur par convection et rayonnement.

Le but de notre travail est obtenu plus d'efficacité et moins de perte de pression.

Cette étude était basée sur une comparaison des résultats obtenus dans l'expérience avec les résultats obtenus par **Djaber Kherroubi [3]**, qui était représenté dans les quatre positions, mais à l'angle des différentes chicane (90 °) et **Faris Grira [16]** qui a inventé les quatre premiers modes et Prouvez que la meilleure façon d'augmenter l'échange de chaleur et d'obtenir les meilleures performances consiste à ajouter des chicane dans les courants d'air en mouvement à ce capteur.

Les résultats montrent l'effet des chicane sur la plaque d'absorption, Nous concluons que l'ajout des chicane augmente non seulement l'efficacité du capteur, mais affecte également l'efficacité, nous avons démontré que l'ajout de chicane crée de nouvelles perturbations.

Après avoir comparé l'efficacité des quatre sites avec les chicane, et ce que Djaber Kherroubi et Faris Grira ont trouvé à partir des résultats, nous avons constaté que le placement des chicane au milieu du complexe solaire représenté par Genesis 2 de Faris Grira est meilleur que Genesis 4 que nos expériences utilisées par Djaber Kherroubi et nous, mais nous étions les meilleurs en notre expérience plus précisément dans Genesis 4 en fonction de la chute de pression.

En ce qui concerne l'amélioration du rendement dans nos quatre essais, nous concluons que le mode 2 est meilleur, même si le mode 1 est plus efficace que le mode 2, mais la chute de pression en mode 2 ne peut pas être comparée à la perte de charge du mode 1, nous concluons que la stabilisation des chicane au milieu du tube est la meilleure position pour un appareil Notre capteur, avec une distance entre quatre chicane et les quatre autres, est de 0.2m.

L'ajout de chicane est donc un facteur d'amélioration très important.

La performance d'un capteur solaire d'air plat, le fait que son rôle soit double les rend turbulents à proximité de la plaque chauffante et prolongent également le cours du fluide caloporteur.

Références bibliographiques

- [1] **Boutheina Djeddou.** ‘‘L’impact de la configuration urbaine sur l’exploitation du gisement solaire’’ Mémoire de Magister faculté d’architecture, Cas de la Ville de Biskra. (2016).
- [2] **F. Chabane,** ‘‘Modélisation des paramètres de la conversion thermique de l’énergie solaire’’ thèse doctorat en sciences en Génie Mécanique de Biskra (2015).
- [3] **Djaber KHERROUBI.** ‘‘Influence de l’adjonction des chicane transversales sur les performances d’un capteur solaire à air’’ Mémoire de Master, Université de Biskra (2019).
- [4] **MEZIANI Fariza.** ‘‘Détermination du gisement solaire par traitement d’images MSG’’ Mémoire de Magister faculté de génie électrique et de l’informatique département d’électronique, université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzo.
- [5] **Aghilas Brahimi,** ‘Etude de performances d’un capteur solaire plan à eau,’ <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01825548>, Génie des procédés (2016).
- [6] **HADJ BELKACEMI Mohammed,** ‘Modélisation et Etude Expérimentation d’un Capteur Solaire non Vitré et Perforé,’ Mémoire de Master, Université de Abou Berk Belkadi de Tlemcen (2011)
- [7] **Ihddadene Nabila,** ‘Détermination de l’angle optimal d’inclinaison de capteur solaire à M’Sila,’ Mémoire de Master de Génie Mécanique, Université de M’sila (2015).
- [8] ‘‘Analyse-des-pertes-thermiques’’ livre, Tlemcen (2012).
- [9] **El arbi el bouziani,** ‘Le gisement solaire,’ Faculté de science ibn tofail a A Kenitra ‘Maroc’ (2014).
- [10] **TABET Ismail.** ‘‘Étude, Réalisation et simulation d’un capteur solaire’’ thèse Pour obtenir le diplôme de doctorat en sciences en physique, de Constantine (2016).
- [11] **Mommi Noureddine,** ‘Thermique sol’, professeur en Génie Mécanique Université de Biskra (2008).
- [12] **Mommi Noureddine,** ‘Démonstration system solaire thermique’ professeur en Génie Mécanique Université de Biskra (2008).
- [13] **Amraoui Mohammed Amine,** ‘Etude numérique d’un capteur solaire plan à air Influence de la forme de la rugosité,’ MEMOIRE DE MAGISTER EN GENIE MECANIQUE, (2011).
- [14] **Ihddadene Nabila,** ‘Détermination de l’angle optimal d’inclinaison de capteur solaire à M’Sila,’ Mémoire de Master de Génie Mécanique, Université de M’sila (2015).

- [15] **HADID Mohamed Sadok.** ‘‘Influence de l’adjonction des chicanes transversales sur les performances d’un capteur solaire à air’’ Mémoire de Master, Université de Biskra (2018).
- [16] **Fares Grira.** ‘‘Influence de l’adjonction des chicanes transversales sur les performances d’un capteur solaire à air’’ Mémoire de Master, Université de Biskra (2017).
- [17] **C. Khanoknaiyakam, S. Kwankaomeng et P. Promvong** ‘‘Thermal Performance Enhancement in Solar Air Heater Channel with Periodically V-shaped Baffles’’ 2012.
- [18] **Jacek Jan Fiuk, Krzysztof Dutkowski** ‘‘Experimental investigations on thermal efficiency of a prototype passive solar air collector with wavelike baffles’’2019.
- [19] **Houari Ameer** ‘‘Effect of the baffle inclination on the flow and thermal fields in channel heat exchangers’’2019.
- [20] **M.T. Baissi, A. Brima, K. Aoues, R. Khanniche, N. Moumni** ‘‘Thermal behavior in a solar air heater channel roughened with delta-shaped vortex generators’’2018.
- [21] **Mitra Akhbari, Amir Rahimi et Mohammad Sadegh Hatamipour** ‘‘Modeling and Experimental Study of a Triangular Channel Solar Air Heater’’2019.
- [22] **Dengjia Wang, Jin Liu, Yanfeng Liu, Yingying Wang, Bojia Li, Jiaping Liu** ‘‘Evaluation of the performance of an improved solar air heater with ‘‘S’’ shaped ribs with gap’’ 2020.
- [23] **Tolga Ural** ‘‘Experimental performance assessment of a new flat-plate solar air collector having textile fabric as absorber using energy and exergy analyses’’2019.
- [24] **Charaf-Eddine Bensaci, Abdelhafid Moumni, Francisco J. Sanchez de la Flor, Enrique A. Rodriguez Jara, Alejandro Rincon-Casado, Alvaro Ruiz-Pardo,** ‘‘Numerical and experimental study of the heat transfer and hydraulic performance of solar air heaters with different baffle positions’’ *Renewable Energy*, Volume 155, August 2020, Pages 1231-1244.
- [25] **F, Benyelles ; B, Benabadjia ; B, Ben Youcef ; Z, Zani,** ‘‘Comparaison entre un capteur à aérogel de silice et d’autres capteurs plans’’, 13emes Journées Internationales de Thermique. (2007).
- [26] **A. Zerrouki, B. Tedjiza et N. Saïd,** ‘‘Modélisation des Pertes Thermiques dans un Capteur Solaire à Air à deux Passes’’, *Rev. Energ. Ren.* Vol. 5, pp. 49-58, 2002.
- [27] **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 :

Pour améliorer le fonctionnement des panneaux solaires, nous avons ajouté des chicane rectangulaires perpendiculaires au flux de fluides (pour augmenter le rendement thermique et réduire la perte de charge). Afin d'obtenir le plus grand rendement thermique, nous avons manipulé et modifié le nombre des chicane à un certain angle de 45° et blocs d'écoulement, et nous avons constaté que le plus grand rendement thermique est obtenu au plus grand nombre des chicane et la plus grande masse d'écoulement. Mais nous avons également constaté que ces augmentations ont eu une incidence négative sur la perte de charge, et nous avons donc choisi la mode 2 (14 chicane) comme la meilleure expérience parce qu'elle est plus compatible en termes de rendement thermique et de perte de charge. Nous notons également que les chicane d'angle utilisées sont moins efficaces en rendement par rapport aux expériences des étudiants précédents, mais idéales en termes de perte de charge.

Abstract:

To improve the functioning of solar panels, we have added rectangular baffles perpendicular to the flow of fluids (to increase thermal efficiency and reduce pressure loss). In order to obtain the greatest thermal efficiency, we manipulated and changed the number of baffles at a certain angle of 45° and flow blocks, and we found that the greatest thermal efficiency is obtained at the largest number of baffles and the largest flow mass. But we also found that these increases negatively affected the loss of pressure, and therefore we chose the second experiment (14 baffles) as the best experience because it is more compatible in terms of efficiency and loss. We also note that the angle used baffles are less efficient in efficiency compared to previous students' experiences but ideal in terms of pressure loss.

ملخص:

لتحسين عمل الألواح الشمسية , أضفنا حواجز مستطيلة متعامدة مع تيار مجرى المائع (لزيادة الكفاءة الحرارية وتقليل ضياع الضغط).

بهدف الحصول على أكبر كفاءة حرارية قمنا بتلاعب وتغيير عدد الحواجز عند زاوية معينة 45° وكتل التدفق , وجدنا أنه يتم الحصول على أكبر كفاءة حرارية عند أكبر عدد حواجز وأكبر كتلة تدفق.

لكن وجدنا كذلك أن هذه الزيادات أثرت سلبا عن الضياع الضغط , وبهذا اخترنا التجربة الثانية (14 حاجز) كأحسن تجربة لأنها أكثر توافق من حيث الكفاءة والضياع.

كما نلاحظ أن الزاوية المستعملة للحواجز أقل فعالية في الكفاءة مقارنة بتجارب طلبة سابقة ولكنها مثالية من ناحية الضياع في الضغط.

Mots clés : Capteur Solaire, Rendement Thermique, Perte des charges, Chicane.