



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

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques
Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Energétique

Réf. :/..

Présenté et soutenu par :

MOHAMED ALI ZANOUDA & HAMDI WAIL ZENDAGUI

Le : lundi 27 juin 2022

Amélioration expérimentale du transfert thermique par le chauffage solaire à air

Jury :

Mr. CHEBBAH Med Saïd	Pr	Université de Biskra	Président
Mr. CHABANE Foued	MCA.	Université de Biskra	Rapporteur
Mr. ZELLOUF Miloud	MCB	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2021 – 2022

Dédicaces

"Les petits moments d'aujourd'hui deviennent des précieux souvenirs de demain."

À l'être le plus cher de ma vie, ma mère.

À celui qui m'a fait de moi un homme, mon père.

À mes chers frères Ramy et Sabri

À le petit enfant Abdo

À mon binôme Ali

À mes amis d'enfances, mes proches, mon groupe de travail PARAZED et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible

Je vous dis merci j'espère que Allah nous réunissons tous au paradis.

A celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation et des dévouements, à ma chère mère Zohra

A celui qui s'est changé la nuit en jour pour m'assurer les bonnes conditions, à mon chéré père Omar.

A ma petite famille qui ma toujours soutenue

À mes précieux frères Abd rahmen et Sohaib et mes sœurs Roumaïssa et Douaa qui ont toujours été là pour moi

À mon binôme Wail

À tous mes collègues Boubakar, Nour, et Yassmine et à tous ceux que je connaissais, Je dédie ce modeste travail.

Zanouda Mohamed Ali

Zendagui Hamdi Wail

Remerciements

Tout d'abord, on remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Notre remerciement s'adresse à Mr CHABANE Foued pour son aide et ses encouragements

Notre remerciement s'adresse également à nos professeurs Mr MAHBOUB Chawki et Mr AOUISSI Zouhir pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Nous tient à exprimer nos remerciements aux membres du jury Mr. ZELLOUF Miloud et Mr. CHEBBAH Mohamed Saïd qui ont accepté d'évaluer notre travail

Nos chaleureux remerciements à ceux qui nous ont soutenues durant les étapes de ce travail également.

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Caractéristique du soleil	3
Tableau I.2 : ensoleillement reçu en Algérie par région climatique	12
Tableau II.1 : résultat des tests expérimentaux.....	20
Tableau III.1 : Dimension des constituants	34
Tableau III.2 : Caractéristiques thermo-physiques des composants.....	34
Tableau III.3 : Caractéristiques optiques des éléments de construction	35
Tableau III.4 : Caractéristiques dimensionnel de chicane pour différentes configurations.....	35

Liste des figures

Figure I.1 : Composition de la terre	4
Figure I.2 : la durée du jour	5
Figure I.3 : Le mouvement de la terre autour du soleil	6
Figure I.4 : Rayonnement global	8
Figure I.5 : Les Coordonnées géographiques.....	9
Figure I.6 : Les Coordonnées horaires	10
Figure I.7 : système des coordonnes horizontale	10
Figure I.8 : le rayonnement solaire dans le monde	12
Figure I.9 : le rayonnement solaire en Algérie	13
Figure II.1 : Schéma expérimental	15
Figure II.2 : variation de l'efficacité du capteur avec la température	16
Figure II.3 : Schéma dispositif expérimental	17
Figure II.4 : Schéma descriptif des chicanes.....	17
Figure II.5 : Montage expérimental (avec et sans ailerons).....	18
Figure II.6 : Absorbeur chicanes de forme semi-cylindrique	19
Figure II.7 : Efficacité thermique (sans Chicanes)	19
Figure II.8 : Efficacité thermique (avec Chicanes).....	19
Figure II.9 : capteur solaire avec système à ailettes sur la plaque arrière en bois	20
Figure II.10 : schéma descriptif du banc d'essai	21
Figure II.11 : schéma expérimentale	22

Figure II.12 : Les différentes positions de chicanes	22
Figure II.13 : Variation du coefficient d'échange thermique et de la perte de charge en fonction du débit massique	23
Figure II.14 : Coupe transversale schématique du collecteur.....	23
Figure II.15 : rendement convection libre	24
Figure II.16 : rendement convection force.....	24
Figure II.17 : (a) schéma d'assemblage et (b) vue de face de système.....	24
Figure II.18 : collecteur d'air à simple passage	25
Figure II.19 : collecteur d'air à double passage	25
Figure II.20 : Domaine de calcul : (I) zone d'entrée d'air, (II) zone d'échange de chaleur et (III) zone de sortie.....	26
Figure II.21 : variation des caractères thermo aérodynamique avec nombre de Reynolds.....	26
Figure II.22 : schéma expérimental du capteur solaire	27
Figure II.23 : schéma expérimental du capteur solaire	28
Figure II.24 : forme des chicanes et géométrie de passage.....	28
Figure II.25 : 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)	29
Figure II.26 : les différents modes utilisés.....	29
Figure II.27 : Evolution du rendement thermique pour différente inclinaison des chicanes...	30
Figure III.1 : Banc d'essai	33
Figure. III.2 : Différents types des modes étudiées.....	33
Figure III.3 : Coupe transversale du capteur avec des chicanes rectangulaires.....	35
Figure III.4 : Coupe longitudinale du capteur avec répartition des chicanes dans tous les flux de capteur selon différentes configurations.....	36
Figure III .5 : Schéma du capteur solaire et géométrie de passage (cas sans chicanes)	36
Figure III.6 : Schéma du capteur solaire et géométrie de passage (cas avec chicanes).....	37
Figure III.7 : Pyranomètre manuel.....	38

Figure III.8 : Capteur de thermocouple de type K	38
Figure III.9 : Les sondes thermocouple de type K.....	39
Figure III.10 : Thermo-anémomètre à hélice	39
Figure III.11 : Baromètre	40
Figure III.12 : Aspirateur	40
Figure III.13 : Régulateur de puissance	41
Figures. IV.1.a : Variation de rayonnement solaire en fonction du temps correspondent la configuration avec chicane.....	43
Figures. IV.1.b : Variation de rayonnement solaire en fonction du temps correspondent la configuration sans chicane	44
Figure IV.2 : Evolution du rendement thermique pour différent débit massique	45
Figures. IV .3. : Variation de température de sortie en fonction du temps	46
Figure IV.4 : Variation de perte de charge correspondent le nombre de chicanes.....	47
Figure IV.5. Variation de température du fluide caloporteur en fonction du temps	48
Figure IV.6 : variation de perte de charge correspond le nombre de chicanes de FARES GRIRA.....	48

Nomenclature :

Symbole	Désignation	Unité
W	L'angle horaire du soleil.	°
TSV	Temps solaire vrai	h
TSM	Temps solaire moyenne	h
δ	l'angle d'inclinaison horaire	°
h	Hauteur du soleil	°
L	L'altitude du lieu	°
d	La déclinaison du soleil	°
a	L'azimut	°
η	Le rendement thermique	-
Qu	La puissance utile	w
m	Débit massique	kg/s
Vf	Vitesse de fluide	m/s
S	Surface	m ²
ρ	La Masse volumique	kg /m ³
Cp	Chaleur spécifique de l'air	j/kg. °C
λ	Conductivité thermique	w/m.k
τ	Coefficient de transmission	-
β	Inclinaison du capteur	°
α	Coefficient d'absorption	-
N	le numéro des jours de l'année	-
Et	l'équation du temps	min
J	Le numéro du jour	-
ΔP	Perte de charge régulière	Pa
T	Temps	s
ΔT	Variation de la température du fluide caloporteur	c°

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I.....	2
Le gisement solaire	2
I.1. Introduction	3
I.2. Le soleil.....	3
I.2.1. Caractéristique du soleil	3
I.2.2. Température du soleil.....	4
I.3. La terre	4
I.4. La durée du jour.....	5
I.5. Le mouvement de la terre.....	5
I.6. Constant solaire	6
I.7. Rayonnement solaire.....	7
I.7.1. Rayonnement solaire direct	7
I.7.2. Rayonnement solaire diffus	7
I.7.3. Rayonnement réfléchi ou Albédo	7
I.7.4. Rayonnement global.....	7
I.8. Le temps solaire.....	8
I.8.1. Le temps solaire vrai	8
I.8.2. Le temps solaire moyen.....	8
I.9. Les Coordonnée célestes	9
I.9.1. Les Coordonnées géographiques	9
I.9.2 Les Coordonnées horaires	9
I.9.3. Les coordonnes horizontale	10
I.10. Captation de l'énergie solaire	11
I.10.1. l'énergie solaire thermodynamique	11
I.10.2. l'énergie solaire thermique	11
I.10.3. l'énergie solaire photovoltaïque	11
I.11. le gisement solaire dans le monde.....	11
I.12. Le gisement solaire en Algérie	12
I.13. conclusion.....	13
Chapitre II	14
Etude bibliographique	14
II.1. Introduction.....	15
II.2. conclusion.....	30
Chapitre III	31

Etude expérimentale.....	31
III.1. Introduction.....	32
III.2. Dispositif expérimental.....	32
III.2.1. Description du banc d'essai	32
III.2.2. Caractéristiques techniques	34
III.3. Détermination expérimentale de la surface du capteur.....	37
III.4. Instrumentation et appareillage utilisé.....	37
III.5. Conclusion	41
Chapitre IV	42
Résultat et interprétation.....	42
IV.1. Introduction	43
IV.2. Rayonnement solaire.....	43
IV.3. Rendement thermique	44
IV.4. Température de sortie	46
IV.5. Variation de température du fluide caloporteur	47
IV.6 .Perte de charge.....	48
IV.5 .Conclusion	49
Conclusion générale.....	50
Résumé	51
Référence	52

Introduction générale

En ce moment les études dans le domaine énergétique basent sur les énergies alternatives, l'énergie solaire parmi ces énergies. Le soleil est une ressource principale dans l'énergie solaire, Il y a plusieurs façons d'exploiter cette énergie, et utiliser dans différent domaine comme la production d'énergie, le chauffage, le séchage et la production d'électricité, le domaine le plus connu dans ce temps est la production d'électricité avec le capteur photovoltaïque. Actuellement le monde a recours à l'exploitation de cette énergie en raison de son abondance et de sa facilité d'utilisation par rapport aux énergies internes, et avec l'augmentation d'utilisation de cette énergie il faut trouver des solutions faciles et efficaces pour exploiter l'énergie solaire.

La position géographique de lieu est importante pour produit des grandes quantités de cette énergie, l'Algérie occupe une grande surface ensoleille grâce à sa situation géographique, donc nous pouvons faire une fortune significative après l'investissement dans ce domaine.

Dans notre projet on a vise l'étude sur un capteur solaire avec une simple construction et coût moine cher par rapport un autre capteur, on peut utiliser ce type de capteur dans le chauffage solaire des habitations et le séchage des produit agro-alimentaire, le capteur se compose a une plaque noire s'appelle l'absorbeur et une plaque inferieur. Nous émettons de l'air entre les deux plaques avec un aspirateur relié avec la conduite de sortie, donc l'air est sorti avec une température plus élevée par rapport son état initial à cause de chaleur absorbé par le capteur, pour augmenter la température de fluide caloporteur on admet des obstacles rectangulaire entre les deux plaque pour crée la turbulence et plus de frottement.

On a spécialisé le premier chapitre pour mentionner des généralités du gisement solaire et l'importance de la connaissance des différents paramètres relié avec cette énergie.

Le deuxième chapitre est contient a une étude bibliographique pour voir les recherche consacre dans ce domaine et les résultats des meilleures conceptions des capteurs solaire utilisé.

La description de notre projet et la réalisation est citer dans un troisième chapitre, et aussi on a donnez des définitions des différents appareils utilise dans notre expérience.

Le quatrième chapitre est consacré pour l'étude des résultats et l'interprétation.

Chapitre I :
Le gisement solaire

I.1. Introduction :

On à vue que aujourd'hui, le gisement solaire occupe une grande partie des études dans le domaine de l'énergie ,car il est considéré comme une richesse renouvelable, nous traitons donc des études importantes de cet aspect et nous concentrons sur l'identification et la création des systèmes qui nous aident pour utiliser cette énergie, nous devons connaitre toutes les informations relatives au soleil, telles que son mouvement, sa position et les heures de lever et de coucher . Tous ces facteurs nous aident à bien étudier et avoir des connaissances générales.

I.2. Le soleil :

Le soleil est une sphère de matière gazeuse, composée principalement d'hydrogène et d'hélium, dont le diamètre atteint environ 1.4 million de km. Le soleil est la seule étoile du système solaire et la plus proche de la terre, sa lumière met environ 8 mn à nous atteindre. La deuxième étoile la plus proche est Proxima de sépare de cette étoile fait que le soleil soit la seule étoile qui assure la vie sur terre. Sur le plan humain, le soleil à une importance primordiale, car il est à l'origine de la vie sur terre, en lui fournissant d'énormes quantités d'énergie, qui permet la présence de l'eau à l'état liquide et la photosynthèse des végétaux. Le rayonnement solaire est aussi responsable du climat et des phénomènes météorologiques. [1], [2].

I.2.1. Caractéristique du soleil :

Agé de 5 milliards d'années, le soleil tourne lentement autour du centre galactique en 240 millions d'années. Les caractéristique du soleil est regroupe dans le tableau suivants :

CARACTERISTIQUE	VALEURS
Surface (km ²)	$6,087\ 7 \times 10^{12}$
Diamètre (km)	1 392 684
Volume (km ³)	$1,412 \times 10^{18}$
La masse (kg)	$1,989\ 1 \times 10^{30}$
La masse volumique moyenne (kg/m ³)	1408
Flux énergétique(W)	$3,826 \times 10^{26}$
vitesse (km/s)	217
Distance du centre de la voie lactée (km)	$2,5 \times 10^{17}$

Tableau I.1 : Caractéristique du soleil [2].

I.2.2. Température du soleil :

Au cœur du soleil, au sein du noyau solaire, il règne une température de pas moins de 15 millions de degrés Celsius. Cette température énorme a permis d'initier des réactions de diffusion nucléaire, lesquelles entretiennent aujourd'hui une telle température [3].

En direction de la surface du soleil, soit sa photosphère, la température décroît jusqu'à plus de 6.000°C. Dans certaines régions qui apparaissent plus sombres, que les astronomes appellent des taches solaires, la température est encore plus faible. De l'ordre de 3500°C.

De manière tout à fait surprenante, la température de la couronne solaire, qui forme l'atmosphère solaire, peut atteindre jusqu'à un million de degrés Celsius. Un phénomène que certains chercheurs pensent pouvoir expliquer par l'existence, sous la surface du soleil, d'une couche de plasma qui se comporte comme une marmite en ébullition. Celle-ci serait à la source d'un champ magnétique qui réchaufferait les couches [3].

I.3. La terre :

La terre a la forme d'un ellipsoïde de révolution aplati. Sa superficie est de 510 101,103 Km², son volume est égal à 1 083 320,106 Km³, sa masse est de 6.1021 tonnes et sa densité est de 5,52. L'axe de rotation de la Terre fait un angle de +23°27'. L'intersection de l'orbite terrestre avec l'écliptique définit le point vernal [4].

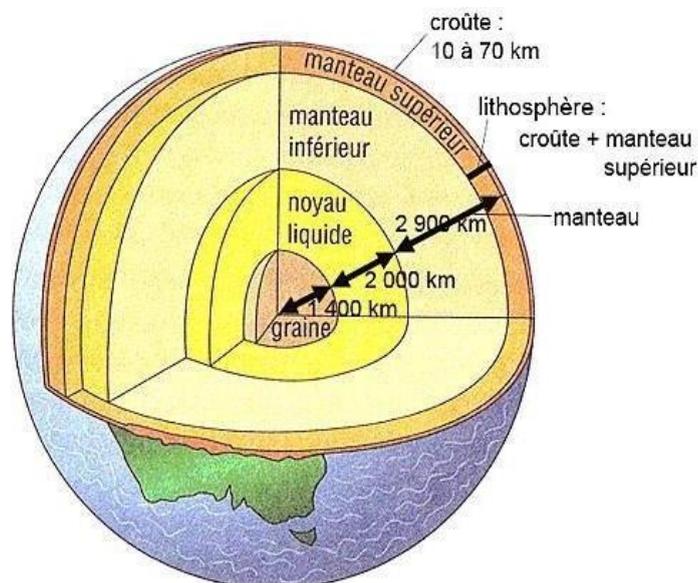


Figure I.1 : Composition de la terre.

I.4. La durée du jour :

Le soleil n'illumine pas toujours la terre de la même manière. À cause de l'inclinaison de l'axe de la Terre par rapport au Soleil, la position de ce dernier change au cours de l'année. Durant le mois de juin (été dans l'hémisphère nord). Le pôle nord est tourné en direction du Soleil, lequel illumine donc cette partie de la terre pendant 24 heures par jour : c'est un jour polaire.

Le Soleil ne brille pas du tout au Pôle Sud : c'est donc la nuit polaire. Au mois de décembre, c'est l'inverse qui se produit ; le Pôle Sud connaît le jour polaire et le Pôle Nord la nuit polaire. Le 21 juin et le 21 décembre, se produisent donc les deux solstices. Cela signifie que ce sont les jours où le jour et la nuit sont les plus longs. Ceci engendre aussi les saisons [5].

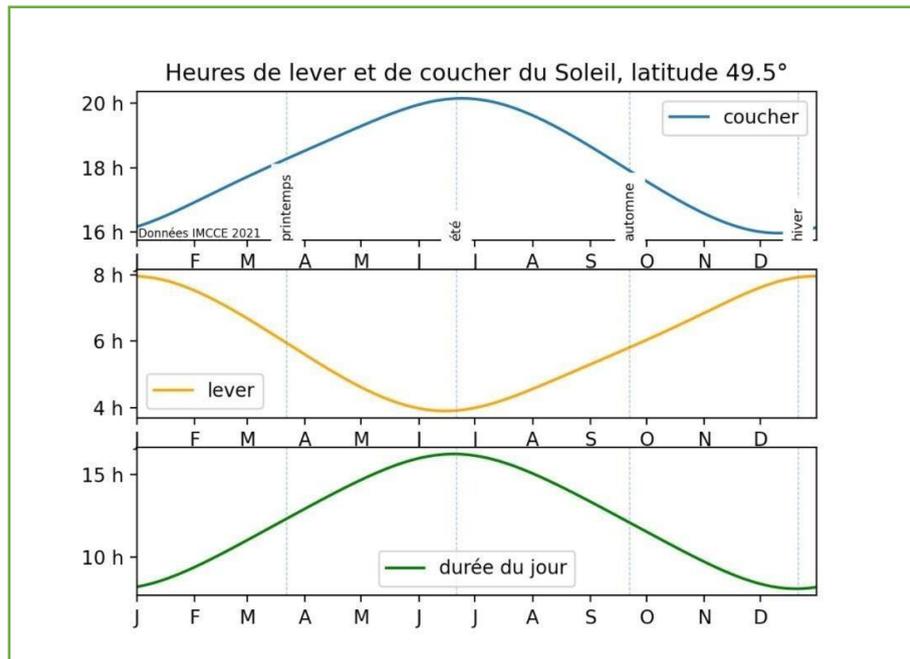


Figure I.2 : la durée du jour [6].

I.5. Le mouvement de la terre :

L'étude des mouvements de la terre a de nombreuses applications pratiques et théoriques. La rotation autour de son axe est celle qui régit l'alternance des jours et des nuits. Le mouvement autour du Soleil est utilisé pour définir la succession des saisons. L'observation de toutes les étoiles depuis la Terre est essentielle pour interpréter leurs positions apparentes. La terre fait un tour autour du Soleil en un an, dans un plan appelé « écliptique ». [7]

La terre tourne 365.25 jours sur elle-même pendant qu'elle fait, dans le même sens, un tour autour du Soleil. Pendant cette révolution annuelle, l'axe de rotation de la Terre reste parallèle à lui-même, mais est incliné de 23.5° par rapport à la normale au plan de l'écliptique.

Le mouvement de la Terre autour du Soleil s'effectue à une vitesse orbitale d'environ 30 km/s, entraînant à chaque année un parcours d'environ un milliard de kilomètres. Du point de vue du pôle Nord de la Terre, cette dernière parcourt son orbite dans le sens antihoraire. Cette direction correspond, à midi, à l'ouest d'un observateur situé sur l'équateur terrestre. Au solstice d'hiver (21 décembre) que la terre est le plus près du soleil : 147 millions de Km et au solstice d'été quelle en est le plus éloigné : 153 millions de Km, la distance moyenne étant de 149,5 millions de Km. La terre coupe le petit axe de son orbite aux équinoxes de printemps (21 Février) et d'automne (21 septembre). Elle tourne sur elle-même avec une période de 24 heures. Son axe de rotation (l'axe des pôles) à une orientation fixe dans l'espace, il fait un angle avec la normale du plan de l'écliptique [7].

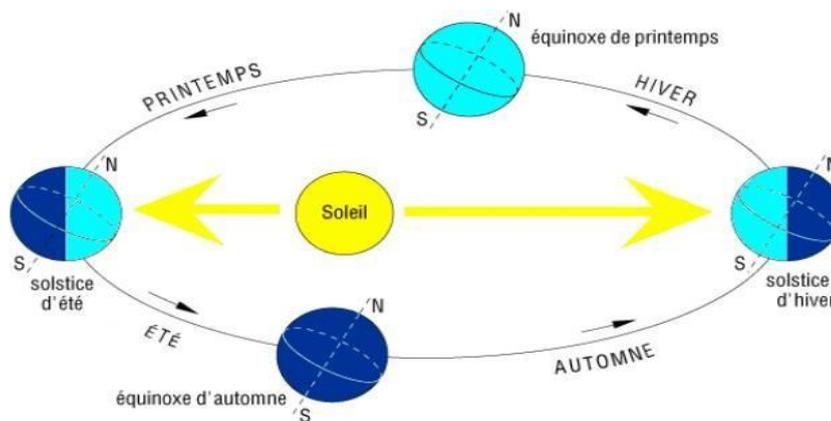


Figure I.3 : Le mouvement de la terre autour du soleil.

I.6. Constant solaire :

Le constant solaire est une mesure de la puissance d'un mètre carré de lumière solaire qui a un impact direct sur un plan d'espace perpendiculaire au-dessus de l'atmosphère de la terre. Il est considéré comme une valeur uniforme de 1 370 watts par mètre carré. Cela change toute fois radicalement à la surface de la Terre, car la lumière du soleil doit traverser différentes couches de l'atmosphère en fonction de la latitude et du niveau de la mer, ainsi que des conditions atmosphériques. Par conséquent, le constant solaire est en grande partie un numéro de référence utilisé pour baser les valeurs de lumière solaire réellement reçues, et joue un rôle

déterminant dans des domaines tels que l'emplacement de panneaux solaires pour la production d'énergie photovoltaïque ou par un four solaire, ainsi que dans les calculs météorologiques et agricoles. En tant que valeur pure au-dessus des limites de l'atmosphère, la constante solaire varie également de 3% en fonction du point où la Terre se trouve sur son orbite solaire, celle-ci étant légèrement elliptique [8].

La variation de la constante solaire suit la relation suivante :

$$C = I_0 [1 + 0,033 \cos (0,984nj)] \quad (\text{I.1})$$

C : La constante solaire.

$I_0=1353$ W/m² est la valeur moyenne de la constante solaire actuellement retenue.

nj : Le numéro du jour de l'année.

I.7. Rayonnement solaire :

Au niveau du sol le rayonnement global reçu par une surface plane est constitué de quatre composantes principales [9] :

I.7.1. Rayonnement solaire direct :

Dans un ciel clair, le rayonnement direct est la lumière qui vient directement du soleil.

I.7.2. Rayonnement solaire diffus :

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

I.7.3. Rayonnement réfléchi ou Albédo :

C'est la partie de l'éclairement solaire réfléchi par le sol, ce rayonnement dépend directement de la nature du sol (nuage, sable...). Il se caractérise par un coefficient propre de la nature de lien appelé Albédo.

I.7.4. Rayonnement global :

Le rayonnement global est la somme des trois rayonnements : direct, diffus et réfléchi.

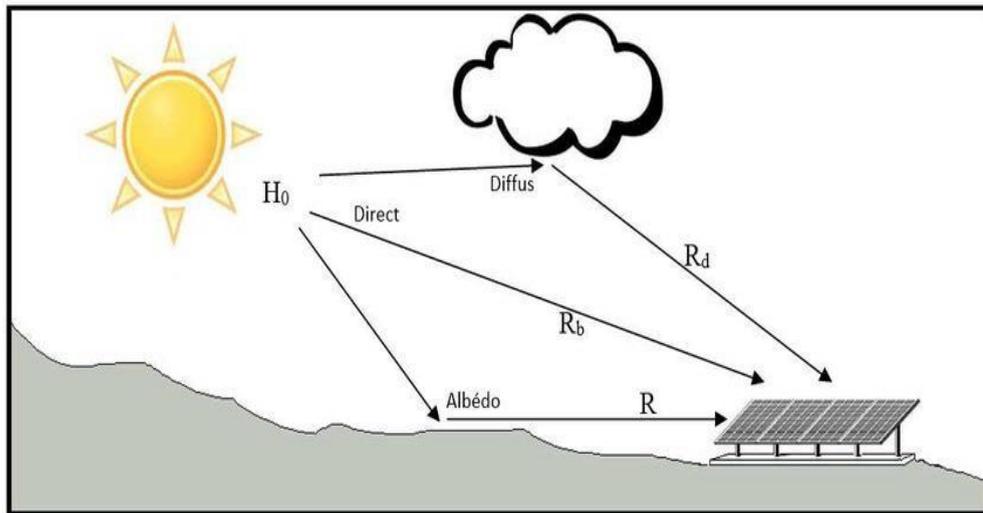


Figure I.4 : Rayonnement global.

I.8. Le temps solaire :

I.8.1. Le temps solaire vrai :

L'heure solaire vraie ou apparente est basée sur le jour solaire apparent, qui est le temps entre deux retours successifs du Soleil au méridien local. Cette durée varie tout au long de l'année pour deux raisons : L'inclinaison de l'axe de la Terre par rapport au plan de l'écliptique et l'excentricité de son orbite. Il est donné sous la forme suivante [10] :

$$TSV = 12 + \frac{w}{15} \quad (\text{I.2})$$

: L'angle horaire du soleil.

I.8.2. Le temps solaire moyen :

Le temps solaire moyen est basé sur un soleil moyen fictif qui se déplacerait à vitesse constante tout au long de l'année. La durée d'un jour solaire moyen est de 24 heures quel que soit le jour de l'année. Il est donné sous la forme suivante [10] :

$$TSM = TSV - Et \quad (\text{I.3})$$

$$Et = 9.87 \sin \left[2 \cdot \frac{360}{365} (N - 81) \right] - 7.53 \cos \left[\frac{360}{365} (N - 81) \right] - 1.5 \sin \left[\frac{360}{365} (N - 81) \right] \quad (\text{I.4})$$

Et : Est l'équation du temps exprimé en minutes.

N : est le numéro des jours de l'année.

I.9. Les Coordonnée célestes :

I.9.1. Les Coordonnées géographiques :

Coordonnées géographiques est une grille imaginaire qui recouvre la surface de la Terre et la divise en carrés. Il est composé de trois éléments ;

1) latitude, 2) longitude et 3) altitude par rapport au niveau de la mer. En utilisant cette grille, vous pouvez localiser n'importe quel endroit dans le monde à l'intersection des lignes de latitude et de longitude [11].

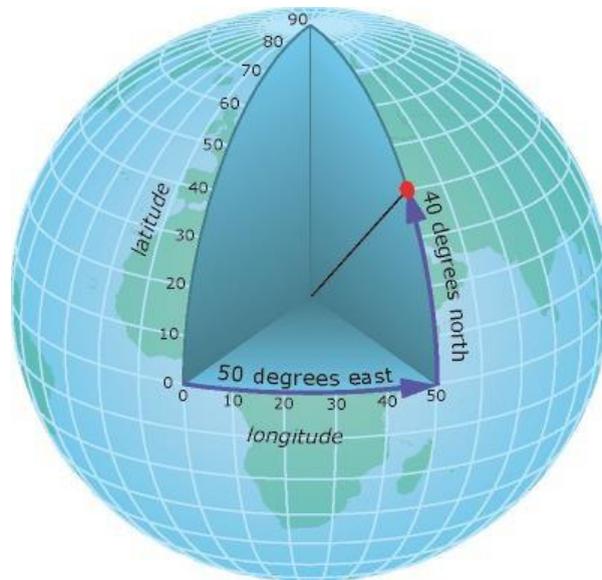


Figure I .5 : Les Coordonnées géographiques [11].

I.9.2 Les Coordonnées horaires :

Les coordonnées temporelles dont l'origine est le méridien local et dont la référence est l'axe des pôles et le plan de l'équateur. La déclinaison et l'angle horaire de n'importe quel point de l'espace sont utilisés pour l'identifier. La déclinaison (δ) est l'angle formé par le plan de l'équateur et le plan de l'écliptique. Elle évolue de $+23^{\circ}27'$ à $-23^{\circ}27'$ au cours de l'année et influe sur l'inégalité des durées des jours ; il vaut 0 aux équinoxes. La déclinaison est calculée avec la formule suivante [12] :

$$\delta = 23.45^{\circ} \sin \left[\frac{\times (284 + J)}{365} \right] \quad (\text{I.5})$$

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

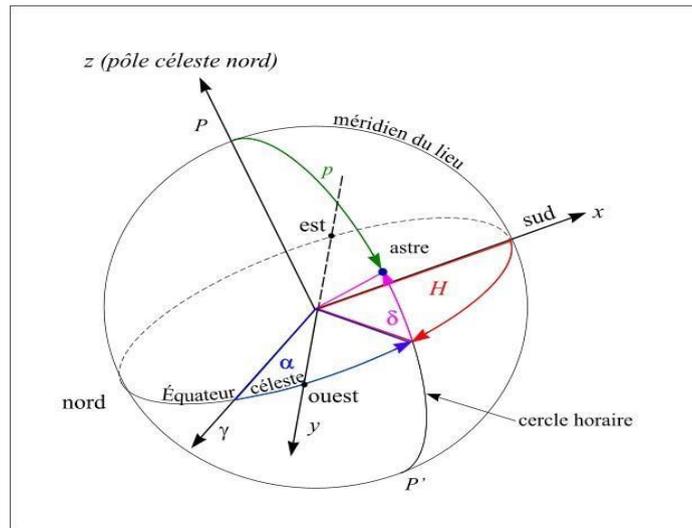


Figure I.6 : Les Coordonnées horaires.

I.9.3. Les coordonnées horizontales :

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

- La hauteur du soleil (h) : est l'angle que fait la direction du soleil avec sa projection sur un plan horizontal, elle est donnée par la formule [13] :

$$\sin(h) = \sin(L) \times \sin(d) + \cos(L) \times \cos(d) \times \cos(w) \quad (\text{I.6})$$

L : L'altitude du lieu.

d : La déclinaison du soleil.

w : L'angle horaire.

- L'azimut (a) est l'angle compris entre le méridien du lieu et le plan vertical passant par le soleil. Il est donné par la relation suivante :

$$\sin(a) = \cos(d) \times \frac{\sin(w)}{\cos(h)} \quad (\text{I.7})$$

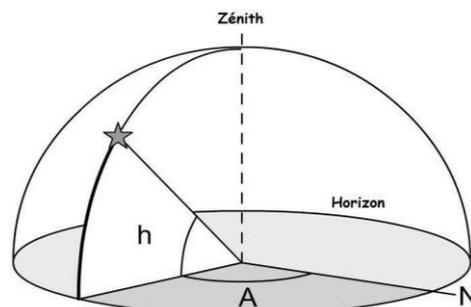


Figure I.7 : système des coordonnées horizontales.

I.10. Captation de l'énergie solaire :

Pour capter une partie de l'énergie solaire, il existe différentes techniques à savoir :

I.10.1. l'énergie solaire thermodynamique :

Un système solaire à concentration thermodynamique exploite le rayonnement du soleil en orientant, au moyen de miroirs, les flux de photons.

Ce système thermique concentré permet d'atteindre des niveaux de température bien supérieurs à ceux des systèmes thermique classique non concentre [15].

I.10.2. l'énergie solaire thermique :

L'énergie solaire thermique est une produit de procédé de transformation d'énergie solaire a une forme thermique, et on peut utiliser deux méthodes d'usage [14] :

- En usage direct de la chaleur : chauffage solaire, chauffe-eau solaire, cuisinière et séchoir solaire.
- En usage indirect : centrale solaire thermodynamique, production de vapeur d'eau, production du froid.

I.10.3. l'énergie solaire photovoltaïque :

Cette énergie permet de produire l'électricité à cause de la transformation du rayonnement solaire avec une cellule photovoltaïque, L'énergie est apportée par les photons, (composants de la lumière) qui heurtent les électrons et les libèrent, induisant un courant électrique.

Ce courant continu de micro puissance calculé en watt crête (W) peut être transformé en courant alternatif grâce à un onduleur [14].

I.11. le gisement solaire dans le monde :

Le champ solaire est un ensemble de statistiques qui décrit l'évolution du rayonnement solaire accessible dans le temps. Il permet de modéliser le fonctionnement d'une installation solaire et d'en déterminer le dimensionnement le plus précis possible en tenant compte de la demande à satisfaire [16].

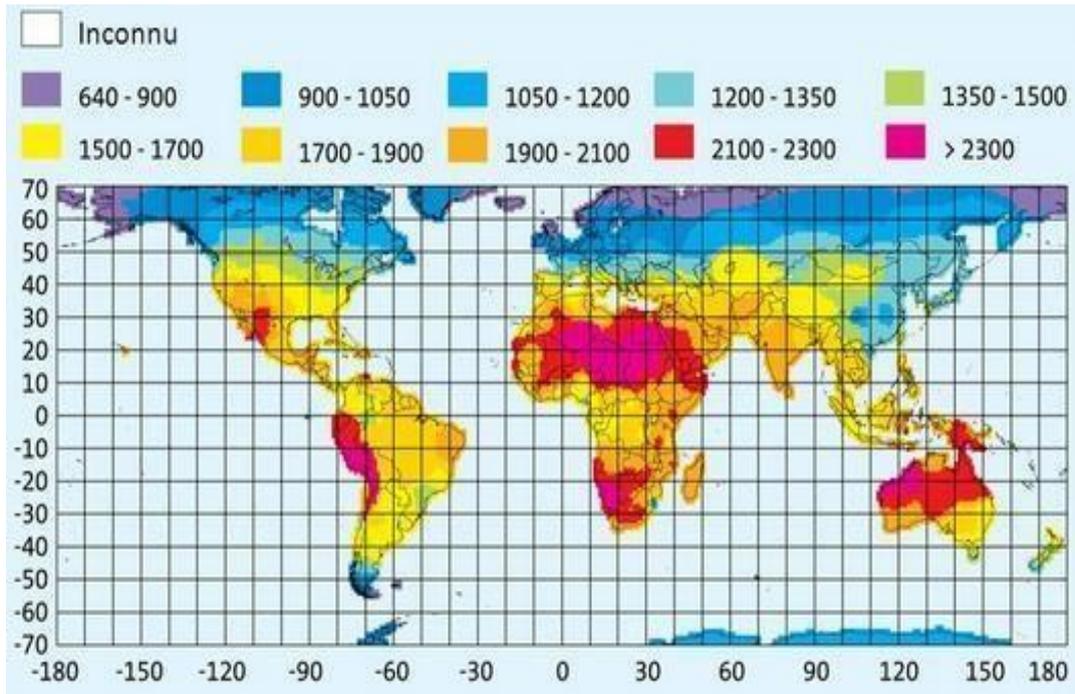


Figure I.8 : le rayonnement solaire dans le monde.

I.12. Le gisement solaire en Algérie :

La situation géographique de l'Algérie dispose un gisement solaire énorme, L'Algérie représente le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen, soit 169.000 TWh/an pour le solaire thermique, 13,9 TWh/an pour le solaire photovoltaïque. Le potentiel solaire algérien est l'équivalent de 10 grands gisements de gaz naturel qui auraient été découverts à Hassi R'Mel. La répartition du potentiel solaire par région climatique au niveau du territoire algérien est représentée dans le tableau I.2 selon l'ensoleillement reçu annuellement :

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

Tableau I.2 : ensoleillement reçu en Algérie par région climatique [18].

La région d'Adrar est particulièrement ensoleillée et présente le plus grand potentiel de toute l'Algérie [17].

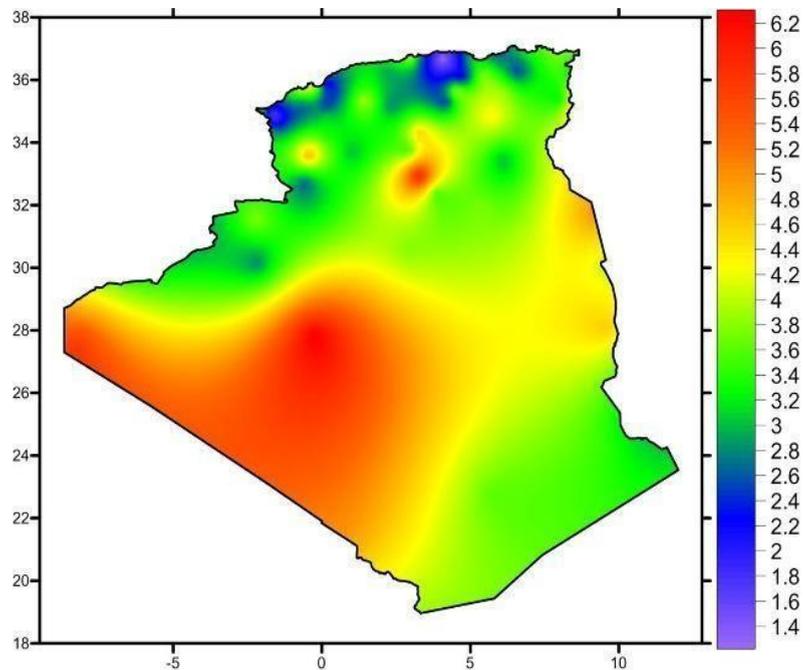


Figure I.9 : le rayonnement solaire en Algérie.

I.13. conclusion :

À la fin de ce chapitre, on a vu que l'étude de gisement solaire et le traitement des notions essentielle est très important pour savoir les coordonnées terrestre, le mouvement du soleil et la terre, les différentes composants du rayonnement solaire. La connaissance du potentiel solaire important pour faire des installations solaires thermiques ou pour la production l'électricité.

Chapitre II :

Etude bibliographique

II.1. Introduction :

Le capteur solaire c'est l'une des solutions les plus importantes qui nous permettent d'exploiter l'énergie solaire de manière efficace et peu coûteuse, c'est pourquoi de nombreuses recherches sont menées pour trouver le meilleur modèle et la meilleure conception pour une qualité élevée et une efficacité économique en même temps. Sa fonction est de convertir l'énergie émise par le rayonnement solaire en chaleur. La chaleur absorbée par l'absorbeur est transmise au fluide caloporteur qui circule dans des canalisations depuis le collecteur jusqu'au lieu d'utilisation.

F. Chabane et al, [19] ont présentés un réchauffeur d'air solaire à simple passage avec une plaque lisse est testé expérimentalement pour la transmission de chaleur et la performance thermique. Cette technique est utilisée pour estimer la performance thermique idéale d'un réchauffeur d'air solaire en considérant les différents paramètres de système et de fonctionnement pour atteindre la performance thermique maximale dans l'analyse de l'article courant, de l'énergie et du transfert de chaleur d'un collecteur d'air solaire à plaque lisse. La performance thermique est calculée pour divers débits massiques allant de 0,0108 à 0,0202 kg/s dans le réseau, avec cinq variables : intensité du soleil, angle d'inclinaison et température ambiante. Au sein de la plateforme d'essais expérimentaux, une investigation expérimentale a été réalisée sur un prototype.

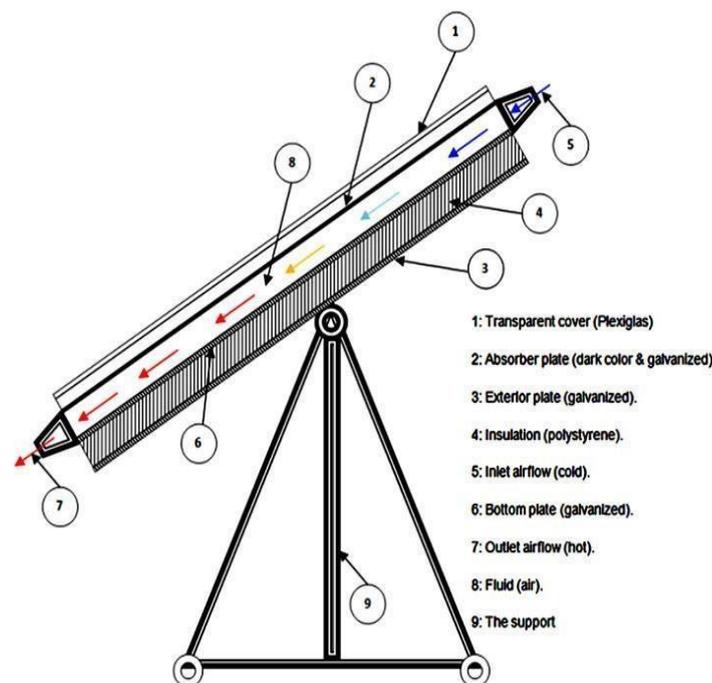


Figure II.1 : Schéma expérimental [19].

D'après les résultats des expériences F. Chabane et al, ont conclu que la valeur optimale de l'efficacité correspond à un débit massique égal à 0,0202 kg/s est de 58,30 % à 13:15 h pour toutes les conditions de fonctionnement et les type de capteur solaire du SAH a été introduit pour augmenter l'efficacité thermique, conduisant à améliorer la chaleur transférer.

La performance thermique du simple capteur solaire à plaque plate est très importante, donc il faut déterminer le domaine des valeurs optimales des paramètres de fonctionnement et du système afin que le système puisse être utilisé avec ses capacités optimales les plus complètes. Maintenait les recherches en cours pour optimiser les performances thermiques des capteurs solaires plats en utilisant des différences débit massique à l'emplacement de la ville de Biskra en Algérie.

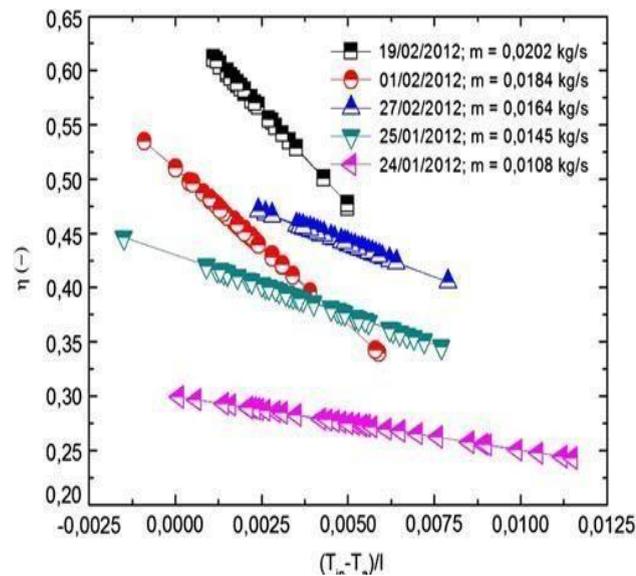


Figure II.2 : variation de l'efficacité du capteur avec la température [19].

Un ensemble d'essais expérimentaux ont présentés par **K. AOUES** et al, [20] sur un capteur solaire plan avec une surface de captage de 1,74 m² qui a été construit en laboratoire et testé dans la région de Biskra. Le rayonnement solaire global, la vitesse du vent, le débit d'air et les températures de l'air ambiant, d'entrée et de sortie sont tous mesurés dans le cadre de l'ensemble de la configuration expérimentale. Pour améliorer les performances thermiques, le flux d'air dynamique du capteur a été tapissé de rugosités artificielles de différentes formes (modèle-1 et modèle-2). Le capteur solaire était orienté vers le sud, incliné à un angle équivalent à la latitude de Biskra et était vulnérable aux conditions météorologiques.

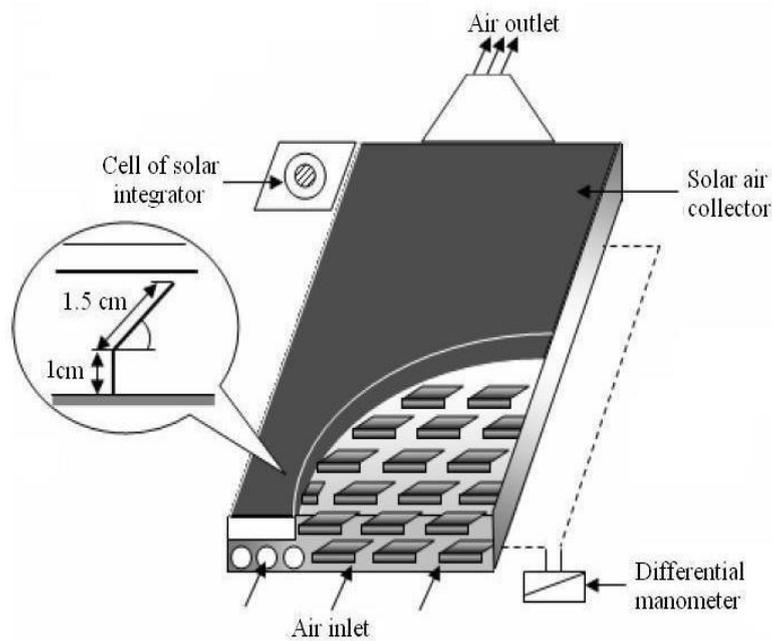


Figure II.3 : Schéma dispositif expérimental [20].

La veine d'air dynamique est équipée de rangées d'obstacles métalliques minces (chicanes) soudées perpendiculairement à l'écoulement sur la plaque inférieure placée au-dessus de l'isolant (Figure II.3). Ces obstacles ont deux formes différentes (model-1 et model-2) où la différence entre les deux réside dans la partie inclinée d'angle α respectivement égale à 60° et 120° (Figure II.4).

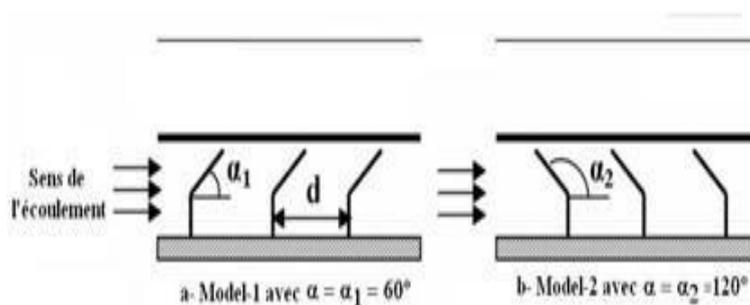


Figure II.4 : Schéma descriptif des chicanes [20].

Ce travail expérimental apporte une contribution à l'étude de l'optimisation des capteurs solaires plans à air qui constituent le deuxième volet des convertisseurs de l'énergie solaire à côté des capteurs solaires à eau.

Dans cette étude **K.Aouas** et al, [20] ont achevé que l'adjonction de ces chicanes et la géométrie de passage joue un rôle très important dans l'augmentation de l'échange thermique et aussi le meilleur rendement est obtenu avec le modèle de chicane 1 (model 1).

F. Chabane et al, [21] ont ajouté des ailettes supplémentaires pour présenter les performances thermiques d'un capteur solaire. Nous avons mené une expérience pour comparer les performances thermiques d'un capteur solaire à air avec et sans déflecteur semi-cylindrique. Il représentait l'angle d'inclinaison optimal de la ville de Biskra lorsque l'on tentait de modifier les temps de débits massiques pour les deux configurations correspondant à l'angle d'inclinaison $= 37^\circ$.

Les paramètres les plus importants sont les mesures de température de sortie, d'entrée et ambiante, ainsi que la couverture en fonction de la vitesse du vent.

Des expérimentations sur un capteur solaire conçu à cet effet ont permis de déterminer le rendement thermique de capteurs solaires avec et sans déflecteurs semi-cylindriques à différents intervalles de débit pour suivre effectivement l'évolution de la température de sortie du capteur solaire.



Figure II.5 : Montage expérimental (avec et sans ailerons) [21].

Ils ont trouvés que les résultats expérimentaux montrent que l'efficacité thermique et la température de sortie de capteur solaire avec chicanes sont améliorées par contre sans chicanes.

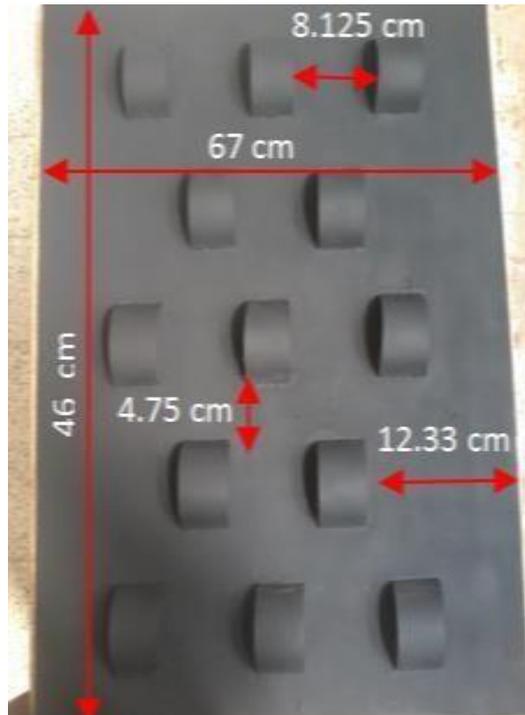


Figure II.6 : Absorbeur chicanes de forme semi-cylindrique [21].

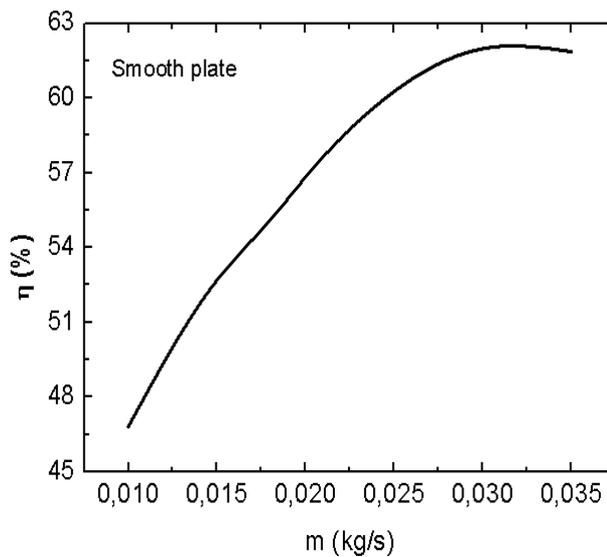


Figure II.7 : Efficacité thermique (sans Chicanes).

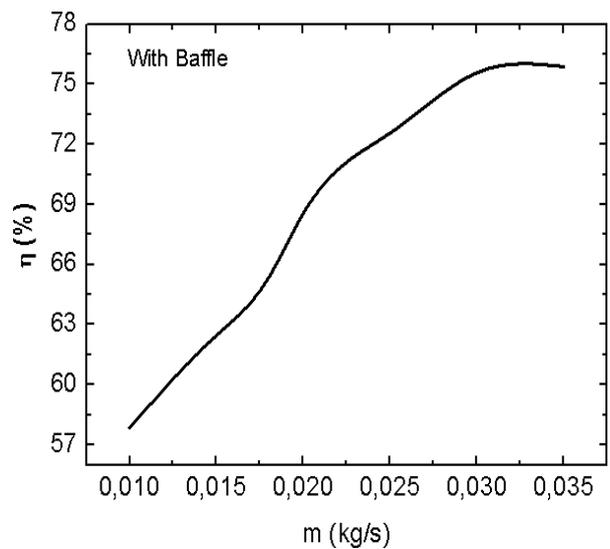


figure II.8 : Efficacité thermique (avec Chicanes).

Dans le même but et pour améliorer le facteur d'efficacité de ces capteurs solaire, **A. MOUMMI** et al, [22] ont créés un flux de plus en plus turbulent entre l'absorbeur et la plaque inferieur en bois. Pour cela, ils utilisent des obstacles de différentes formes. Dans cette étude, ils ont choisi les rectangles ailettes de plaque insérées perpendiculairement au flux.

Le fluide s'écoule par les interstices entre les ailettes d'une même rangée, cela permet une bonne répartition du fluide et réduit les zones mortes. Dans un second temps, et pour la même configuration, ils mènent une étude sur l'évaluation du coefficient de transfert. Les résultats sont comparés à ceux obtenus avec un capteur solaire à air sans ailettes, utilisant deux types d'absorbeurs sélectifs (en cuivre) ou non sélectif (aluminium peint en noir).

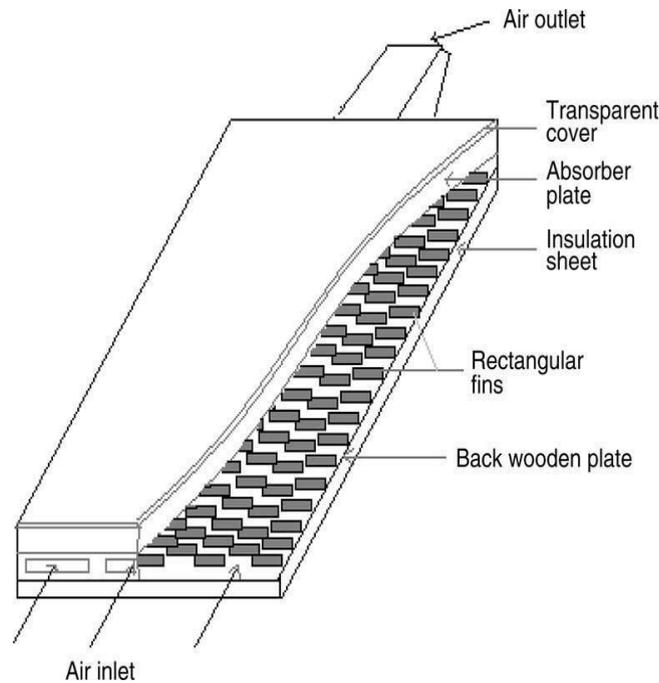


Figure II.9 : capteur solaire avec système à ailettes sur la plaque arrière en bois [22].

G (m³/hm²)	85.38	69.23	61.75	50.67	37.38	27.69
H_f calculé par le coefficient local	71.4	65.98	62.48	60.28	45.73	36.21
H_f calculé on utilisant le bilan thermique global	54.73	52.13	51.57	49.76	47.47	41.26
Relative variations in (%)	23.3	20.93	17.46	17.45	03.67	12.24

Tableau II.1 : résultat des tests expérimentaux [22].

Ils ont déterminé les profils de température de l'air et de la plaque absorbante en présence d'ailettes rectangulaires à l'issue de cette étude grâce aux expériences menées. L'ajout d'ailettes

résultats des expériences. Pour toutes les conditions de fonctionnement, le niveau intermédiaire (état II) du collecteur est le plus efficace.

Z. Aouissi et al, [24] ont fait des expériences pour déterminer le coefficient de transfert thermique par convection dans différents modes de chicanes transversales au flux d'air dans un capteur solaire à air. La recherche permis de développer une équation mathématique pour le coefficient de transfert de chaleur en fonction de la perte de charge et du débit massique, et ce modèle mathématique a produit des résultats très proches dans diverses positions de déflecteur (45° , 90° , 135° , et un mélange de 135° et 45°). De nombreuses études ont été menées dans ce domaine pour améliorer le rendement thermique de ces capteurs en prenant en compte les pertes de charge, comme l'ajout de chicanes de différentes formes géométriques cas 1, 2 et 3.

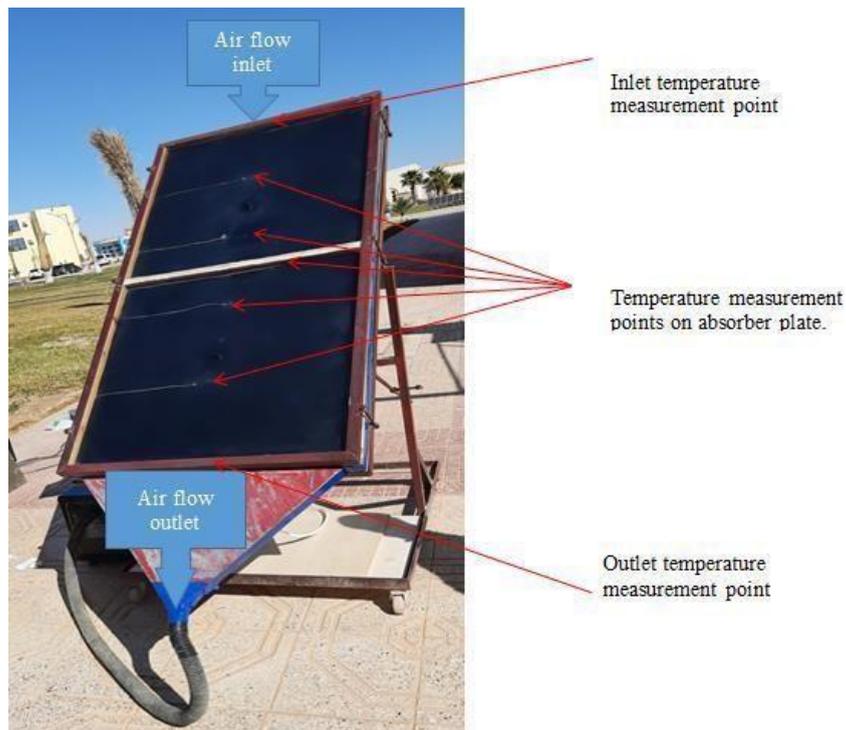


Figure II.11 : schéma expérimentale [24].

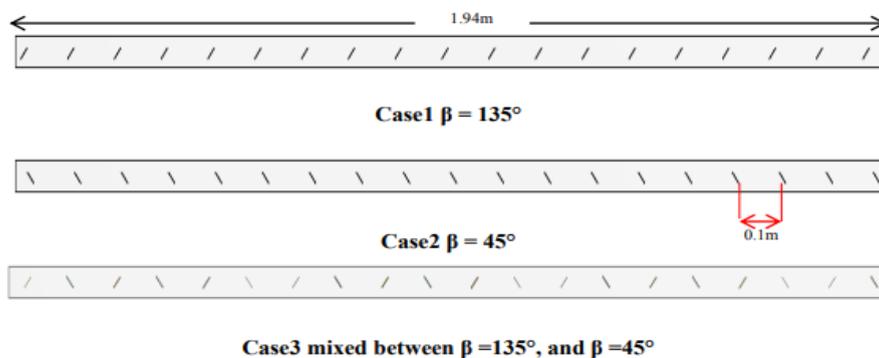


Figure II.12 : Les différentes positions de chicanes [24].

L'ajout de chicanes augmente le transfert de chaleur entre l'air et la plaque absorbante, car les chicanes créent une perturbation qui fissure les couches mortes près de la plaque absorbante. Le meilleur coefficient de transfert de chaleur a été trouvé dans le cas de la position mixte (135° et 45°), avec la perte de charge la plus faible trouvée dans le cas de $\beta = 45^\circ$. On peut dire que le meilleur modèle est celui basé sur les résultats du coefficient de transfert thermique et de la variation de perte de charge.

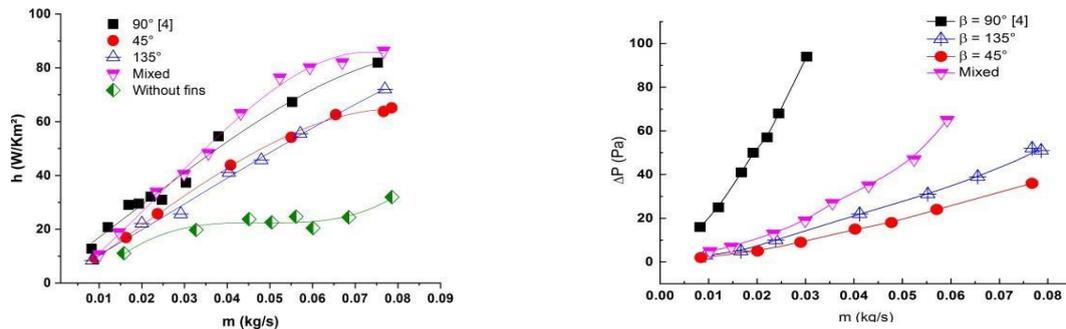


Figure II.13 : Variation du coefficient d'échange thermique et de la perte de charge en fonction du débit massique [24].

Pour augmenter la surface du contact avec l'air, **A. Hematian** et al, [25] ont développés un capteur solaire absorbant en tôle d'acier d'une surface de 2×1 m² et d'une épaisseur de 0,5 mm sous la forme d'un store de fenêtre. La peinture noire a été utilisée pour recouvrir la surface de la plaque absorbante. La laine de verre d'une épaisseur de 5 cm a été utilisée pour isoler le collecteur. Les tests d'efficacité ont duré d'une semaine, au cours de laquelle les conditions atmosphériques étaient presque uniformes et les données du collecteur ont été recueillies. Les résultats d'efficacité du collecteur en convection naturelle et forcée ont été évalués et représentés graphiquement.

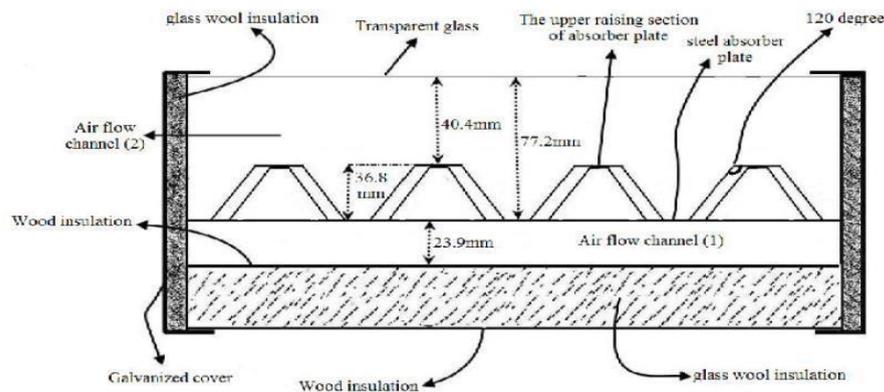


Figure II.14 : Coupe transversale schématique du collecteur [25].

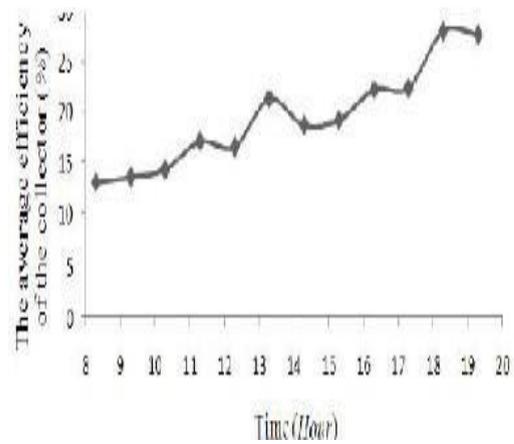
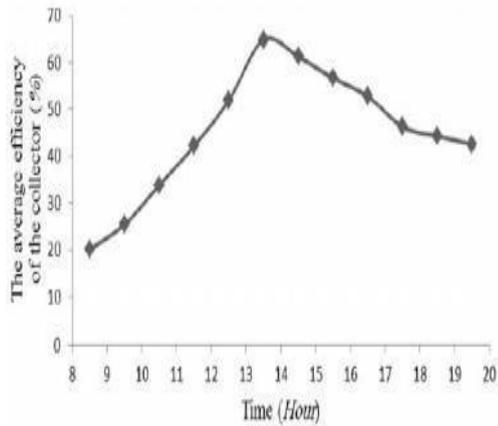


Figure II.15 : rendement convection libre.

Figure II.16 : rendement convection forcee.

D'après ce qui précède résultats, il a été constaté que le collecteur muni de la convection naturelle a donné un rendement élevé par rapport au collecteur avec la convection forcée. Cependant, la perte de chaleur dans la convection forcée est considérablement inférieure à la convection naturelle. De plus, les résultats ont montré que la vitesse moyenne de l'air dans la convection forcée était environ 21% plus élevé que la convection naturelle qui est important dans les séchoirs solaires.

M.F. Elkhawjah et al, [26] ont utilisés un réchauffeur d'air solaire à double passage avec 2, 4 et 6 ailettes ont été étudiées. Au lieu d'une plaque absorbante, des couches ont été utilisées entre les ailettes. Effets du débit massique d'air sur la température de sortie et l'efficacité thermique. Les résultats indiqués montrent que l'augmentation du débit massique augmente l'efficacité pour la plage de débit.

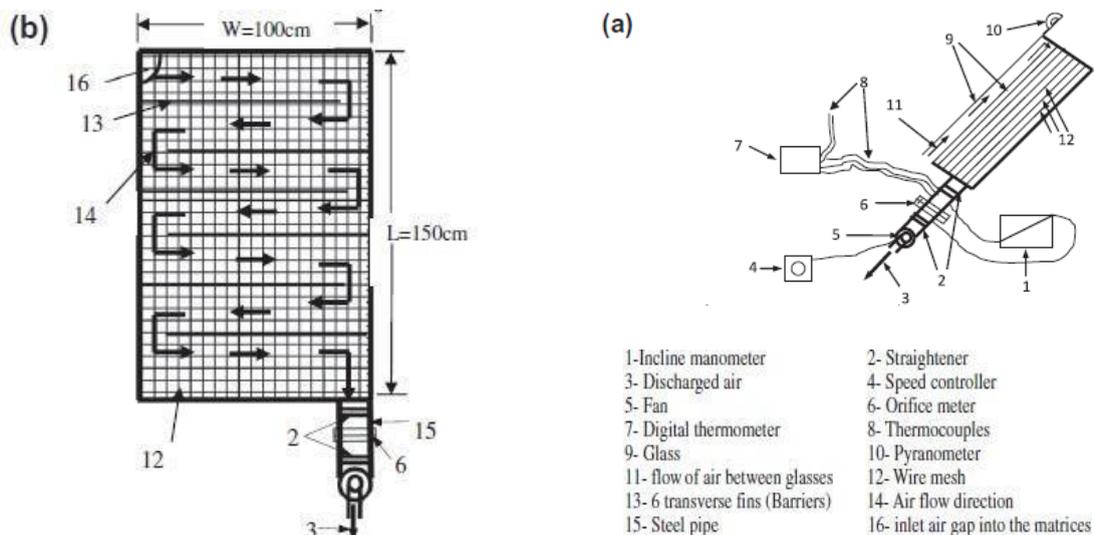


Figure II.17 : (a) schéma d'assemblage et (b) vue de face de système [26].

Le débit variait de 0,0121 à 0,042 kg/s dans cette étude. De plus, l'utilisation de six ailettes au même débit massique a permis d'obtenir le rendement le plus élevé. Pour le débit massique de 1 ml/s, l'efficacité maximale obtenue pour les 2, 4 et 6 ailettes de ce système était de 75,0 %, 82,1 % et 85,9 %, respectivement. De plus, pour 6 ailettes, la différence de température moyenne maximale entre l'entrée et la sortie, était plus élevée par rapport 2 et 4 ailettes pour les mêmes débits massiques. Lorsque le débit massique était de 0,0121 kg/s, les températures pour les 6 ailettes étaient respectivement de 43,1 C° et 62,1 C°.

Les résultats d'un compteur sont comparés. L'efficacité thermique du collecteur à lit tassé est nettement supérieure à celle d'un collecteur conventionnel lorsqu'on le compare.

Dans le même domaine, **N. kumar** et al, [27] ont utilisés les capteurs solaires de type plaque plate, ce type est un dispositif de transfert thermique qui absorbe le rayonnement solaire et Il la convertit en chaleur, qui est principalement utilisée pour augmenter la température, la chaleur et la sécheresse de l'eau, ils devraient utiliser l'intégralité de nos énergies renouvelables.

Les principaux composants des capteurs sont : plaque absorbante, plaque de couverture supérieure (couvercle en verre), matériau isolant et canal. Les tuyaux sont recouverts d'un matériau isolant. Les plaques absorbantes sont recouvertes d'un enrobage. Le couvercle supérieur doit être constitué du matériau à transmission maximale.

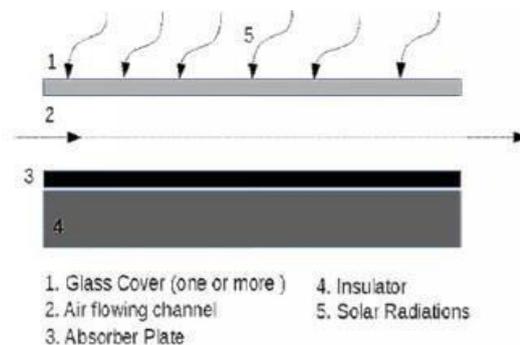


Figure II.18 : collecteur d'air à simple passage [27].

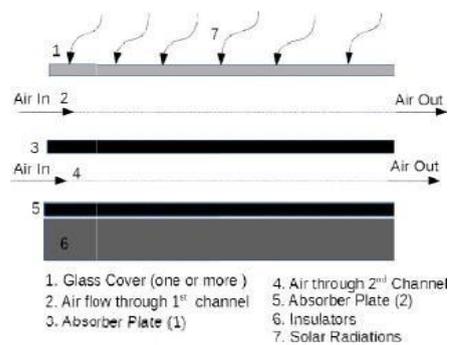


Figure II.19 : collecteur d'air à double passage [27].

L'efficacité du collecteur d'air à plaque plane est fortement affectée par les pertes à travers le matériau de revêtement supérieur. Également en raison du faible coefficient de transfert de chaleur entre la plaque absorbante et l'air circulant. Ils concluent que la perte de chaleur et le coefficient de transfert de chaleur jouent un rôle très important dans le capteur solaire, et l'utilisation de collecteur d'air à double passage donne un meilleur résultat d'efficacité par rapport au collecteur de simple passage.

D.I. Pashenko [28] a utilisé une modélisation numérique des processus thermiques et aérodynamiques, l'étude est réalisée au moyen d'un **ANSYS Fluent Solver** avec un ordinateur solaire intégré pour la ville de Samara, en Russie. L'influence de la conception (l'étape entre les ailettes) et des variables technologiques (le nombre de Reynolds) sur les processus d'échange de chaleur et le débit aérodynamique a été établie lors de l'analyse CFD.

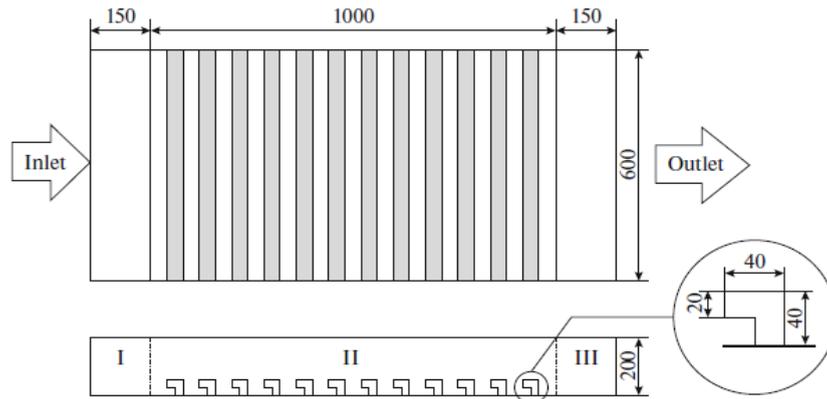


Figure II.20 : Domaine de calcul : (I) zone d'entrée d'air, (II) zone d'échange de chaleur et (III) zone de sortie [28].

La distribution de vitesse, pression, contours et autres caractéristiques du flux d'air dans la boîte de chauffe-air solaire ont été obtenus. Il a été établi que le nombre moyen de Nusselt augmente avec une diminution du pas des ailettes. En moyenne, pour diverses valeurs du nombre de Reynolds, le Nusselt le nombre pour le pas de 30 mm est de 5 à 7 % supérieur au Nombre de Nusselt obtenu pour le pas de 60mm.

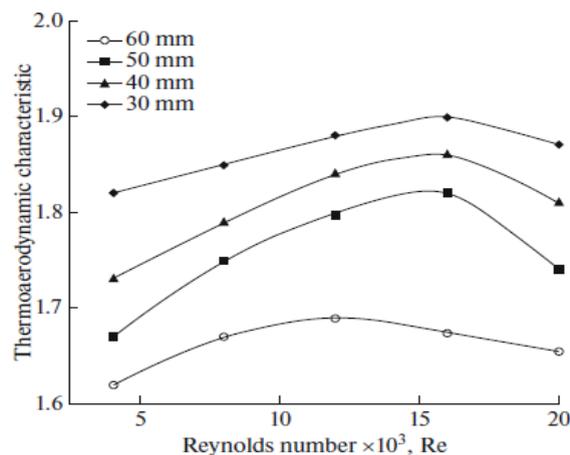


Figure II.21 : variation des caractères thermo aérodynamique avec nombre de Reynolds [28].

La valeur de la caractéristique thermo aérodynamique utilisée pour déterminer la conception de capteur, qui est dans la plage entre 1,62 et 1,91, a été déterminée pour divers fin hauteurs et nombres de Reynolds. La valeur maximale de la caractéristique thermo aérodynamique pour le solaire réchauffeur d'air avec une surface absorbant la lumière à ailettes, qui est optimal pour ces paramètres, vaut 1,91 pour $Re = 1500$ et un pas minimum des ailettes d'essai de 30mm.

Dans le même sens, **P.W. Ingle** et al, [29] ont présentés la simulation numérique d'un capteur solaire développé exclusivement pour le séchage du raisin. La simulation est un outil important pour la conception et le contrôle des opérations. Pour le concepteur d'un système de séchage, la simulation permet de trouver les paramètres optimaux de conception et de fonctionnement.

Pour le concepteur du système de contrôle, la simulation fournit un moyen d'élaborer des stratégies de contrôle et d'analyser les effets des perturbations. L'outil de dynamique des fluides computationnelle (CFD) a été utilisé pour simuler le capteur solaire afin de mieux comprendre la capacité de transfert de chaleur. Le modèle 3D du collecteur comprenant une entrée d'air, une plaque absorbante structurée ondulée, une plaque de couverture en verre et un bloc de galets est modélisé par ANSYS Workbench et la grille non structurée a été créée dans ANSYS ICEM.

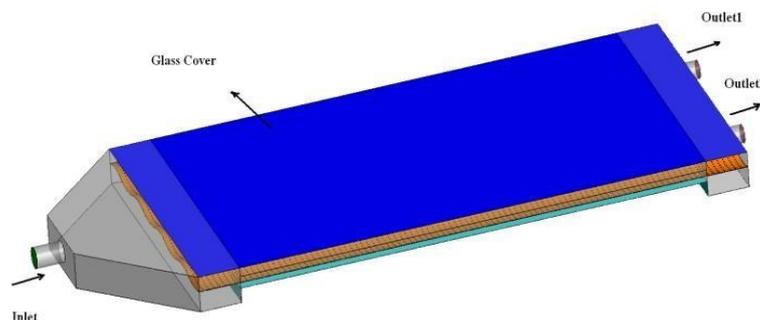


Figure II.22 : schéma expérimental du capteur solaire [29].

Les résultats ont été obtenus en utilisant le logiciel ANSYS FLUENT. L'objectif de ce travail est de comparer théoriquement et expérimentalement le travail effectué avec le travail effectué à l'aide de l'outil de dynamique des fluides computationnelle (CFD) en ce qui concerne le débit et la distribution de température à l'intérieur du capteur solaire, d'après les résultats ils conclu que le programme CFD est donnez des bon résultats et peut être à l'avenir pour des problème des capteurs solaire plus complexe.

A. Labeled et al, [30] ont présentés une étude pour améliorer la performance d'un capteur solaire a air, le système étudié est un capteur solaire a simple passage composer d'une vitre, une plaque absorbante mince en acier galvanise peint en noir mat, Une plaque arrière mince en acier galvanisé placée sur l'isolant et d'une isolation arrière qui est assurée grâce à une feuille de polystyrène, la veine d'air dynamique d'une hauteur de 25mm.

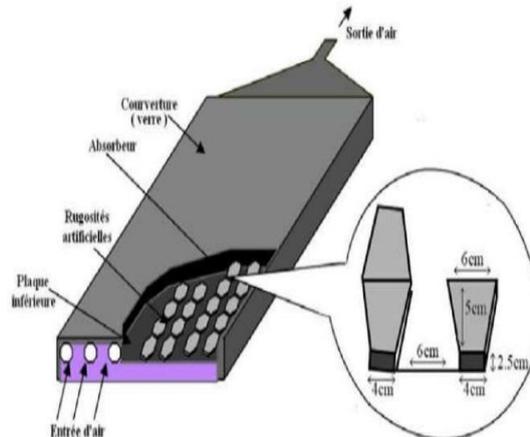


Figure II.23 : schéma expérimental du capteur solaire [30].

Après une série des tests expérimentaux, il a trouvé que les résultats expérimentaux sont valides par les résultats théoriques, et conclut que l'emplacement de ce type des chicane affecte avec un pourcentage important sur l'échange thermique.

F. Chabane et al, [31] ont utilisés un nouveau modelé de capteur solaire sur un chauffe-air solaire, l'efficacité thermique de ce capteur a été étudiée expérimentalement sans et avec l'utilisation des chicanes, Dans leur étude, la plaque absorbante du capteur solaire est fixée avec des ailettes pour améliorer encore les performances, dans les réchauffeurs d'air solaire mono-passe avec et sans ailettes l'efficacité augmenter avec l'augmentation du débit massique.

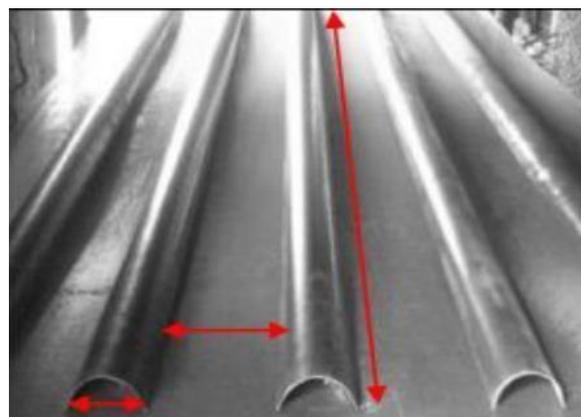


Figure II.24 : forme des chicanes et géométrie de passage [31].

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 [32].

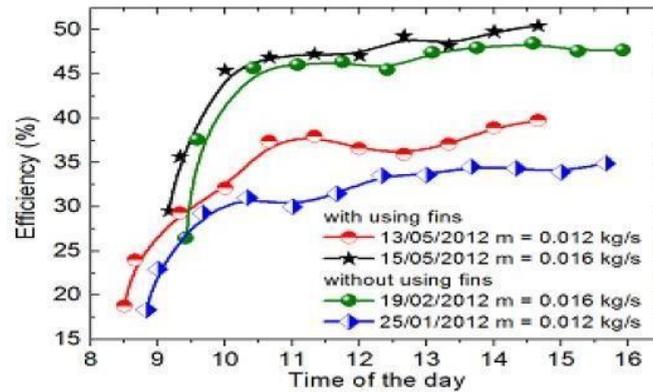


Figure II.25 : Effet du flux d'air sur l'efficacité journalière du capteur, avec et sans utilisation d'ailettes pour les mois de janvier, février et mai (2012) [31].

M. Hadid [33] a réalisé quatre modes d'emplacement des chicanes dans un capteur solaire a air, le mode1 (de 0m à 0,6m) : placer 6 chicanes à l'entrée du conduite, mode2 (de 0,7m à 1,2m): placer 6 chicanes au milieu du courant d'air, mode3 (de 1,3 à 1,8m) : placer 6 chicanes à l'extrémité du conduite, et enfin mode4, qui place les chicanes entiers "18 chicanes" sur l'ensemble du flux d'air. La comparaison a été ajoutée aux conditions spécifique, mettre 18 chicanes entièrement de la conduite selon de l'angle d'inclinaison des chicanes varie de 135° (mode5), 45° (mode6) et mixte entre 45° et 135° (mode7).

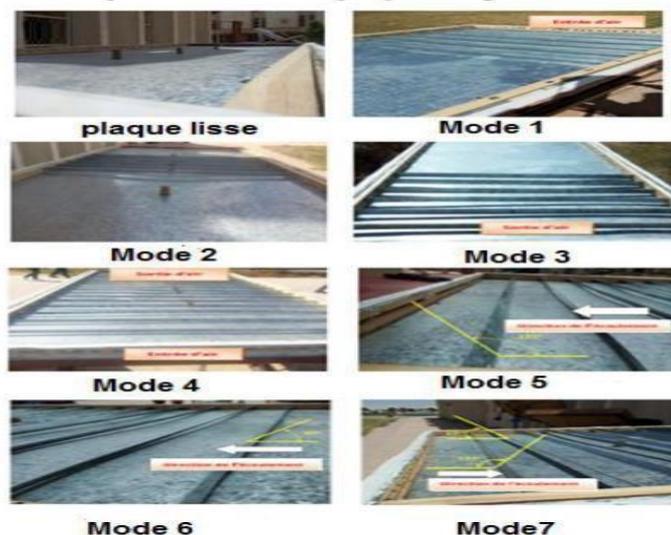


Figure II.26 : les différents modes utilisés [33].

On doit varier le débit massique à chaque fois pour évaluer le changement de rendement thermique en fonction du débit massique et d'après les résultats expérimentaux il conclut que le meilleur rendement du capteur donnez quand on utilise le mode 4.

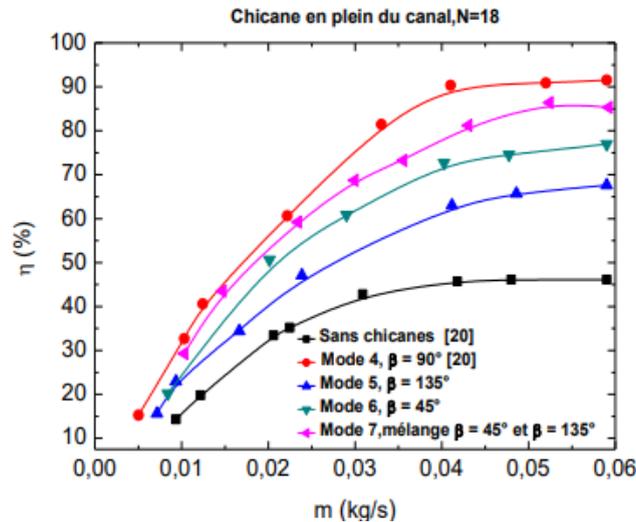


Figure II.27 : Evolution du rendement thermique pour différente inclinaison des chicanes [33].

II.2. conclusion :

Après une recherche bibliographique on conclut que la performance des capteurs solaires a une relation directe avec la température ambiante, le rayonnement, la qualité d'absorbeur, la qualité d'isolation, l'angle d'inclinaison des chicanes et plusieurs d'autres paramètres. Toutes les recherches dans ce temps et développer pour trouver une meilleure performance de ces capteurs.

Chapitre III :

Etude expérimentale

III.1. Introduction :

Nous avons fait des expériences avec un capteur qui a été conçu dans le Halle de Génie Mécanique de l'Université de Biskra. Plusieurs essais ont été effectués de janvier à mai 2022. Le banc des essais est un capteur solaire plan à air dont les dimensions sont regroupées dans le tableau III.1, ainsi que d'un capteur à angle fixe sud de l'angle $\beta=38^\circ$. Ce dernier composé par un isolateur à simple passe, avec une vitre en plexiglas caractérisée par $\tau = 0.9$ et d'un absorbeur en acier galvanisé $\alpha = 0.95$, τ un coefficient de transmission $\varepsilon = 0.95$. La hauteur de la veine d'immobile est de 4 cm. Placer le capteur sur un châssis permettant un changement d'inclinaison par rapport à horizontale.

III.2. Dispositif expérimental :

III.2.1. Description du banc d'essai :

Cette étude a été menée à l'Université de Biskra après la construction du banc d'essai (voir figure III.1) près du hall technologique du Département de Génie Mécanique de l'Université de Biskra durant la période de janvier à mai, à des jours différents, sous un ciel clair et un vent perturbée. La région de Biskra est une région située au sud-est de l'Algérie caractérisée par latitude $34^\circ 50'43.65''$ N et longitude $5^\circ 44'49.27''$ E, et sa hauteur est d'environ 108 mètres au-dessus du niveau de la mer la pression atmosphérique correspondant à cette altitude est de 1,004 bar. A partir du système d'acquisition de données, les paramètres de fonctionnement du capteur d'enregistrement manuel toutes les demi-heures de 8h30 à 16h00.

Sur le site, l'expérience est exposée à la lumière du soleil, où l'étude est basée sur les performances thermiques du capteur solaire plan à air. Afin d'obtenir la meilleure façon d'augmenter l'échange de chaleur en ajoutant des barrières pour obtenir des meilleures performances ou des meilleures efficacités thermiques. Pour ce capteur nous avons utilisé un nombre des obstacles (18 chicanes). D'où la répartition des chicanes entre six des chicanes délimitées par la distance (10 cm) à un angle d'inclinaison des chicanes est 135° (Configuration 1), puis nous avons placé 10 des chicanes (Configuration 2). Puis 14 chicanes dans le troisième cas (Configuration 3), dans la dernière position nous avons utilisé tous le nombre des chicanes (Configuration 4), l'emplacement des chicanes est toujours au milieu du capteur (voir figure III.2) et chaque position s'étale essentiellement sur 3 jours, le premier jour nous avons utilisé un débit de 0,014 kg/s, le deuxième jour le débit est 0,023 kg/s et le troisième jour est 0,032 kg/s.



Figure III.1 : Banc d'essai.

Le rendement de capteur est calculé par l'équation suivant :

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

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

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

Avec : $m = V_f \times S$



Figure. III.2 : Différents types des modes étudiées

III.2.2. Caractéristiques techniques :

Les principaux composants du capteur sont :

- Une couverture en verre transparent de 5 mm d'épaisseur.
- Installée dans un cadre en bois dur, une fine feuille d'acier galvanisé recouverte d'une substance noire.
- Les barrières sont contenues par deux lattes de bois installées de part et d'autre du flux d'air en mouvement (les barrières ne sont pas en contact avec l'absorption "à l'envers", c'est-à-dire "l'isolation" vers le bas).
- Une feuille de polystyrène de 40 mm d'épaisseur sert d'isolation arrière.
- Dans un caisson métallique en acier, l'ensemble est placé.

- Dimensions et éléments constitutifs :

- **Tableau III.1** : Dimension des constituants.

ELEMENT DE CONSTRUCTION	LONGUEUR (M)	LARGEUR (M)	ÉPAISSEUR (MM)
COUVERTURE TRANSPARENTE	1,94	0,94	3
ABSORBEUR	1,94	0,94	0,8
CADRE EN BOIS	2	1	30×30
BATONS DE BOIS	1,94	0,03	30
ISOLANT	2	1	40
BOITIER	2	1	80
CHICANE	0,88	0,02	0,8

Caractéristiques thermo physiques :

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

ELEMENT DE CONSTRUCTION	MATERIAUX	MASSE VOLUMIQUE (KG/M ³)	CHALEUR SPECIFIQUE (J/KG.°K)	CONDUCTIVITE THERMIQUE (W/M.°K)
COUVERTURE TRANSPARENTE	Verre	1,2	1500	1,5
ABSORBEUR	Acier galvanisé	7800	473	45
CADRE EN BOIS	Bois	5100	1200	0,15
BATONS DE BOIS	Bois	5100	1200	0,15
ISOLANT	Polystyrène expansé	16	1670	0,037
BOITIER	Acier galvanisé	7800	473	45

Caractéristiques optiques :

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

ELEMENT DE CONSTRUCTION	EMISSIVITE (ϵ)	ABSORPTION (A)	TRANSMISSION (τ)
COUVERTURE TRANSPARENTE	0,9	0,05	0,9
ABSORBEUR	0,95	0,9	-
ISOLANT	0,6	0,14	-
BOITIER	0,89	0,8	-
CHICANE	0,89	0,8	-

- Forme et disposition des chicanes :

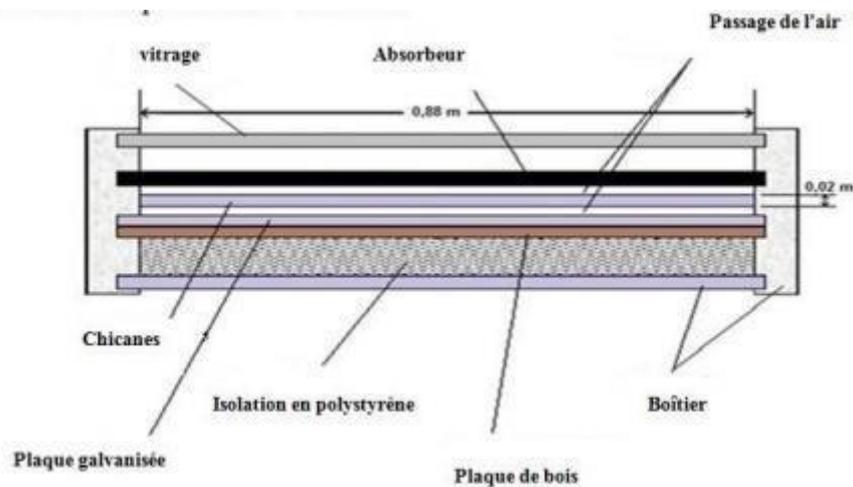


Figure III.3 : Coupe transversale du capteur avec des chicanes rectangulaires.

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

CONFIGURATION	1	2	3	4	5
LC (MM)	100	100	100	100	500
LC (MM)	100	200	300	400	500

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

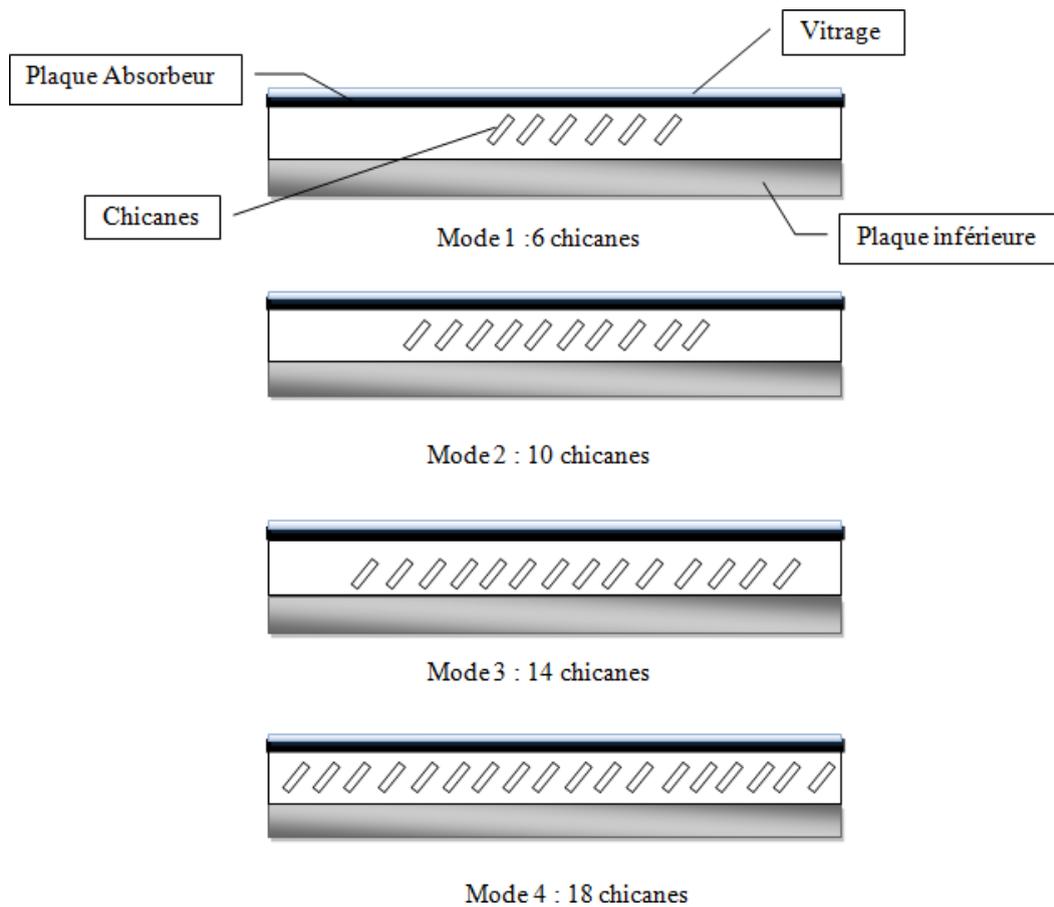


Figure III.4 : Coupe longitudinale du capteur avec répartition des chicanes dans tous les flux de capteur selon différentes configurations

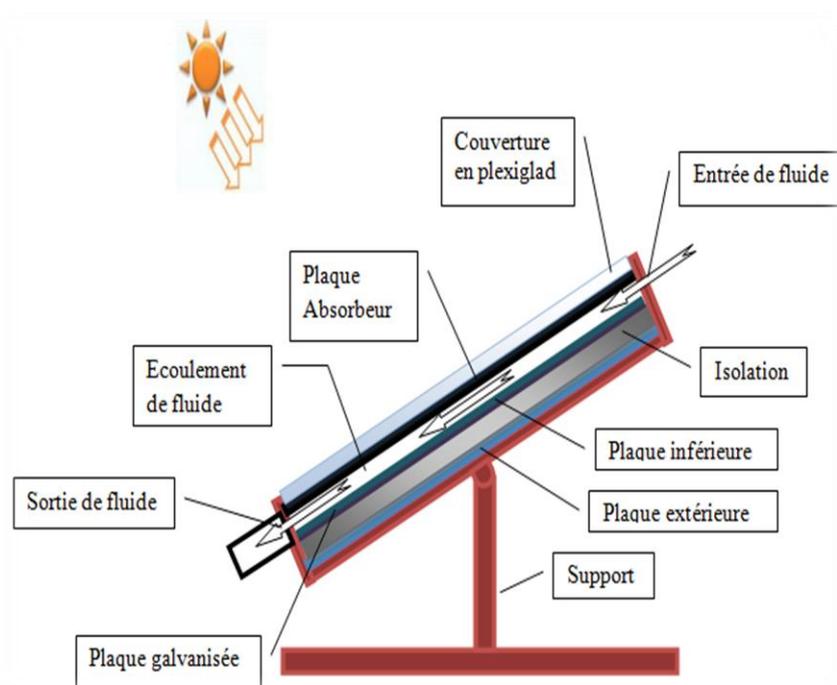


Figure III .5 : Schéma du capteur solaire et géométrie de passage (cas sans chicanes)

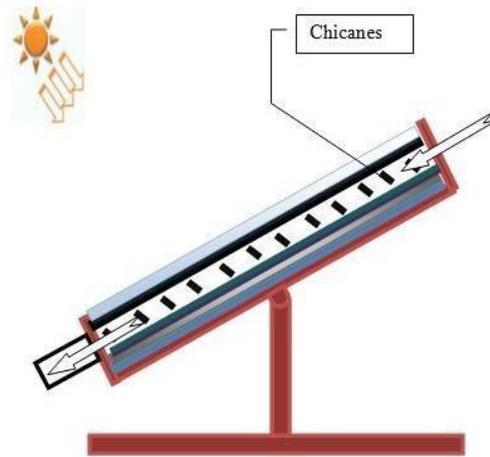


Figure III.6 : Schéma du capteur solaire et géométrie de passage (cas avec chicanes)

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 × 1 m.

Dimensions (effective) : 1,94 m × 0,88 m.

-Calcul de surface :

Surface totale : 2 m².

Surface (effective) : 1,70m²

- Conditionnement expérimental :

Les préparations suivantes ont été faites avant les tests :

- L'angle d'inclinaison du capteur est de 38 ° vers le sud.
- Le capteur a été vérifié pour tout dommage ou anomalie.
- La couverture du capteur a été nettoyée 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 :

-Pyranomètre manuel :

Pyranomètre manuel un appareil avec un écran pour afficher la lecture directe de l'intensité de la lumière en unités w/m² (figure III.7).



Figure III.7 : Pyranomètre manuel

Quelques fonctionnalités de l'appareil :

- Type : Frederiksen, Pyranomètre à main, 4890.20
- Signal de sortie : $100 \text{ mV} = 1000 \text{ W} / \text{m}^2$.
- Plage de mesure : $0\text{-}1999 \text{ W} / \text{m}^2$.
- Précision : $\pm 5\%$.
- Batterie : 1 batterie de 9 volts (35,100).

- Thermomètre :

Thermomètre numérique à 4 canaux de type K $-200 \sim 1372 \text{ }^\circ\text{C}$ $2501 \text{ }^\circ\text{F}$ (figure III.8). Utilisé pour mesurer la température par les sondes (figure III.9).

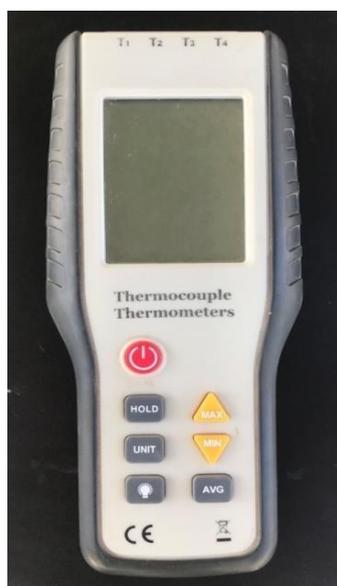


Figure III.8 : Capteur de thermocouple de type K.

Caractéristiques de l'appareille :

- Utilisateur sélectionnable ° C ou ° F ou K
- Différence de température (T1-T4).
- Entrée de thermocouple de type K
- Batterie : 9V DC (inclus).



Figure III.9 : Les sondes thermocouple de type K.

-Thermo-anémomètre à hélice :

La vitesse de l'air est une valeur importante pour la mesure du débit nous avons utilisé Thermo-anémomètre à hélice PCE-TA 30 avec une sonde flexible *mesure* de la vitesse de l'air (figure III.10).



Figure III.10 : Thermo-anémomètre à hélice.

- certaines caractéristiques de l'appareil est suivante :
 - Vitesse de l'air : capteur à effet Hall.

- Température ambiante : capteur CTN.
- Alimentation : 4 piles AAA LR03 1,5 V.
- Poids = 390 g.

- Baromètre :

C'est un appareil qui permet de mesurer la différence de pression à l'entrée et à la sortie d'air dans le capteur solaire étudié avec une valeur d'erreur de 0,1.



Figure III.11 : Baromètre.

- Aspirateur :

Aspirateur pour le pompage d'air (Type MPF.803, 1000W)



Figure III.12 : Aspirateur.

Les caractéristiques de la machine :

- Type de machine : filtre à air.
- Fabricant : AB Electrostatique

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

-Régulation de puissance :

Nous avons utilisé cet appareil pour contrôler et modifier le débit massique de l'air après qu'une boîte a été fabriquée à cet effet dans le hall technologique à l'université de Biskra.



Figure III.13 : Régulateur de puissance

III.5. Conclusion :

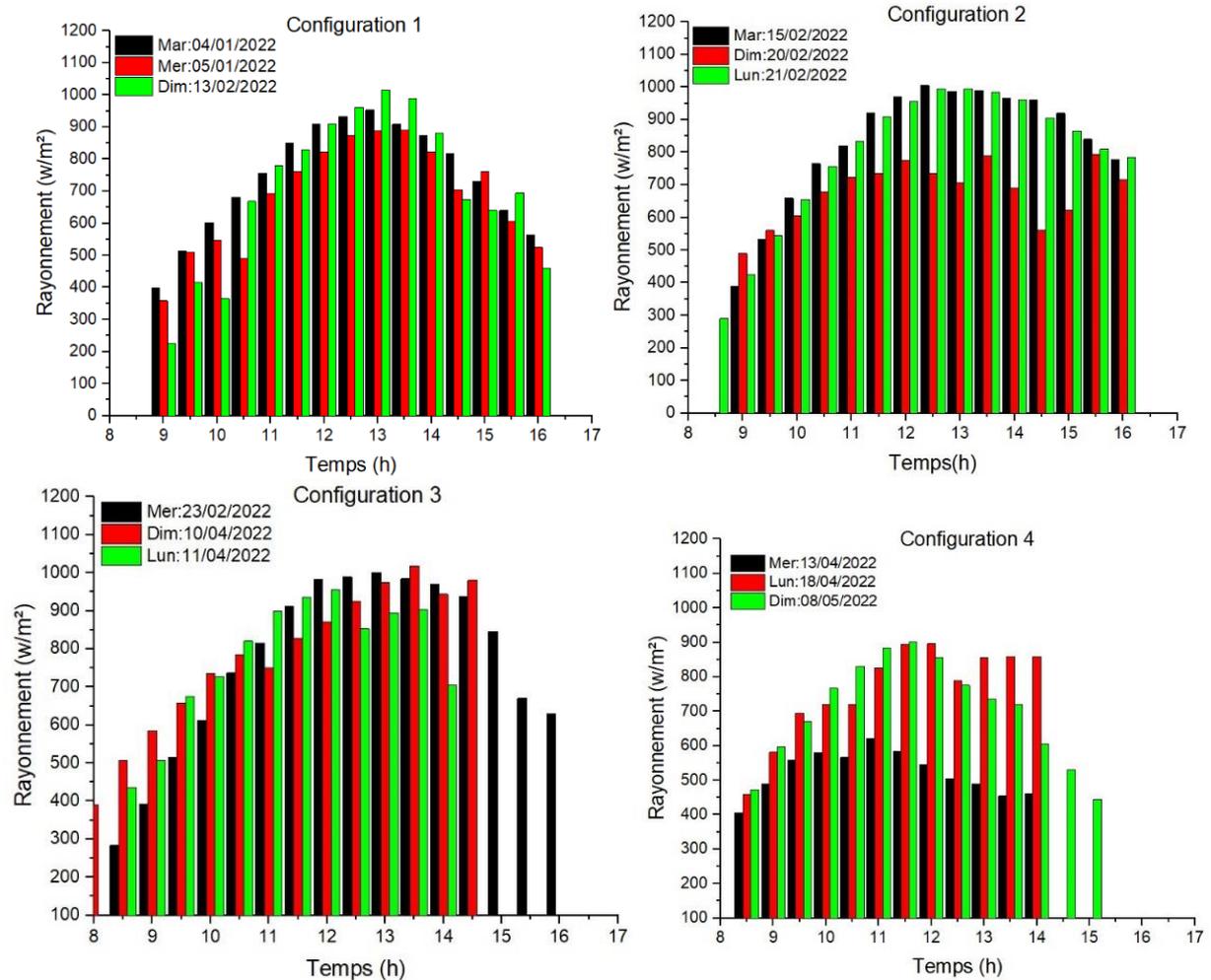
Dans notre étude expérimentale on a présenté le banc d'essais et on a expliqué les étapes et la méthode d'utilisation de notre expérience, on a parlé aussi sur les différentes caractéristiques techniques du capteur solaire. La représentation des instruments de mesure est très importante pour aide nous pendant l'expérience et permet-nous d'obtenir des bons résultats.

Chapitre IV :
Résultat et interprétation

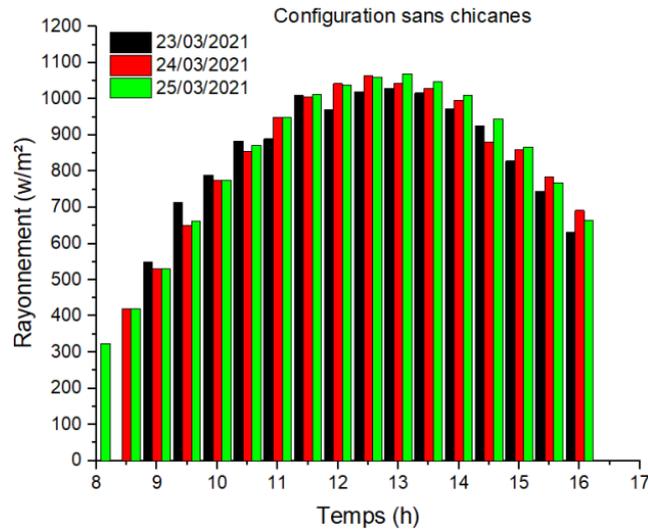
IV.1. Introduction :

Après une série des tests expérimentaux, dans ce chapitre on va présenter les résultats finale obtenus et on doit faire des interprétations, nous concentrons sur les valeurs de rendement, rayonnement et la température de sortie de fluide pour connu l'effet de l'adjonction des chicane on différentes position sur la performance de capteurs solaire a air.

IV.2. Rayonnement solaire :



Figures. IV.1.a : Variation de rayonnement solaire en fonction du temps correspondent la configuration avec chicane.



Figures. IV.1.b : Variation de rayonnement solaire en fonction du temps correspondent la configuration sans chicane.

Dans la figure IV.1a et IV.1b, représentent les variations du rayonnement solaire globale en fonction du temps solaire vrai, d’après les diagrammes on observe que la valeur du rayonnement obtient sa valeur maximale dans le midi soleil par contre dans les temps de coucher et lever de soleil, les valeurs du rayonnement solaire est très faible. On remarque aussi que la configuration 4 selon les deux débits 0.014 kg/s et 0.032 kg/s est un peu différent (plus faible) par rapport les autres jours à cause de météo (le ciel est partiellement couvert), et tous sa donnez des changements dans les valeurs du rendement thermique et la température du sortie de fluide.

IV.3. Rendement thermique :

La figure IV.2 montre le rendement thermique d’un capteur solaire a air en fonction du temps solaire vrai correspond les trois débits massiques différents de $m=0.014$, 0.023 et 0.032 kg/s. Cet effet affecte de maniéré significative les performances de capteur solaire, d’après les diagrammes on remarque que le rendement obtient sa valeur maximale dans le midi solaire par rapport le débit et la fin de la journée. Le changement des valeurs de rendement aussi à une relation avec le débit massique, le rendement augmente avec l’augmentation de débit, par exemple la configuration 2, la valeur maximale du rendement dans le débit 0.014 kg/s est 29% et dans le débit 0.032 kg/s est 49% donc la valeur est plus grand avec 20%. Le nombre des chicane aussi joue un rôle très important sur la valeur du rendement thermique, on observe que le rendement augmente quand on ajoute un autre nombre de chicane sauf la configuration 4, quand on a regardé dans la figure IV.1 la valeur de rayonnement un peu faible à cause de perturbation de météo et un jour partialement couvert, nous n’avons pas obtenu des résultats satisfaisants. On manque aussi des heures de mesure dans la fin de la journée par exemple dans

la configuration 3 et 4 nous sommes arrêtés à 14:00 à cause des conditions de travail dans le mois de ramadan. Le meilleur rendement obtenu est 0.73 dans la configuration 3 (14chicanes) avec un débit de 0.32 kg/s.

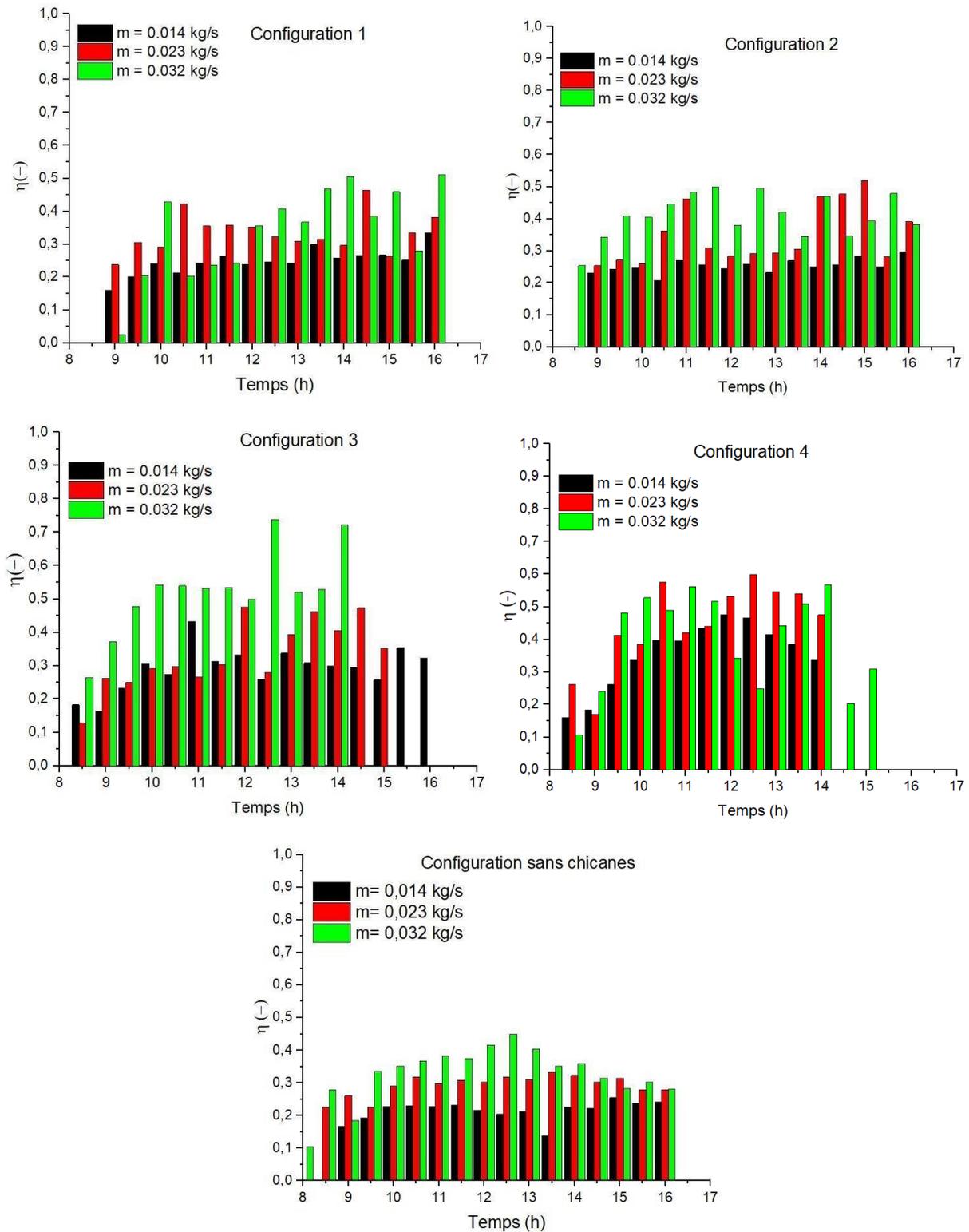
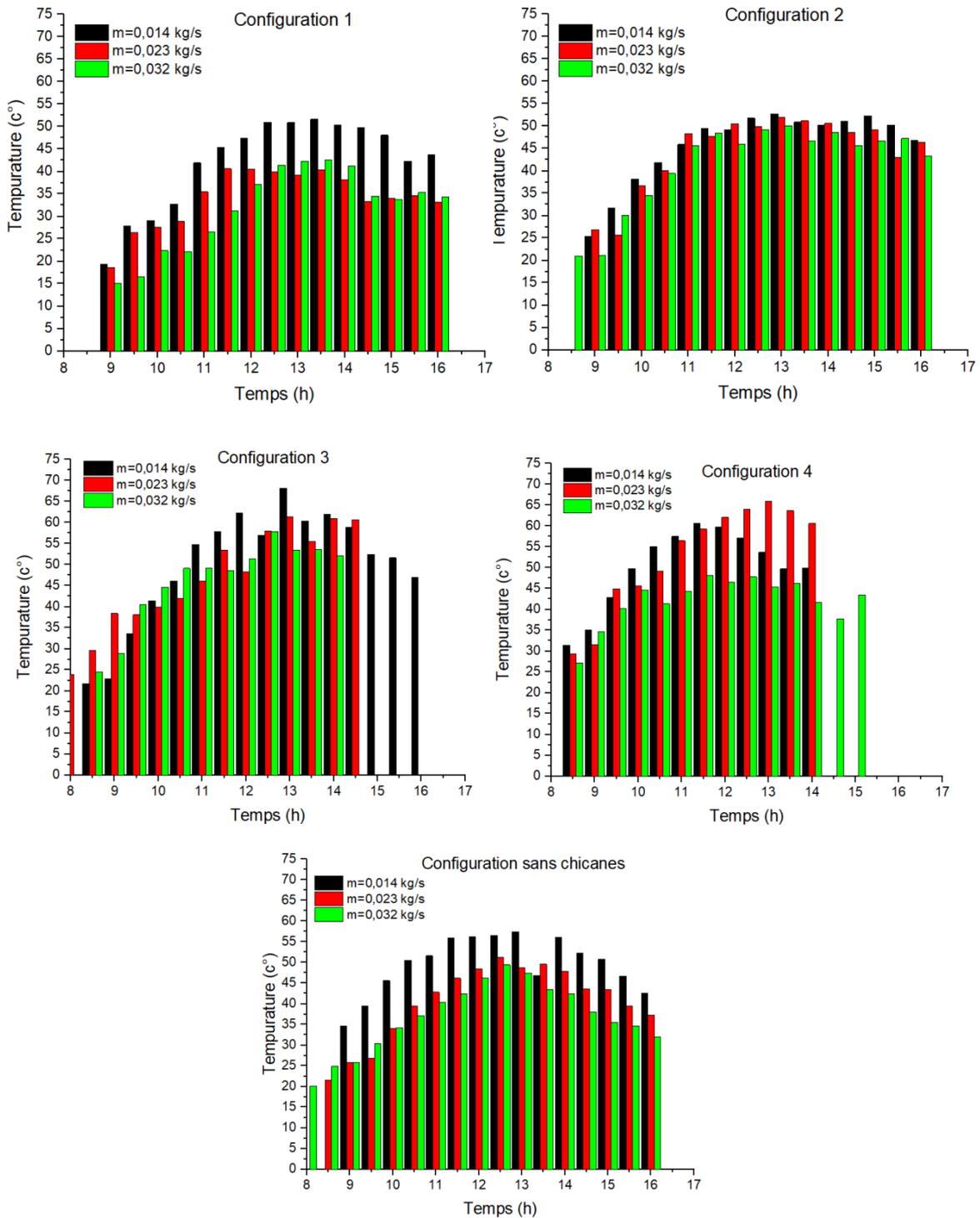


Figure IV.2 : Evolution du rendement thermique pour différent débit massique.

IV.4. Température de sortie :



Figures. IV .3: Variation de température de sortie en fonction du temps.

La figure IV.3 montre la température de sortie en fonction du temps solaire vrai selon les trois débits massiques différents, on observe que les températures de sortie toujours obtient des petites valeurs dans le début et la fin de la journée par contre dans le midi jour les valeurs connu une augmentation jusqu' à son valeur maximale.

Dans la configuration 3 on regarde que la température maximal et de 68 C° avec un débit 0.014 kg/s, dans la configuration 4 les valeurs de température connu des perturbations à cause de météo quand on a vu dans les valeurs de rayonnement (voir figure IV.1)

IV.5. Variation de température du fluide caloporteur :

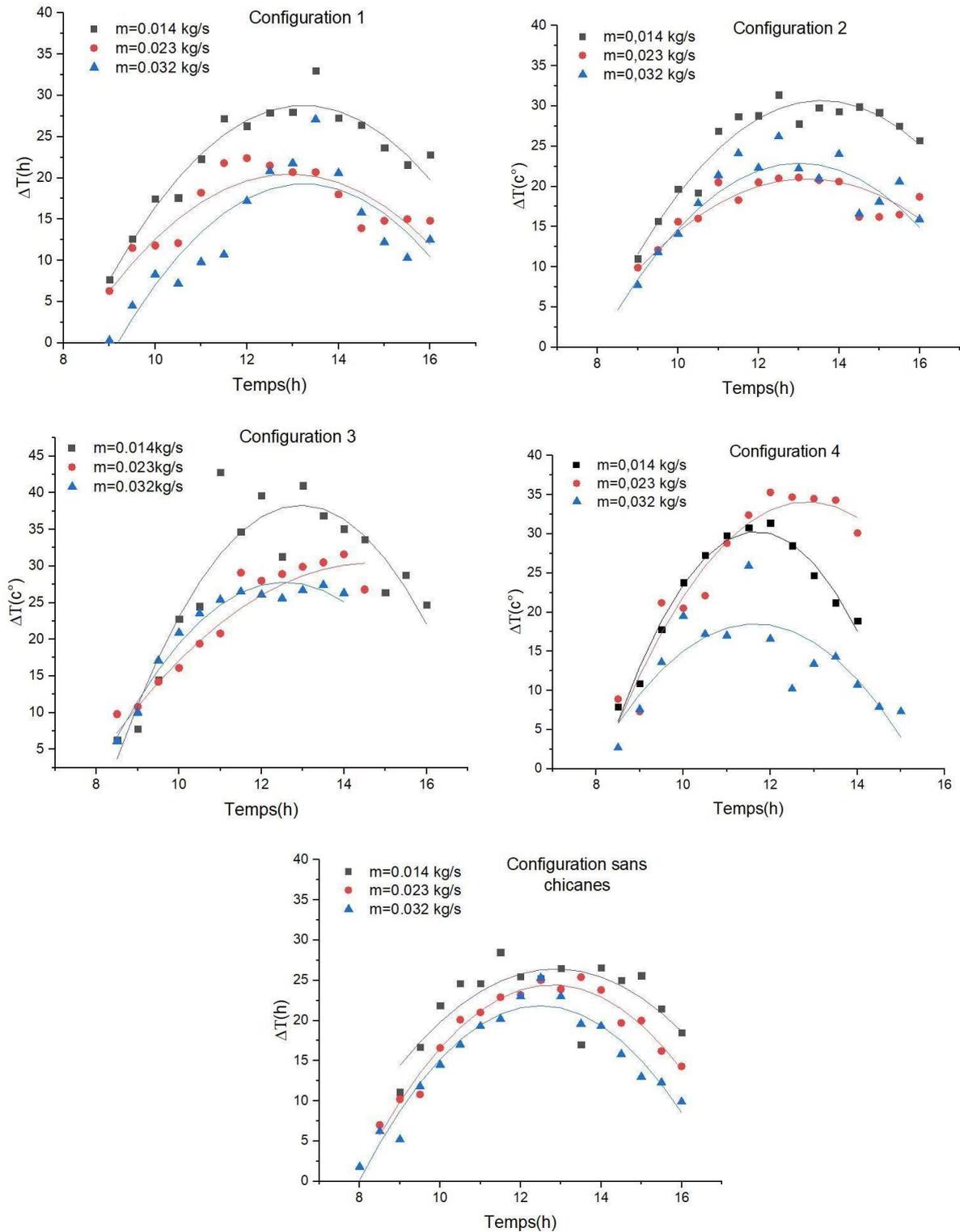


Figure IV.5. Variation de l'écart de la température du fluide caloporteur en fonction du temps.

D'après l'observation des courbes **Fig. IV.5**, on remarque que l'augmentation de l'écart de la température du fluide est toujours dans la période entre 11 :00 et 13 :00 ou bien dans le midi solaire, et aussi que l'écart de températures augmente en fur de mesure de la configuration utilisé.

Dans la configuration sans chicanes la valeur maximale de l'écart est presque 25°C, pour la configuration 1 la valeur maximale est 29°C et la configuration 3 est 42°C, alors la température est augmenté avec l'augmentation de nombre des chicanes et diminution du débit massique.

IV.6 .Perte de charge :

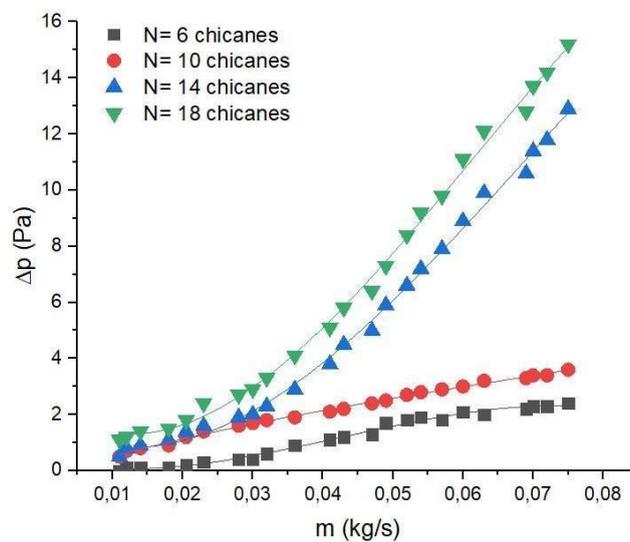


Figure IV.4 : Variation de perte de charge correspondent le nombre de chicanes.

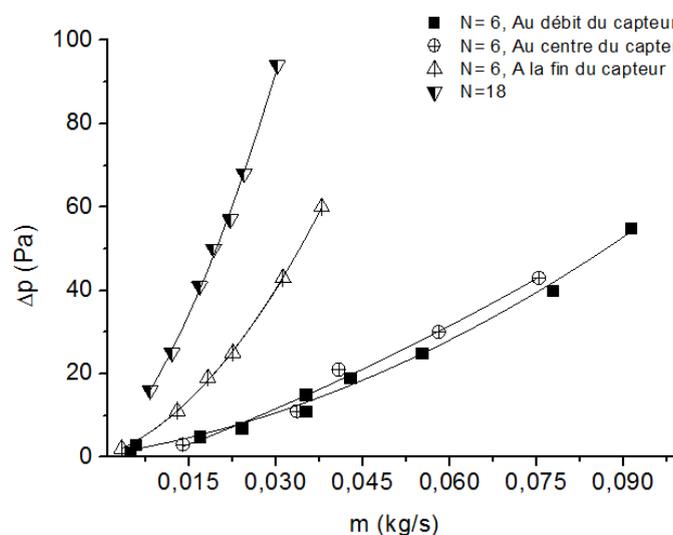


Figure IV.5 : variation de perte de charge correspond le nombre de chicanes de FARES GRIRA [34].

Figure IV.4 représente la variation des pertes de charge (forme de chicane est rectangulaire incliné par $\beta = 135^\circ$), et la figure IV.5 représente la variation de perte de charge correspondent de Fares Grira (forme de chicane est rectangulaire incliné par $\beta = 90^\circ$) en fonction de mesure de débit massique selon le nombre des chicanes utilisées. On remarque d'après les deux figures que les pertes de charge augmentent avec l'augmentation de débit massique. Après la comparaison de notre résultat expérimental et les résultats de Fares Grira dans la configuration de 6 et 18 chicanes, on trouve que notre résultat donne la minimum perte de charge par rapport le débit utilisé, par exemple dans la configuration de 6 chicanes au centre du capteur avec le débit 0.04 kg/s dans notre expérience, la différence de pression est 1 Pa, et les résultats de Fares est 20 Pa. Dans la configuration de 18 chicanes aussi, avec le débit 0.03kg/s, notre résultat donne 3 Pa, et l'autre résultat donne 95 Pa, donc il y a une grande différence entre les deux résultats et notre expérience donnez la meilleure façon de minimum perte de charge.

IV.5 .Conclusion :

On a fait une analyse des résultats expérimentaux obtenues, et en concluant que l'adjonction des chicanes est le raison principale d'optimisation les performances du capteur solaire. Ainsi les facteurs externes comme l'état du ciel jouent un rôle important en l'effet sur la performance du capteur solaire.

Conclusion générale

Notre expérience a été réalisée et testée dans le hall technologique du département de génie mécanique de l'université de Biskra, ce travail est mené pour étudier et analyser l'influence de quelque paramètre sur les performances d'un capteur solaire à air.

Les résultats après une série des tests démontrent que le rendement thermique a une relation directe avec le nombre des chicane ajoutées, quand le nombre des chicanes est élevé le rendement connu une augmentation, et aussi on a trouvé que l'ajout de chicanes crée des turbulences supplémentaires entre la plaque absorbeur et la plaque inférieure.

Le rayonnement est un caractère principal dans notre expérience, dans le midi solaire le rayonnement élevé jusqu'à son valeur maximale, à cette période la plaque absorbeur obtient la quantité de chaleur maximale et la température de sortie atteindre sa valeur maximale.

On a réalisé la minimum perte de charge et un rendement élevé par rapport les résultats de Grira Fares, la limitation des pertes de charges aidez-nous pour prendre un bon rendement à cause de faible frottement.

La variation de débits influence sur l'efficacité du capteur directement, on a conclu que l'augmentation de débits correspond à une augmentation dans le rendement du capteur, l'angle d'inclinaison des chicanes 135° aussi donnez une meilleure façon pour augmenter l'écart de la température du fluide.

La situation géographique du lieu est importante pour exploiter cette énergie, on a vu que l'Algérie a un grand champ solaire, alors on peut réaliser une révolution dans le domaine d'énergie et profiter de cette richesse, et atteindre plusieurs objectifs qui aidez-nous dans l'économie de notre pays.

A la fin on peut dire que la performance des capteurs solaires à une relation directe avec plusieurs facteurs, il faut l'optimiser pour obtiens une meilleur efficacité thermique de ces capteur solaire à air.

Résume :

Nous avons présenté un travail expérimental, il consiste d'un capteur solaire à air, qui permet nous d'exploiter l'énergie solaire, on utilise 135° l'angle d'inclinaison des chicanes, un fluide caloporteur circule entre la plaque absorbeur et la plaque inferieur pour transporté la chaleur absorbé avec ce dernier, on a concentré dans ce travail sur les valeurs de rendement thermique, le rayonnement solaire, l'écart de température de fluide caloporteur et les pertes de charge. L'amélioration de ces capteurs solaire est notre objectif pour l'utilisation dans des différents domaines comme le chauffage des habitations et le séchage thermique des produits agro-alimentaires, après une série des essais on a réalisé un profil amélioré avec un bon rendement et minimum perte de charge.

Les mots clés :

capteur solaire à air, énergie solaire, chicanes, rendement thermique, rayonnement solaire, perte de charge.

Abstract :

We presented an experimental work, it consists of a solar air collector, which allows us to exploit solar energy, we use 135° the angle of inclination of the baffles, a heat transfer fluid circulates between the absorber plate and the bottom plate to transport the heat absorbed with the latter, we have concentrated in this work on the values of thermal efficiency, solar radiation, the difference in temperature of the heat transfer fluid and the pressure drop. The improvement of these solar collectors is our objective for the use in different fields such as the heating of dwellings and the thermal drying of agro-food products, after a series of tests we have achieved an improved profile with good performance and minimum pressure drop.

Key words :

Solar air collector, solar energy, baffles, thermal efficiency, solar radiation, pressure drop.

المخلص:

قدمنا عملاً تجريبياً، يتكون من مجمّع شمسي هوائي، والذي يسمح لنا باستغلال الطاقة الشمسية، نستخدم زاوية ميل الحواجز 135° درجة، ويدور سائل نقل الحرارة بين لوحة الامتصاص واللوح السفلية لنقل تمتص الحرارة مع الأخير، وقد ركزنا في هذا العمل على إن تحسين مجمعات الطاقة. قيم الكفاءة الحرارية، والإشعاع الشمسي، والفرق في درجة الحرارة لسائل نقل الحرارة وانخفاض الضغط الشمسية هذه هو هدفنا للاستخدام في مجالات مختلفة مثل تدفئة المساكن والتجفيف الحراري للمنتجات الغذائية الزراعية، بعد سلسلة من الاختبارات حققنا مظهرًا محسنًا مع أداء جيد وأدنى حد من فقدان الحمل.

الكلمات المفتاحية:

جامع الهواء الشمسي، الطاقة الشمسية، الحواجز، الكفاءة الحرارية، الإشعاع الشمسي، انخفاض الضغط.

Référence :

- [1] **C. Vaugé.** Introduction générale sur les différentes énergies renouvelables, Techniques de l'Ingénieur, B263. (1982).
- [2] <https://bass2000.obspm.fr/cours/soleil.pdf>. consulté le 23 février 2022.
- [3] **E. kechida.** Étude expérimental et théorique du gisement solaire pour la région de Msila, mémoire de master, université de Msila 2019.
- [4] http://www.neufplanetes.org/systeme_solaire/earth.html. consulté le 06 avril 2022.
- [5] <https://content.meteoblue.com/fr/meteoscool/la-terre/la-position-du-soleil/la-duree-du-jour>. consulté le 21 mars 2022.
- [6] <https://www.astrolabe-science.fr/duree-du-jour-et-latitude/>. consulté 06 avril 2022.
- [7] **J.AUBOUIN, J.KOVALEVSKY, E.SCHATZMAN,** « TERRE - La planète Terre », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 17 mai 2022. URL : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/terre-la-planete-terre/>
- [8] **A. H. Khedim.** Energie solaire et son utilisation sous forme thermique et photovoltaïque, Centre de Publication Universitaire. (2003).
- [9] **M. Belhadj,** “ Modélisation D'un Système De Captage Photovoltaïque Autonome”, Thèse de Magister, Université De Bechar, 2008.
- [10] **J. A. Duffie ; W. A. Beckman.** Solar engineering of thermal processes, John Wiley and Sons. (1980).
- [11] https://renards.weebly.com/uploads/2/5/9/8/25986350/geographie10-latitudes_et_longitudes_sommaire.pdf. consulté le 26 avril 2022.
- [12] **Z. Sen.** Solar energy fundamentals and modeling techniques, Springer. (2008).
- [13] **R. Bernard ; G. menguy ; M. Schwartz.** Le rayonnement solaire, conversion thermique et applications, Technique et Documentation. (1979).
- [14] **J. Bonal, P. Rossetti,** “ Les énergies alternatives ”, Omniscience, (2007).

- [15] **D, K, Edwards.** Capteurs solaires, Edition SCM, paris. (1979).
- [16] **M, Capderou.** Atlas solaire de l'Algérie, O.P.U, Alger. (1985).
- [17] **N.YAMANI,** « Simulation des Performances d'une Centrale à Tour. Etude Comparative de deux Configurations d'Absorbeurs » Master, UMBB, 2011.
- [18] **A. Mefti , M.Y Bouroubi, H. Mimouni,** “ Evaluation du potentiel énergétique solaire”, Bulletin des Energies Renouvelables, N° 2, P12, décembre 2002.
- [19] **F.Chaaban, N.Moummi** « Heat transfer and energy analysis of a solar air collector with smooth plate » Eur. Phys. J. Appl. Phys. (2014) 66: 10901.
- [20] **K. Aoues, N. Moummi, M. Zellouf, A. Moummi, A. Labed, E. Achouri et A. Benchabane.** "Amélioration des performances thermiques d'un capteur solaire plan à air : Etude expérimentale dans la région de Biskra". Revue des Energies Renouvelables Vol. 12 N°2 (2009) 237 – 248.
- [21] **F.Chaaban, N.Moummi, A. Brima,** «Experimental study of thermal efficiency of a solar air heater with an irregularity element on absorber plate », international journal of heat technology, vol. 36, no.3, september, 2018, pp.855-860.
- [22] **N.Moummi, S. Youcef-Ali, A. Moummi, J.Y.Desmons,** « Energy analysis of a solar air collector with rows of fins », Renewable Energy 29 (2004) 2053–2064.
- [23] **H.Esen,** « Experimental energy and exergy analysis of a double-flow solar air heater having different obstacles on absorber plates », Building and Environment 43 (2008) 1046–1054.
- [24] **Z.Aouissi, F.Chaaban, M.S.Teguia, D.Bensahal, N.Moummi, A. Brima,** « Determination of the heat transfer coefficient by convection, according to shape of the baffles (solar air collector) ».researchgate conference paper january 2022.
- [25] **A.Hematian, Y.Ajabshirchi, A.A.Bakhtiari,** « Experimental analysis of flat plate solar air collector efficiency », Indian Journal of Science and Technology, Vol. 5 No.8 (August 2012) ISSN : 0974- 6846.
- [26] **M.F.Elkhawjah, L.B.Y. Aldabbagh, F. Egelioglu,** « The effect of using transverse fins on a double pass flow solar air heater using wire mesh as an absorber », Solar Energy 85 (2011) 1479–1487.
- [27] **N.Kumar, A.Tyagi1, T.Yadav, O. Prakash, V. Singh, S.Tiwari,** « Heat Transfer Analysis of Flat Plate Air Collector », 2019 IOP Conf. Ser. : Mater. SCI. Eng. **691** 012075.

- [28] **D. I. Pashchenko**, « ANSYS Fluent CFD Modeling of Solar Air-Heater Thermoaerodynamics », 2018, published in *Geliotekhnika*, 2018, No. 1, pp. 37–47.
- [29] **P.W.Ingle1, A. A. Pawar, B. D. Deshmukh, K. C. Bhosale**, « CFD Analysis of Solar Flat Plate Collector », *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal, Volume 3, Issue 4, April 2013.
- [30] **A. Labed, N. Moummi, K. Aouès, M. Zellouf et A. Moummi**. "Etude théorique et expérimentale des performances d'un capteur solaire plan à air muni d'une nouvelle forme de rugosité artificielle". *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 12 N°4 (2009) 551 – 561.
- [31] **F.Chabane, N.Moummi, S.Benramache, D.Bensahal, O.Belahssen**, “Collector Efficiency by Single Pass of Solar Air Heaters with and without Using Fins”, *Engineering Journal*, pp. 44-53, July 2013.
- [32] **D.Kharroubi**, « Influence de l’adjonction des chicane transversales sur les performances d’un capteur solaire à air », mémoire de master, université de Biskra 2019.
- [33] **S.M.Hadid** “ Etude des performances d’un capteur solaire plan à air avec chicane », Mémoire de Master, Université de Biskra. (2018).
- [34] **F. Grira**, “ Etude des performances d’un capteur solaire plan à air avec et son chicane », Mémoire de Master, Université de Biskra. (2017).