REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITEYAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie civil
Spécialité : Equipment de l'habitat

Conception et réalisation d'un mini capteur solaire thermique

---

Présenté par

MOUZAOUI HASSAN
Bouaissi Omar

Proposé et Dirigé par

Dr. LABBADLIA Omar
Dr. Chiba Younes

Promotion 2023

Remerciements

Avant tout, nous devons remercier ***ALLAH*** *le tout puissant qui nous a donné la force pour réaliser ce travail.*

Le grand merci à nos encadreurs **Dr. LABBADLIA Omar** *et* **Prof. CHIBA Younes** *pour leurs aide durant la résolution de ce mémoire, sans oublier* **Prof. ZIRARI Mounir** *et* **Dr. HADJA Kawther** *qui ont accepté de jurer ce modeste travail.*

Nous remercions aussi l'ensemble des enseignants du département de Génie Mécanique, qui ont contribué à notre formation.

Dédicace

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL à

MES CHERS PARENTS A MES FRÈRES

ET MES SOEURS

A TOUTE LA FAMILLE ET TOUS MES AMIS

Hassan Mouzaoui

Dédicace

C’est avec un grand plaisir que je dédie ce modeste travail en guise de respect et de reconnaissances à :

Mes très chers parents, en témoignage et en gratitude de leur soutient permanant durant toutes mes années d’études leurs sacrifices illimités, leur réconfort moral et tous les efforts qu’ils ont consentis pour mon instruction et pour me voir réussir un jour, sans oublier ma grande mère.

Bouaissi Omar

ملخص

من خلال هذا البحث وهذا العمل، نريد صنع مجمّع شمسي، ثم دراسة أدائه في عدة جوانب.
لقد صنعنا هذا المستشعر يدويًا واختبرناه في ظروف الطقس السيئة وبعض المشكلات التقنية التي عرقلتنا، لكننا تمكنا من الحصول على نتائج جيدة.

الكلمات المفتاحية: المجمع الحراري الشمسي .التسخين بالطاقة الشمسية؛ انجاز.

Résumé

A travers ces recherches et ces travaux, nous souhaitons réaliser un capteur solaire, puis étudier ses performances sous plusieurs aspects.
Nous avons fabriqué ce capteur à la main et l'avons testé avec de mauvaises conditions météorologiques et quelques problèmes techniques l'entravant, mais nous avons pu obtenir des résultats décents.

Mot clés : Capteur solaire thermique ; Chauffage solaire ; Réalisation.

Abstract

Through this research and this work, we want to make a solar collector, then study its performance in several aspects.
We made this sensor by hand and tested it in bad weather conditions and a few technical issues hampering it, but we were able to get decent results.

Keywords: Solar thermal collector; Solar heating; Realization.

Sommaire

Sommaire

Liste des figures.....9

Liste des tableaux.....11

Introduction générale.....1

Chapitre I.....3

I.1 **Introduction :** 4

I.2 Les paramètres climatiques :.....4

I.2.1 Rayonnement solaire : 4

I.2.1.1 Caractéristiques du rayonnement solaire :.....4

I.2.2 Types de rayonnement solaires : 5

I.2.2.1 Rayonnement solaire direct.....5

I.2.2.2 Rayonnement solaire diffus.....5

I .2.2.3 Rayonnement solaire réfléchi.....6

I .2.2.4 Rayonnement solaire global 6

I.3 Généralités sur les capteurs solaires.....6

I.3.1 Introduction : 6

I.3.2 Energie solaire thermique :.....7

I.3.3 Capteurs thermiques 7

I.3.3.1 Capteur solaire non vitres :.....7

I.3.3.2 Capteurs vitrés : 8

I.3.3.3 Capteurs sous vide : 8

I.3.3.4 Capteurs à concentration : 9

I.3.4 Avantages et inconvénients des capteurs solaires thermiques : 9

1 Avantage :.....9

2 Inconvénients : 9

I.4 Capteurs solaire thermiques.....9

Sommaire

I.4.1 Principe.....9

I.4.2 Classification des capteurs thermiques.....10

Tableau.1 classification des capteurs solaires.....11

I.4.3 Capteur plan 12

I.4.4 Capteur solaire à tube sous vide.....13

I.4.5 Les capteurs à concentration 14

Avantage et inconvénient.....14

D'ordre physique 14

D'ordre technologie et économique.....15

I.5 Classification des capteurs à concentration 15

I.5.1 Capteurs à chaudière fixe et concentrateur mobile.....16

I.5.2 Capteur à concentration fixe et chaudière mobile.....17

Chapitre II 18

État de l'art.....18

III Dimensionnement d'un capteur solaire plan :.....31

III.1 Description du capteur plan : 31

III.1.1 Le vitrage : 31

III.1.2 L'absorbeur : 31

III.1.3 L'isolant : 32

III.1.3.1Partie avant de l'absorbeur : 32

III.1.3.2 Partie arrière et latérale :.....32

III.1.3.3 Fluide caloporteur : 32

III.2 Différents types des capteurs solaires plans : 33

III.2.1 Le capteur solaire à eau : 33

III.2.2 Le capteur solaire a air : 33

.III.3 Les paramètres influant sur le fonctionnement d'un capteur solaire :.....34

III.3.1 Les paramètres externes 34

Sommaire

III.3.2 Les paramètres internes :.....34

Représentée par 34

III.3.3 Bilan thermique global.....35

III.3.4 Rendements d'un capteur solaire 36

IV.1 Les composants du capteur : 38

IV.1.1 Une couverture transparente :.....38

IV.1.2 La plaque absorbante :.....39

IV.1.3 L'échangeur : 40

IV.1.4 L'isolation.....41

IV.1.5 le boitier 42

IV.2 Résultats et interprétation :.....44

Conclusion générale.....48

Références bibliographique.....50

Liste des figures et tableaux

Liste des figures

Chapitre I : généralité sur les capteurs solaire

Figure I.1 Différents types de rayonnement solaire……..6
Figure I.2: capteur solaire thermique……7
Figure I.3 : un capteur solaire vitré……8
Figure I.4 : un capteur solaire sous vide……8
Figure I.5 : un capteur à concentration……...9
Figure I.6: processus dans un capteur solaire plan……10
Figure I.7 les principaux composants d'un capteur plan……..13
Figure I.8 : capteurs solaires à tube sous vide……14
Figure I.9 : concentrateurs entièrement mobil……16
Figure I.10 : capteur à chaudière fixe et concentrateur mobile……16
Figure I .11 capteur à renforcement du rayonnement……...17

Chapitre II : état de l'art

Figure II.1 : Le schéma d'un capteur solaire thermique à double passe avec des milieux poreux dans le deuxième canal……..19
Figure II.2 : Coupe transversale du capteur à air……..20
Figure II.3: Disposition des obstacles OCL……20
Figure II.4: Disposition des obstacles DCL ……....20
Figure II.5 : Capteur muni d'obstacles TL……...21
Figure II.6: Capteur avec des chicanes rectangulaire sur la plaque inférieure en bois……...21
Figure II.7: Plaques rectangulaires minces orientées parallèlement àl'écoulement et soudées à la face inférieure de l'absorbeur……22
Figure II.8: Les figures des six Modèles différents de capteurs solaires à air……..23
Figure II.9 : Comparaison des rendements thermiques des modèles de capteurs étudiés……...23
Figure II.10 : Comparaison des températures de moyennes de sorties de l'air des Modèles de capteurs étudiés……23
Figure II.11 : Capteur plan à air muni de rugosités cylindriques……..24

Liste des figures et tableaux

Figure II.12 : Différentes dispositions des rugosités cylindriques……...……24
Figure II.13: Dispositif expérimental……...25
Figure II.14 : Schéma descriptif des chicanes……..26
Figure II.15 : Sections et photo du dispositif expérimental……..27
Figure II.16: Variation du rendement du capteur solaire en fonction du solaire et du temps……28
Figure II.17 : Variation du rendement du capteur solaire en fonction du Rayonnement solaire……...28
Figure II.18: Evolution de la température de Plexiglas en fonction du temps de la journée pour différent angles d'inclinaison……...29
Figure II 2.19 : Evolution de la température de sortie en journée pour différent angles d'inclinaison……29

Chapitre III: Dimensionnement d'un capteur solaire plan

Figure III.1 Un capteur plan……31
Figure III.2 : capteur solaire thermique à eau, vue en coupe. Les conduits d'eau sont ici intégrés dans l'absorbeur……33
Figure III.3 : capteur solaire à air……34

Chapitre IV: Conception et réalisation

Figure IV.1: photographie montrant la vitre……38
Figure IV.2 : photographie montrant la silicone……..38
Figure IV.3: les plaques en aluminium sans peinture(a)et avec peinture (b)……39
Figure IV.4: Réalisation de l'échangeur……..40
Figure IV.5 : l'échangeur peint en noir……41
Figure IV.6 : l'emplacement de l'isolant……41
Figure IV.7 : Le boitier en bois……42
Figure IV.8: Rendu finale……...43
Figure IV.9: évolution de la température au cours du temps……44
Figure IV.10: Evolution de la température de l'entréjusqu'au milieu du capteur…….46
Figure IV.11: l'évolution de la température du milieu jusqu'à la sortiedu capteur…...47

Liste des figures et tableaux

Liste des tableaux

Tableau I.1 classification des capteurs solaires……..11

Tableau IV.1 : Dimensions du capteur……...42

Tableau IV.2 : les températures prises au courant de la journée……44

Introduction générale

Introduction générale

Les événements récents dans le monde ont suscité l'intérêt de l'homme pour les sources d'énergie nouvelles et renouvelables plutôt que les sources traditionnelles comme le charbon, le gaz et le pétrole, ainsi que la demande élevée et croissante d'énergie pour répondre aux besoins de toute l'humanité. L'énergie solaire est l'un des types d'énergies renouvelables les plus répandus et utilisés dans le monde ces dernières années, et peut-être que ses avantages et ses caractéristiques ont suscité un grand intérêt, où il est disponible dans le monde entier ainsi que d'être respectueux de l'environnement, mais sans doute cette énergie est encore au début de son chemin que d'investir dans elle est encore assez cher.

Au cours des dernières décennies, les systèmes à énergie solaire sont devenus une source viable, énergie renouvelable et sont maintenant grandement utilisés dans une variété applications industrielles et domestiques. Ces dispositifs connus sous le nom de capteurs solaires captent le rayonnement solaire et le transforment en énergie électrique ou thermique.

La conversion de l'énergie solaire en énergie thermique est la plus efficace en raison de sa facilité d'installation et de son large éventail d'utilisation. Or l'étude du rayonnement solaire caractérisé par des modèles mathématiques est le point de départ de tout investissement dans le domaine de l'énergie solaire.

Le but de ce travail consiste à réaliser un capteur solaire plan pour la production de l'eau chaude et le mettre en marche afin de savoir ces performances.

Dans ce mémoire nous allons commencer de parler sur des généralités sur les capteurs solaire et les paramètres qui influences sur son bon fonctionnement.

Dans ce qui suit, nous jetons un coup d'œil sur l'état de l'art, en discutant sur les différents travaux abordant les différents types de capteur solaire plan.

En dernière partie, nous abordons la partie du dimensionnement et la réalisation du capteur solaire plan et nous finalisons avec une conclusion générale.

Chapitre I

Généralités sur les capteurs solaires

Chapitre I : généralités sur les capteurs solaire

I.1 **Introduction :**

L'énergie solaire est l'énergie qui provient du rayonnement solaire, directement à travers l'atmosphère. Sur Terre, l'énergie solaire est à l'origine du cycle de l'eau, du vent et de la photosynthèse réalisée par le règne végétal, dont dépend le règne animal via les chaînes alimentaires. L'énergie solaire est donc à l'origine de toutes les énergies sur Terre à l'exception de l'énergie nucléaire, de la géothermie et de l'énergie marémotrice (mouvement des marré) [1]

L'homme utilise l'énergie solaire pour la transformer en d'autres formes d'énergie : énergie alimentaire, énergie cinétique, énergie thermique ou énergie électrique.

Par extension, l'expression « énergie solaire » est souvent employée pour désigner l'énergie électrique et/ou thermique. Cette dernière est exploitée à partir de différent processus dont l'utilisation de capteur solaire thermique.

Dans ce chapitre nous abordons les généralités relatives aux capteurs solaires thermiques et aux différents paramètres influant sur le rendement de ce dernier dont les paramètres climatiques.

I.2 Les paramètres climatiques :

La description des paramètres climatiques se fait à partir de la connaissance de leurs moyennes et de leurs variabilités spatiales et temporelles sur des périodes variant de quelques mois à plusieurs milliers ou millions d'années. Les paramètres climatiques (température ambiante, ensoleillement, précipitations, vent, humidité, etc..) définissent le climat d'une région ou d'un lieu donné. Ainsi, nous nous intéressons à définir, parmi ces paramètres, l'ensoleillement et la température ambiant

I.2.1 Rayonnement solaire :

Le soleil émet plusieurs types d'ondes parmi lesquelles se situe le rayonnement solaire qui est d'origine électromagnétique. Ce rayonnement constitue 99,97 % des sources de chaleur de la terre [2].

I.2.1.1 Caractéristiques du rayonnement solaire :

L'énergie solaire au niveau de la terre est disponible sous forme de rayonnement électromagnétique émis depuis le soleil. La puissance transmise par ce rayonnement varie avec la longueur d'onde du rayonnement. La plus grande quantité d'énergie est apportée par les ondes visibles (lumière blanche qui est la superposition de toutes les couleurs). Certaines ondes sont absorbées partiellement ou totalement par les particules

de l'atmosphère (les molécules d'ozone absorbent une partie de l'ultra-violet) [3].

La puissance incidente par unité de surface sur un plan donné est appelée irradiance, elle est donnée en W/m². Par intégration des irradiantes sur un intervalle de temps donné, on accède aux irradiations, usuellement données en kWh/m .

I.2.2 Types de rayonnement solaires :

Le rayonnement solaire est le flux d'énergie qui est reçu par le soleil sous forme d'ondes électromagnétiques de différentes fréquences. Parmi les fréquences que l'on retrouve dans le spectre électromagnétique, nous avons la plus connue sous le nom de lumière visible, infrarouge et ultraviolet. Nous savons que près de la moitié du rayonnement solaire que reçoit notre planète une fréquence comprise entre les plages de 0.4 μm et 0.7 μm. Ce type de rayonnement peut être détecté par l'œil humaine et c'est ce qui constitue la bande que nous appelons lumière visible.

L'autre moitié est principalement dans la partie infrarouge du spectre et une petite partie dans l'ultraviolet. Pour pouvoir mesurer la quantité de rayonnement, que nous recevons du soleil un instrument appelé pyranomètre est utilisé [4].

Selon l'origine et les caractéristiques du rayonnement solaire, il en existe différents types. Nous allons nous concentrer sur la définition des différents types et de leurs principales caractéristiques :

I.2.2.1 Rayonnement solaire direct

Il s'agit de celui qui vient directement du soleil et subit peu de changement de direction. Cela peut être vu influencé par le vent, mais pas d'une grande mesure. Une diminution de la chaleur peut être ressentie pendant les jours venteux. Sur les surfaces, la chaleur n'affecte pas aussi puissant quand il y a un régime de vent fort. Ce type de rayonnement a une caractéristique principale et c'est qu'il peut projeter une ombre définie à partir de tout objet opaque qui l'intercepte [4].

I.2.2.2 Rayonnement solaire diffus

C'est une partie du rayonnement qui nous parvient du soleil et qui est réfléchie où absorbé par les nuages. Il est connu sous le nom de diffus car ils s'étendent dans toutes les directions. Ce processus a lieu en raison des réflexions et des absorptions, non seulement des nuages, mais de certaines particules qui flottent dans l'atmosphère. Ces particules sont appelées poussière atmosphérique et sont capables de diffuser le rayonnement solaire. Il est également appelé diffus car il est dévié par certains objets tels que les montagnes, les arbres, les bâtiments et le sol lui-même, en fonction de sa

constitution.

La principale caractéristique de ce rayonnement est qu'il ne projette pas d'ombre sur les objets opaques qui sont interposés. Les surfaces horizontales sont les endroits où il y a une plus grande quantité de rayonnement diffus. Tout le contraire se produit avec les surfaces verticales, car il n'y a pratiquement aucun contact[4].

I .2.2.3 Rayonnement solaire réfléchi

C'est celui qui reflète la surface de la terre. Tout le rayonnement solaire qui nous parvient n'est pas absorbé par la surface, mais une partie est déviée. Cette quantité de rayonnement qui est déviée de la surface est appelée albédo. L'albédo terrestre augmente fortement en raison de l'effet du changement climatique et de la fonte des calottes glaciaires polaires.

Les surfaces horizontales ne reçoivent aucun type de rayonnement réfléchi car elles ne voient aucune surface terrestre. Le contraire est le cas avec le rayonnement solaire diffus. Dans ce cas, ce sont les surfaces verticales qui reçoivent le plus de rayonnement réfléchi [4].

I .2.2.4 Rayonnement solaire global

On peut dire que c'est le rayonnement total qui existe sur la planète. C'est la somme des 3 radiations nommé ci-dessus. Prenons l'exemple d'une journée complètement ensoleillée. Ici, nous aurons un rayonnement direct qui sera supérieur au rayonnement diffus. Cependant, par temps nuageux, il n'y aura pas de rayonnement direct, mais tout le rayonnement qui frappe et est diffus[4].

Les différents types de rayonnements solaires sont représentés par la figure 1

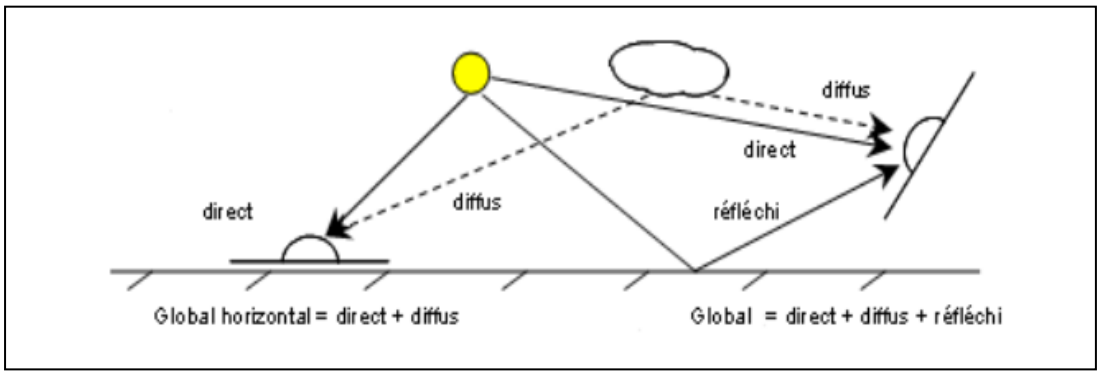


Figure I.1 Différents types de rayonnement solaire [4].

I.3 Généralités sur les capteurs solaires

I.3.1 Introduction :

La nécessité d'énergie solaire donne la chance de naissance du plusieurs

technologies des capteurs solaire. Il existe principalement trois types qui utilisent directement l'énergie solaire : les capteurs thermiques, photovoltaïques et les capteurs hybrides.

I.3.2 Energie solaire thermique :

Le solaire thermique actif permet de transmettre la chaleur du rayonnement solaire au sein d'un fluide, parfois de l'air, le plus souvent de l'eau, par la mise en œuvre des capteurs solaires. Ces techniques peuvent assurer la production d'eau chaude sanitaire ou d'eau distillée, le chauffage des piscines et des habitations ainsi que le séchage[5].

I.3.3 Capteurs thermiques

Tous les capteurs solaires thermiques visent à convertir le rayonnement solaire en chaleur avec un rendement élevé et à fournir cette chaleur aux consommateurs aussi efficacement que possible. Il existe plusieurs types de capteurs solaires thermiques : les capteurs non-vitrés, les capteurs plans, les capteurs sous vide, les capteurs à concentration. Ces types diffèrent considérablement en qualité, en rendement, en conception et en coût.



Figure I.2 capteur solaire thermique [5].

I.3.3.1 Capteur solaire non vitres :

Les capteurs plans sans vitrage sont habituellement fabriqués en un plastique noir qui a été stabilisé afin de résister aux rayons ultraviolets. Comme ces capteurs ne possèdent pas de vitrage, une grande partie de l'énergie solaire est absorbée. Cependant, parce qu'ils ne sont pas isothermes, une grande partie de la chaleur absorbée est perdue lorsqu'il y a du vent et que la température extérieure n'est pas assez chaude. Ils transfèrent si bien la chaleur de l'air (et provenant de l'air) qu'ils peuvent réellement « saisir » la chaleur au cours de la nuit lorsqu'il fait chaud et qu'il y a du vent à l'extérieur.[6]

I.3.3.2 Capteurs vitrés :

Un capteur plan vitré est composé :

D'un caisson, d'un isolant permettant de limiter les fuites thermiques en sous face et sur les bords, D'un film réfléchissant, d'un faisceau de tubes cylindriques, une surface absorbante placée à l'intérieur du coffre, un vitrage fixé sur le caisson, Les tubes sont parcourus par un fluide caloporteur (eau + antigel). Cette eau se réchauffe au fil de l'écoulement dans les tubes.

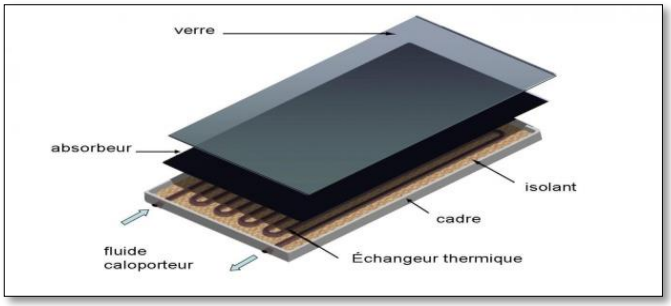


Figure I.3 un capteur solaire vitré [6].

I.3.3.3 Capteurs sous vide :

Un capteur solaire "sous vide" est composé d'une série de tubes transparents en verre de 5 à 15 cm. de diamètre. Dans chaque tube il y a un absorbeur pour capter le rayonnement solaire et un échangeur pour permettre le transfert de l'énergie thermique. Les tubes sont mis sous vide pour éviter les déperditions thermiques convectives de l'absorbeur et l'absorbeur reçoit un traitement sélectif pour empêcher le rayonnement.

Un capteur solaire thermique sous vide est composé : d'une série de tubes de verre sous vide (il n'y a pas d'air), d'un absorbeur à l'intérieur des tubes de verre, d'un tube en cuivre à l'intérieur des tubes de verre.

Les tubes en cuivre sont parcourus par un fluide caloporteur (eau + antigel). Cette eau se réchauffe au fil de l'écoulement dans les tubes.



Figure I.4 un capteur solaire sous vide [6].

I.3.3.4 Capteurs à concentration :

Un capteur solaire thermique à concentration est composé : d'un châssis, d'un isolant permettant de limiter les fuites thermiques en sous face et sur les bords, d'un système de réflexion de la lumière, d'un absorbeur, d'un réseau de tubes en cuivre.[6]

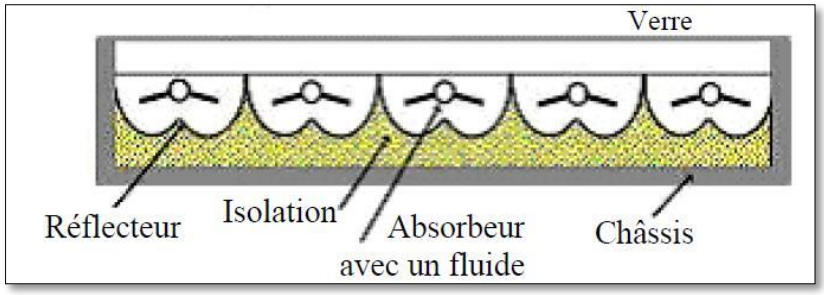


Figure I.5 un capteur à concentration [6].

I.3.4 Avantages et inconvénients des capteurs solaires thermiques :

1.3.4.1 Avantage :

Outre les économies d'énergie déjà énoncées, les capteurs solaires thermiques respectent l'environnement.

L'énergie solaire recueillie par les capteurs solaires thermiques est une énergie propre et renouvelable. Installer ce type de matériel permet de participer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

1.3.4.2 Inconvénients :

La production d'énergie solaire n'est possible que lorsqu'il y a du soleil. L'énergie solaire est une énergie intermittente.

Il faut donc un système de chauffage d'appoint. Il faut pouvoir stocker la chaleur dans des ballons ou des dalles chauffantes. Le coût d'investissement d'une installation solaire thermique est relativement élevé.

I.4 Capteurs solaire thermiques

I.4.1 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 1). Les capteurs solaires sont utilisés pour chauffer l'eau domestique, chauffage domestique, et produire de la chaleur à haute température [7-9], Les centrales thermiques peuvent même produire de l'électricité à partir de la chaleur à haute température.

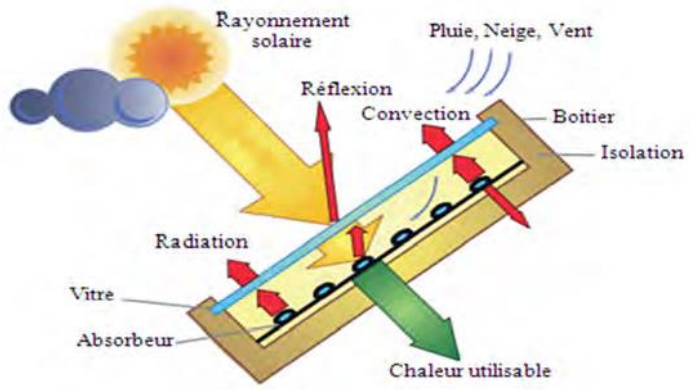


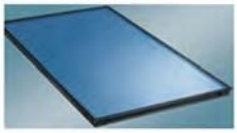
Figure I.6 processus dans un capteur solaire plan [7].

I.4.2 Classification des capteurs thermiques

On peut classer le capteur solaire selon la température ; les capteurs à faible température, moyen température, haute température [8-11].

Suivant ce classement il existe essentiellement trois types des capteurs solaires thermiques : Capteur plan, capteur à tube sous vide et capteur à concentration.

Tableau. I classification des capteurs solaires

	Type de capteur		*Rapport déconcentration pour rayonnement direct*	*Intervalle Température T(K)*
	Nom	*Diagrammes schématique*		
Stationnaire	*Capteur à absorbeur plan*		*C≤1*	*300 <T >360*
	Tube sous vide		*C≤1*	*300<T>460*
Un axe	*Réflecteur parabolique composé*		*1≤C≥1*	*340<T>510*
			5≤C≥15	*340<T>560*
	Réflecteur Parabolique		*15<C≥>40*	*340<T>560*
	Réflecteur Fresnel		*10<C>40*	*340<T>540*
	Réflecteur cylindro-Parabolique		*10<C>50*	*340<T>540*
Deux axes	*Réflecteur disque parabolique*		*100<C>1000*	*340<T>1200*
	Réflecteur sphérique		*100<C>300*	*340<T>1000*
	Champs d'Héliostat		*100<C>1500*	*340<T>3000*

Bien qu'il existe de grande différence géométrique mais leur but reste le même : pour convertir le rayonnement solaire en chaleur afin de satisfaire certains besoins énergétiques. La chaleur produite par les capteurs solaires peut être utilisée directement où être stocké.

Pour évaluer la quantité d'énergie produite dans un capteur solaire, il est nécessaire de considérer les propriétés physiques des matériaux. Le rayonnement solaire, principalement à courte longueur d'onde, passe par une couverture pour atteindre le récepteur. Le verre faible teneur en fer est souvent utilisé comme une couverture de vitrage en raison de sa forte transmissibilité ; la couverture aussi réduit considérablement les pertes de chaleur.

Les caractéristiques optiques du récepteur doivent être aussi proches que possible de celles d'un corps noir, en particulier à haute capacité d'absorption. Les propriétés de la conductivité thermique peuvent être améliorées en ajoutant des revêtements sélectifs. Qui est en collaboration avec l'absorption de rayonnement et une augmentation de la température de l'absorbeur, Le matériau de vitrage devient essentiellement opaque à la nouvelle condition de longueur d'onde favorisant l'effet de serre. Une combinaison de la haute transmissibilité du rayonnement solaire par la couverture et de haute capacité d'absorption du récepteur apporte une grande performance pour un capteur solaire bien conçus.

I.4.3 Capteur plan

Un Capteur solaire à plaque plane est constitué d'un imperméable, en métal ou en fibre de verre boîte isotherme contenant une plaque d'absorption de couleur foncée, l'absorbeur avec un ou plusieurs vitrages. Les plaques absorbantes sont généralement fabriquées à partir de métal en raison de sa haute conductivité thermique et peints avec des revêtements de surface sélectifs spéciaux a fin d'absorber et transférer la chaleur mieux que la peinture noire régulier possible. Le vitrage recouvre réduire la convection et les pertes de chaleur de rayonnement de l'environnement [8-14].

Le capteur gagne une énergie lorsque le rayonnement solaire se déplace à travers la couverture, Plus le facteur de transmission (τ) du vitrage n'est élevé, plus le rayonnement atteigne la plaque d'absorbeur. Cette énergie est absorbée en une fraction égale à la capacité d'absorption(α) du récepteur-métal noir.



Figure I.7 les principaux composants d'un capteur plan [8].

80% de l'énergie thermique solaire est absorbée dans la plaque de capteur. La chaleur rayonnante reflète et les pertes de chaleur à la surface du capteur est de l'ordre de 10 à 35%représenté précédent. Il est très essentiel pour définir les singuliers des équations de flux de chaleur pas à pas, afin de déterminer l'équation principale du capteur
Comme le capteur absorbe la chaleur, sa température est de plus en plus supérieure à celle de l'énergie thermique environnante et est transmise à l'atmosphère par convection et rayonnement. Le taux de perte de chaleur, Q_o dépend du coefficient de transfert thermique global

I.4.4 Capteur solaire à tube sous vide

Les capteurs solaires à tubes sous vide sont des capteurs solaires qui ont une meilleure performance que les capteurs plans pour un fonctionnement à haute température dans l'intervalle de 77 à 170 °C. Ils sont bien adaptés pour les applications de chauffage commercial et industriel ainsi que pour les applications de refroidissement par des cycles de réfrigération régénérâtes [8-10]

Le capteur solaire à tubes sous vide est constitué des rangées de tubes de verre parallèles, reliées à un tuyau d'en-tête comme illustré à la figure I.4. L'air à l'intérieur de chaque tube est retiré est atteint des pressions de vide autour de 10^{-3} mbar. Cela crée des conditions d'isolation élevées pour éliminer les pertes de chaleur par convection et par rayonnement, pour atteindre des températures plus élevées. Dans les tubes à passage direct, le fluide s'écoule à travers l'absorbeur. (Figure I.4 ; a, b) Ces capteurs sont classés en fonction de leurs nœuds de liaison-matériaux ; par exemple verre-métal ou verre-verre et par l'agencement des tubes (concentriques ou tube en U). À l'intérieur de chaque tube une ailette métallique plane ou incurvée est attachée à un tube de cuivre. L'ailette est revêtue d'un film mince dont les propriétés optiques sélectives permettre d'atteindre une forte absorbance du rayonnement solaire et réduite les pertes de chaleur par rayonnement

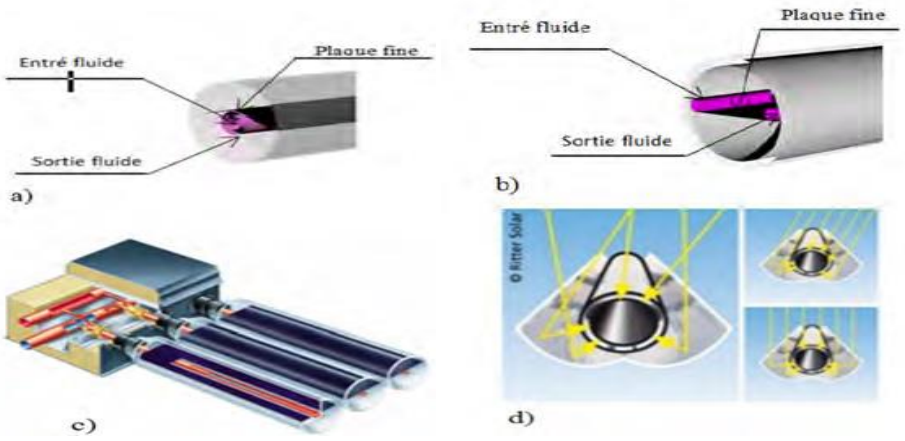


Figure I.8 capteurs solaires à tube sous vide [8].

I.4.5 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.

1.Avantage et inconvénient

Le concentrateur est un dispositif qui permet, par réflexion ou réfraction du rayonnement incident, de soumettre le convertisseur à des flux surfaciques intenses ; la conversion héliothermique à température élevée devient alors envisageable ; jusqu'à environ 300°C, sous quelques centaines de $W.m^{-2}$ avec des concentrateurs de révolution. Cet avantage essentiel ne va toutefois pas sans inconvénients[15-16].

2.D'ordre physique

Perte à la réflexion ou à la transmission, d'une fraction du rayonnement direct (partie rayonnement global directement issue du soleil) selon la valeur du facteur de réflexion, ou de transmission du concentrateur (par exemple 0.9)

Perte totale ou partielle du rayonnement diffus (seconde composante du rayonnement global) qui provient de l'environnement, et non plus du soleil, par rapport auquel les calculs de trajectoires optiques ont été effectués (plusieurs dizaines de KW.m-2).

3.D'ordre technologie et économique

Le capteur à concentration est souvent plus sophistique (par exemple, mobile) et donc plus cher par unité de surface que le capteur plan traditionnel l'investissement comme à la maintenance.

I.5 Classification des capteurs à concentration

Les solutions pour concentrer le rayonnement solaire sont trop nombreuse pour que l'on puisse ici en faire une présentation exhaustive aussi, avant de songer à concevoir un concentrateur original, il est impératif de consulter une documentation spécialisée (livres et périodique cités en bibliographie). Beaucoup de ces solutions ne sont d'ailleurs pas satisfaisantes en vue de la production d'énergie solaire en raison des contraintes technologique et économique.

Nous avons retenu ci-dessous que des solutions réalistes ayant pour la plupart fait l'objet de réalisation [16].

Pour les présenter, nous avons distingué les capteurs entièrement mobiles autour d'un ou deux axes, les capteurs à chaudière fixe, les capteurs à concentrateur fixe et les capteurs à renforcement du rayonnement incident.

Le capteur entièrement mobile

Ce sont des capteurs à concentration ponctuelle, linaire ; les ponctuels sont équipés de concentrateurs de révolution orientables autour de deux axes (figure 1.9). Linéaires utilisent des concentrateurs cylindriques mobiles autour d'un axe de rotation, de préférence parallèle à l'axe du monde.

La différence essentielle entre ponctuels et linéaires réside dans les niveaux accessibles de concentration géométrique et donc de fonctionnement : au-delà d'environ 300°c, le ponctuel est préférable.

On doit remarquer l'avantage de la concentration linéaire que :

-Un seul mouvement de rotation est nécessaire

-L'énergie est véhicule en même temps qu'elle est captée le convertisseur héliothermique sert de réseau caloporteur qui devient alors excrément réduit.

-Dans le cas d'intégration du capteur dans une centrale, les effets d'ombre portée sont plus faibles que pour les ponctuelles.

Ces avantages ne vont toutefois pas sans inconvénient :

-L'énergie solaire disponible est réduite de l'effet cosinus ;

-La largeur du champ de flux sur l'absorbeur varie au cours de la journée

-En extrémité de chaudière, il y a des pertes énergétiques que l'on réduit, en valeur relative, en concevant des concentrateurs longs.



Figure I.9 concentrateurs entièrement mobiles [16].

I.5.1 Capteurs à chaudière fixe et concentrateur mobile

La solution chaudière fixe-concentrateur mobile correspond essentiellement aux dimensions est fixe, et le concentrateur est constitué d'un ensemble d'héliostats qui réfléchissent le rayonnement solaire vers cette chaudière, la difficulté tient généralement à la grande précision requise par l'optique de tels systèmes. L'avantage, en contrepartie, tient à la quasi-suppression du réseau caloporteur centrales à tour ou aux grosses centrales à foyer linéaire ;



Figure I.10 capteur à chaudière fixe et concentrateur mobile [16].

I.5.2 Capteur à concentration fixe et chaudière mobile

Le réflecteur ou le réfracteur constitue la partie encombrante et pesante du capteur ,d'où les solutions à concentrateur fixe, qui présentent également l'avantage de poser un minimum de difficultés concernant la tenue au vent ,l'immobilité du concentrateur n'est toutefois pas sans inconvénient ,car l'effet cosinus est alors très pénalisant ,le meilleur positionnement sera obtenu comme pour les capteurs plans ,en inclinant l'axe (ou le plan) optique d'un angle égal à la latitude du lieu dans le plan méridien.

I.5.3 Capteur à renforcement du rayonnement

Les solutions dites à renforcement du rayonnement incident, capteur fixe, ne peuvent être considérées comme réellement satisfaisantes, deux propositions sont toutes signalées ;le premier conduit au meilleur rapport concentration géométrique /angle d'acceptante mais au prix d'une surface de miroir très importante ; la seconde est la plus immédiate pour améliorer les performances d'un capteur plan.



Figure I.11 capteur à renforcement du rayonnement [16].

Chapitre II
État de l’art

II-état de l'art

Ho-Ming Yeh et Tong-Tshien Lin (1995) ont étudié théoriquement et expérimentalement l'influence du rayonnement solaire capturé sur l'efficacité de capteur solaire. Ils ont trouvé que le taux du rayonnement solaire et la surface de contact entre l'absorbeur et le fluide caloporteur accroît avec l'augmentation de la surface du capteur, mais aussi elle augmente le coefficient des pertes thermiques entre la couverture et l'extérieur [17]. **Benkhelifa (1998)** a présenté un modèle mathématique pour étudier l'influence de quelques paramètres sur le coefficient de perte thermique vers l'avant du capteur. Le model permet de calculer ces pertes thermiques.Ilatrouvéquel'augmentationducoefficientdepertesthermiques dépend de l'augmentation de l'émissivité de l'absorbeur ainsi que sa température et le coefficient d'échange convectif avec l'air ambiant [18]. **K. Sopian et al (1999)** ont présenté une étude expérimentale du rendement thermique d'un capteur solaire à doubles passes sans et avec milieu poreux placé dans le deuxième canal [19].

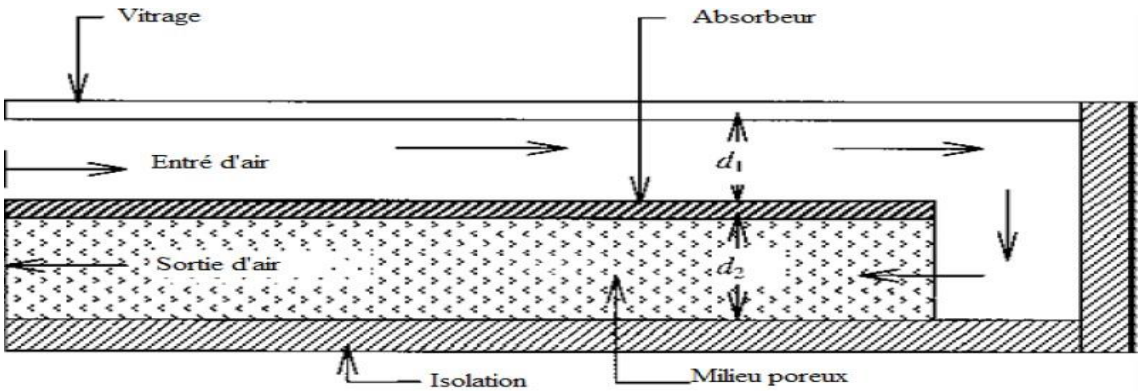


Figure II.1 Le schéma d'un capteur solaire thermique à double passe avec des milieux poreux dans le deuxième canal [19].

Ils ont étudié l'effet du changement de la profondeur du canal supérieure et inférieure avec et sans milieu poreux sur le rendement thermique, ainsi que les effets du débit d'air, et de rayonnement solaire. Ils ont trouvé que, la présence du milieu poreux augmente la surface de transfert thermique d'où l'augmentation de la température de sortie, et que le capteur solaire àdoublepassesadesperformancesthermiquesplusélevéesquecellesàseulepasse.Lerendementther mique d'un capteur solaire à double passes avec un milieu poreux estdel'environde60-70 %, c'est-à-dire20-70 %plus haut que le capteur sans milieu poreux [19]. **F. Moukhtari et D. Semmar (1999)** ont fait une étude expérimentale d'un capteur solaire à air. Ils ont présenté les résultats des essais effectués sur le capteur solaire à air. En premier lieu, ils ont donné la méthode de réalisation du modèle expérimental en se référant aux modèles standards des

capteurs à air, ensuite une compagne de mesures a été menée afin de juger les performances thermiques de ce système. Les paramètres mesurés ils permettent d'appuyer l'analyse théorique, ils valoriser son capteur solaire à air, et pour une éventuelle utilisation des capteurs dans le séchage des produits agro-alimentaires [20].

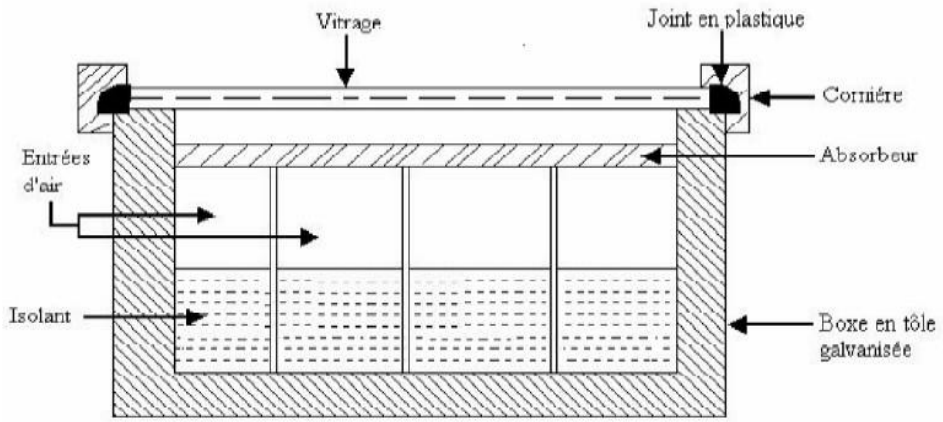


Figure II.2 Coupe transversale du capteur à air [20].

A partir des résultats trouvés, ils sont conclu que :

- La température de sortie du fluide varie en fonction du flux solaire.
- La conception a permis d'obtenir des températures du fluide assez élevées à la sortie, favorable pour les exploiter dans le séchage des produits agro-alimentaires.

A. Ahmed Zaïd et al (2001) Présentent une comparaison entre les résultats obtenus dans les cas du capteur solaire muni d'obstacles et du capteur sans obstacles (SC). Les différentes formes étudiées, à la fois simples et intéressantes, concernent, comme le montrent Fig.(I.3), Fig.(I.4),et Fig.(I.5) ,les chicanes Delta Cintrées Longitudinalement (DCL), Ogivales Cintrées Longitudinalement (OCL) et Transversales-Longitudinales (TL) Après analyse des résultats, le capteur muni d'obstacles TL paraît le meilleur [21] .



Figure II.3 Disposition des obstacles OCL [21]

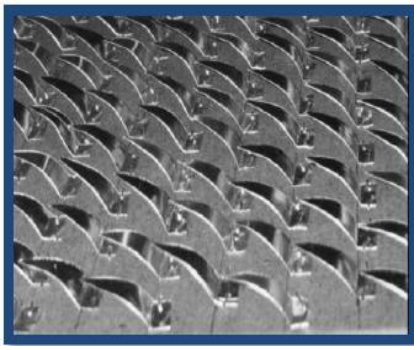


Figure II.4 Disposition des obstacles DCL [21]

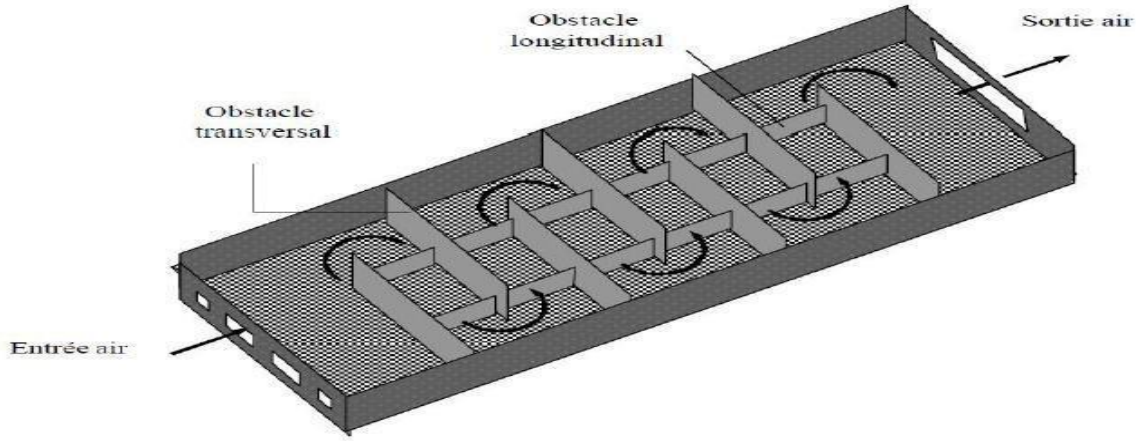


Figure II.5 Capteur muni d'obstacles TL [21]

Moummi et al (2004) à travers une étude expérimentale sur un banc d'essai comprenant un convertisseur solaire, ils ont créé un écoulement turbulent entre l'absorbeur et la plaque arrière par l'utilisation des obstacles rectangulaires perpendiculaires à l'écoulement et qui permettent de réduire les zones mortes Fig. (I.6) [22] .

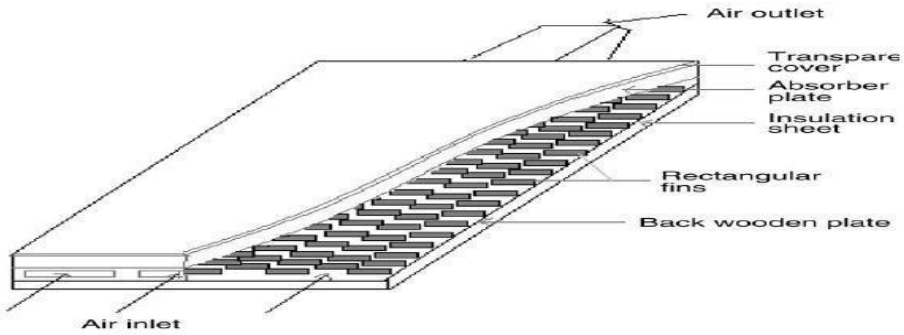


Figure II.6 Capteur avec des chicanes rectangulaire sur la plaque inférieure en bois [22].

Par comparaison de ce type de capteurs avec un autre sans obstacles, utilisant deux types d'absorbeurs, sélectif et non sélectif, l'auteur a trouvé que la sélectivité de l'absorbeur ne présente pas une amélioration remarquable en présence des plaques rectangulaires. Ils ont donné également une approche approximative du coefficient du transfert convectif dans le canal d'air tenant compte de la géométrie de l'absorbeur et de la nature de l'écoulement [22]. **S. Youcef Ali(2005)** a étudié expérimentalement un capteur solaire plan à air muni de rugosités dans le canal d'écoulement du fluide caloporteur. Ces obstacles dits chicanes sous forme de plaques rectangulaires minces orientées parallèlement à l'écoulement et soudées à la face inférieure de l'absorbeur [23].

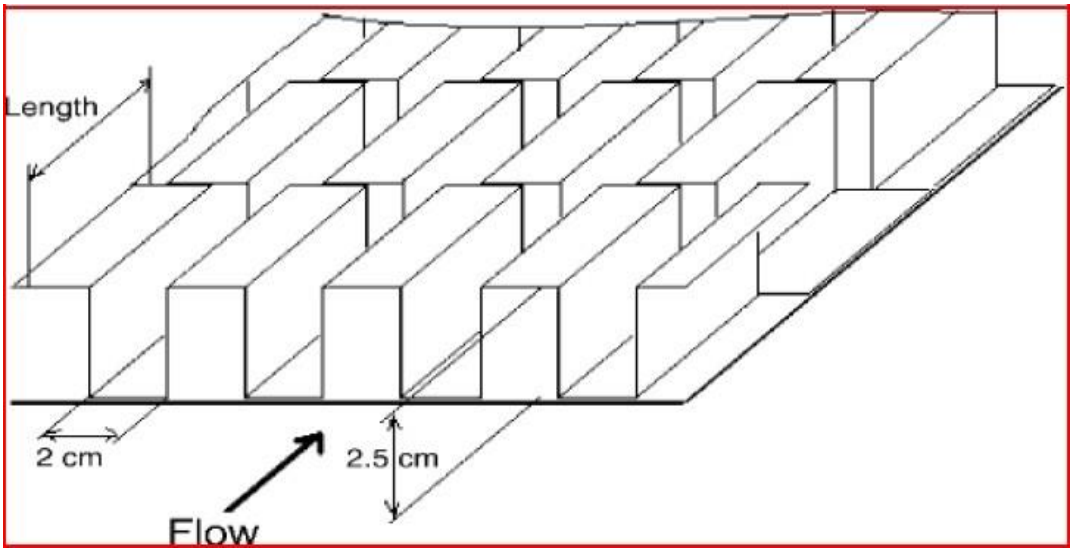


Figure II.7 Plaques rectangulaires minces orientées parallèlement à l'écoulement et soudées à la face inférieure de l'absorbeur [23]

Parallèlement, il a comparé expérimentalement l'efficacité d'un capteur à doubles couvertures avec celui à triples couvertures. Il a montré que les plaques ajoutées augmentent le transfert thermique entre l'absorbeur et l'air ce qui réduit les pertesvers l'extérieur et par conséquence un rendement supérieur. D'autre part, il a montré que la couverture triple donne des performances plus importantes que celles doubles par minimisation des pertes vers l'extérieur [23]. **Turhan Koyuncu (2006)**, dans cet article, a étudié six Modèles différents de capteurs solaires à air avec convection naturel pour le séchage des produits agricoles :

Modèle -1 : à simple vitrage en plastique, l'absorbeur est en carton dur à peinturenoire sans effet de serre.

Modèle -2 : à simple vitrage en plastique, l'absorbeur est en tôle d'aluminium peinteen noire sans effet de serre.

Modèle -3 : une seule vitre en plastique, l'absorbeur est en tôle aluminium en formede zigzague, avec peinture noire, sans effet de serre,

Modèle -4 : à simple vitrage en plastique, l'absorbeur est en tôle d'aluminium peinteen noire avec effet de serre.

Modèle -5 : à simple vitrage en plastique, l'absorbeur en tôle aluminium en forme dezigzague à peinture noire avec effet de serre.

Modèle -6 : double vitre en plastique, l'absorbeur en tôle aluminium peinte en noire aveceffet de serre Il montré que les capteurs à simple vitrage et sans effet de serresont plus efficaces que

ceux à double ou à triple vitrages Fig. (I-15 et 16), cesdispositifs de conversion thermique de l'énergie solaire, sont plus appropriés pour la circulation naturelle dans les applications du séchage par de l'énergie solaires [23].

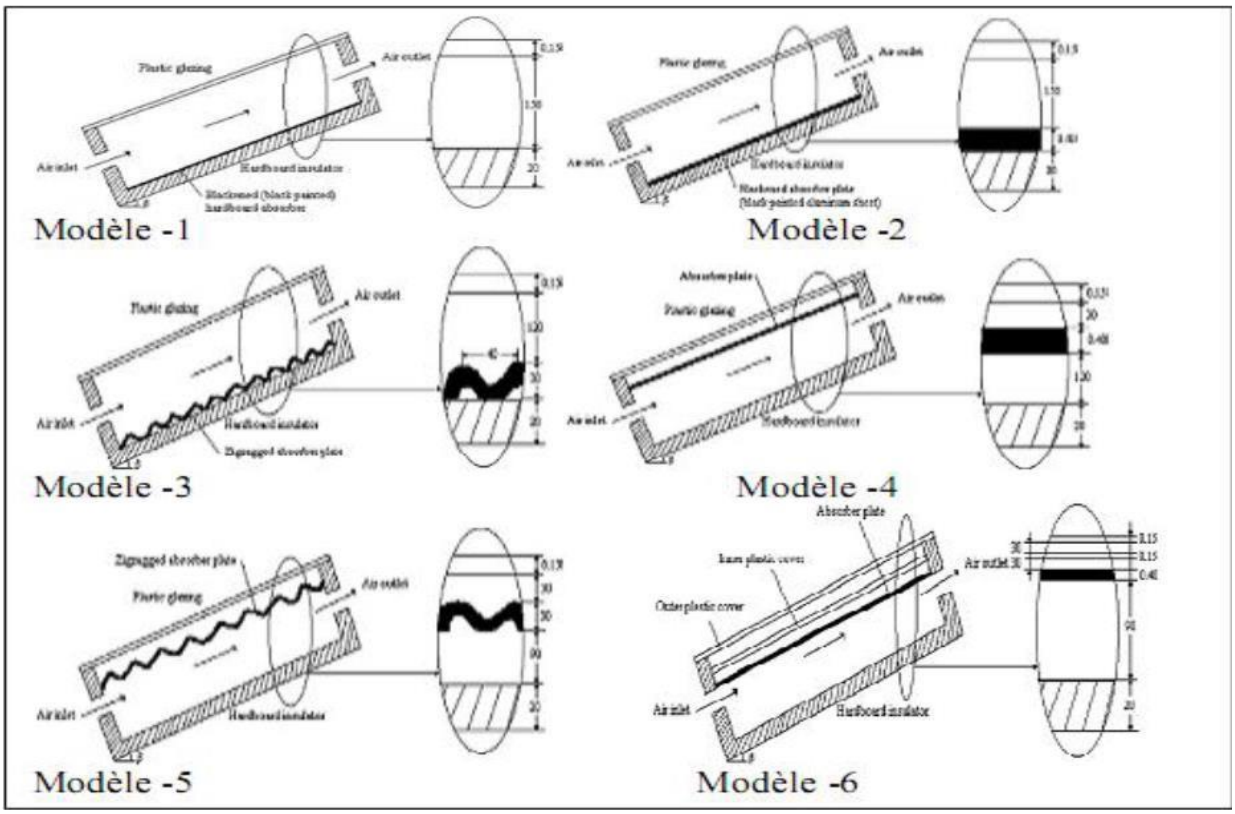


Figure II.8 Les figures des six Modèles différents de capteurs solaires à air [23].

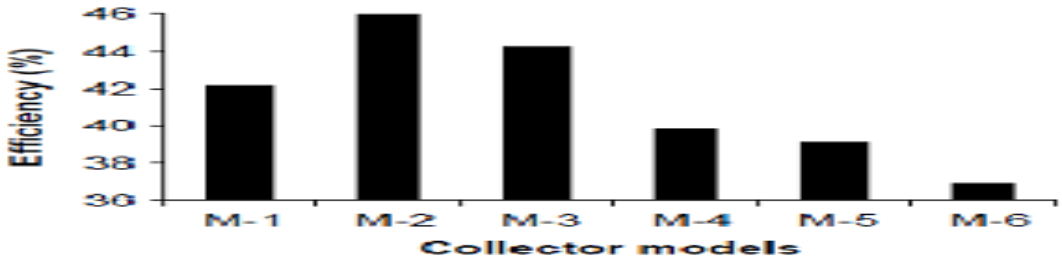


Figure II.9 Comparaison des rendements thermiques des modèles de capteurs étudiés [23]

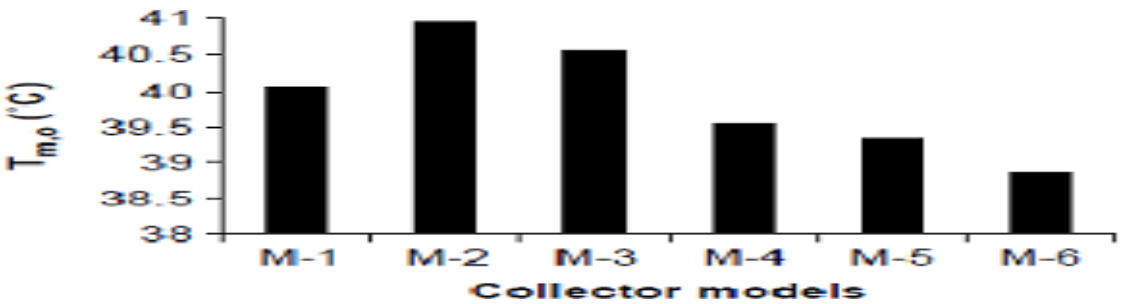


Figure II.10 Comparaison des températures de moyennes de sorties de l'air des Modèles de capteurs étudiés [23].

Huseyin Gunerhan et Arif Hepbasli (2007) ont étudié l'influence de l'angle d'inclinaison et de l'orientation avec l'horizontal d'un capteur solaire sur le rayonnement solaire atteignant la surface du capteur, ils ont trouvé que la meilleure orientation du capteur solaire est de l'orienter directement au sud [14]. **K. Aoues et Al (2008),** dans cet article, ont décrit un travail théorique en vue d'améliorer le coefficient de transfert convectif entre le fluide caloporteur et la plaque absorbante du rayonnement solaire.

en plaçant des chicanes cylindriques perpendiculairement à l'écoulement dans la veine d'air dynamique entre l'absorbeur et l'isolant. fig. (I.11) [25].

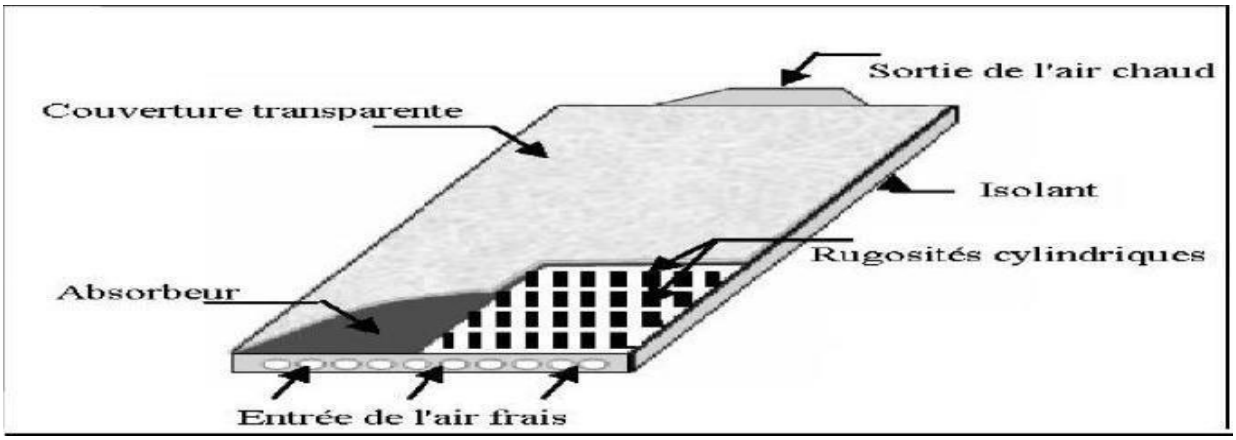


Figure II.11 Capteur plan à air muni de rugosités cylindriques [25]

Les cas étudient dans cet article sont:

- Le capteur plan à air dépourvu de chicanes.
- Le capteur plan à air muni de chicanes cylindriques arrangées en rangés alignées.
- Le capteur plan à air muni de chicanes cylindriques arrangées en quinconces.

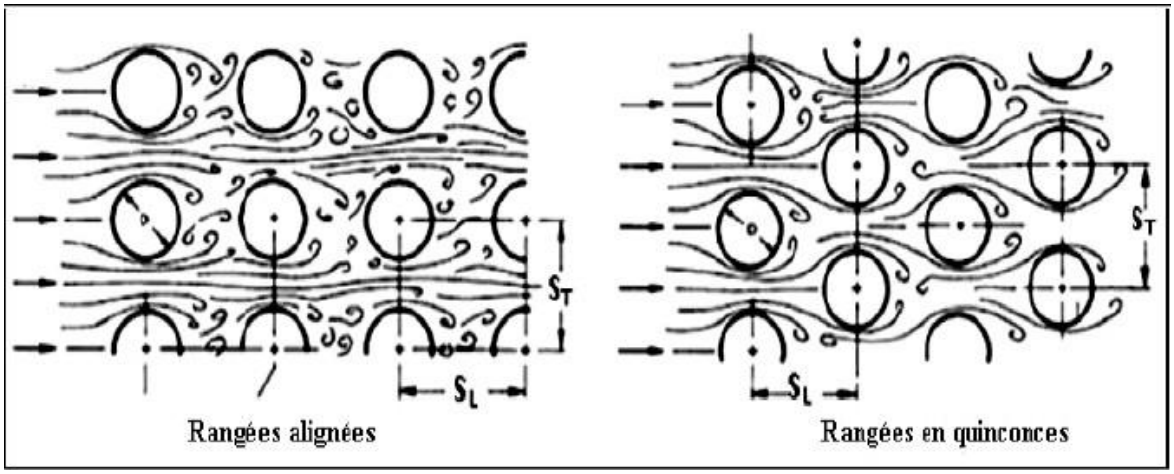


Figure II.12 Différentes dispositions des rugosités cylindriques [25]

Le résultat obtenus dans cet article est le meilleur rendement est obtenu avec des chicanes

cylindriques arrangées en quinconce, et le plus bas pour le capteur lisse [25]. **K. Aoues et Al (2009)** ont introduit dans la veine d'air mobile des chicanes quijouent un rôle à double aspect, favorisant le transfert thermique au fluide caloporteur

Elles permettent de rendre turbulent l'écoulement à proximité de la plaquechaude.

Elles prolongent le parcours du fluide caloporteur [26].

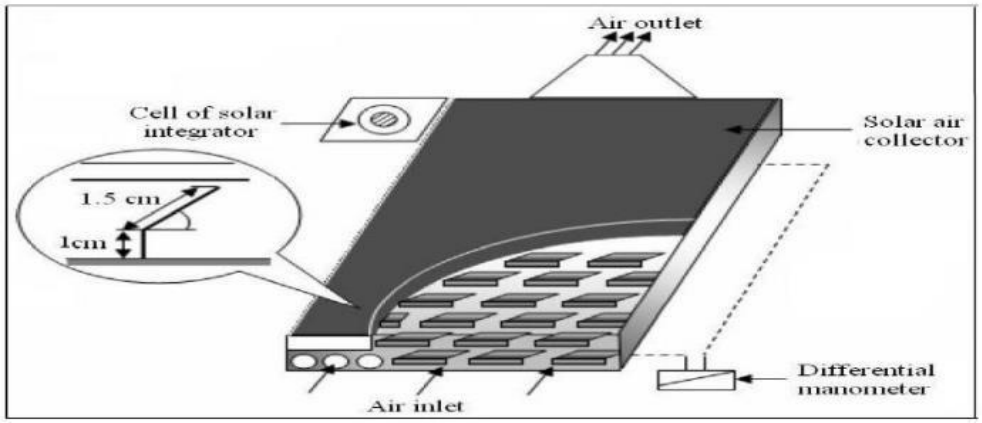


Figure II.13 Dispositif expérimental [26]

La veine d'air dynamique du capteur est de 25mm de hauteur, comprise entre la plaque absorbante et une plaque en acier galvanisé placée sur l'isolant, cette veine est équipée de rangées d'obstacles métalliques minces soudées perpendiculairement à l'écoulement de l'air sur la plaque inférieure. Ces obstacles présentent une différence dans la forme résidant dans la partie inclinée d'angle αrespectivement égale à 60° et 120°. Ces chicanes sont espacées d'une distance respectivement à d=10 cm et d=5cm suivant deux configurations A et B qui se différencient par le nombre de rangés respectivement égale à 152 et 256 chicanes (figure I-14) [26].

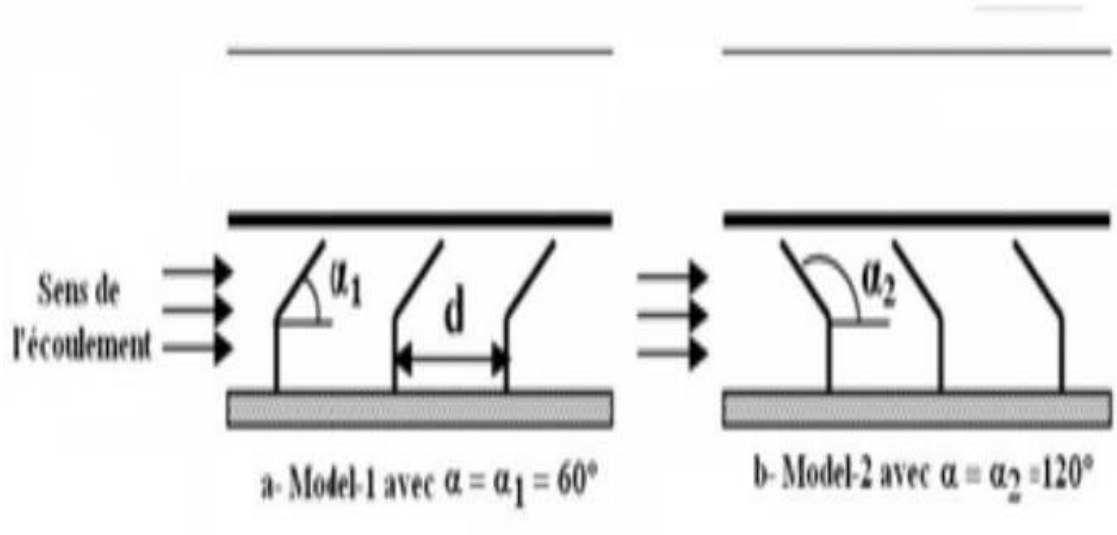


Figure II.14 Schéma descriptif des chicanes [26]

Après une série de tests expérimentaux, les auteurs ont conclu que la géométrie de passage dans la section droite perpendiculaire à l'écoulement joue un rôle important et ont trouvé que les chicanes modèle 1 (α = 60°) placées dans les configurations A1, B1 donnent les meilleurs résultats par rapport à ceux des configurations A2, B2 qui sont des chicanes modèles 2 (α =120°). Cela s'explique par le fait que les chicanes du modèle 1 permettent l'orientation du fluide caloporteur en écoulement vers la plaque absorbante, d'où l'augmentation des échanges convectifs. Par contre, les chicanes du modèle 2 orientent le fluide caloporteur vers la plaque inférieure [26]. **Chabane & all (2012)** a mené une étude expérimentale sur les collecteursthermiques plans sans ailettes (type A) et avec ailettes longitudinaux type (B) (voire figure I.15). Il a conclu que les collecteurs de type B (avec ailettes) ont une efficacité thermique plus grande que les collecteurs de type A (sans ailettes) pour le même débit d'air m = 0,015 kg / s. Cette différence atteint une valeur de 15,93% pour une intensité solaire de 285 W / m² [27].

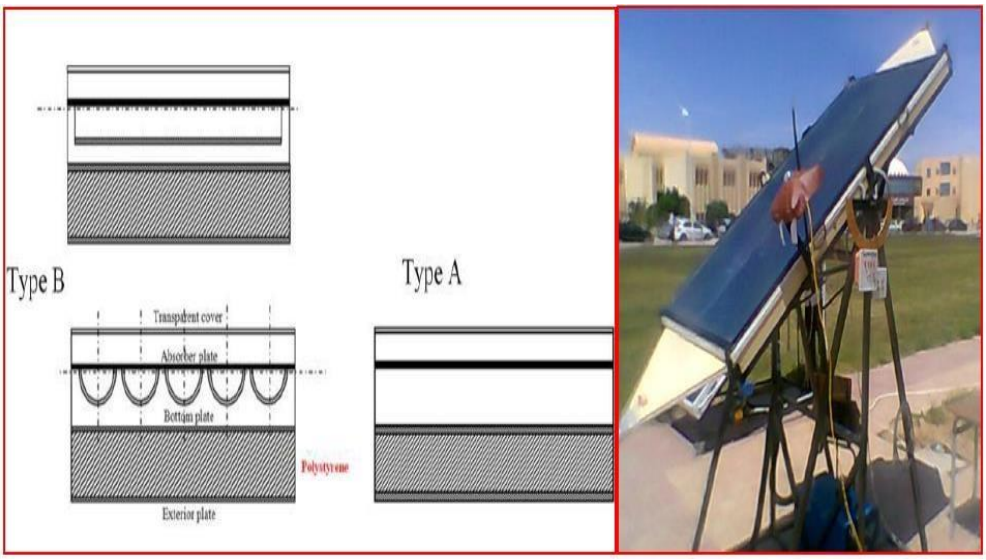


Figure II.15 Sections et photo du dispositif expérimental [27]

Kaoulal et al. (2014) ont étudié théoriquement le comportement d'un capteur solaire plan à air à simple passage entre l'absorbeur et la vitre, intégré à la façade de bâtiment, fonctionnant en régime dynamique en convection naturelle et destinée au chauffage. L'analyse du comportement de ce dernier a permis d'établir un modèle basé sur la résolution des équations de bilans thermiques par la méthode nodale. A l'aide de la simulation numérique (sous Matlab en utilisant la méthode de Runge- Kutta), ils ont pu déterminer les profils de températures, du vitrage, de l'absorbeur, et du fluide caloporteur (l'air) à la sortie du capteur, ainsi que le rendement thermique instantané [28]. **R. Khama et al(2016)** ont étudié un capteur solaire plan à air pour le séchage des fruits et légumes, sous les conditions météorologiques de la ville de Ouargla au sud-est de l'Algérie. Le capteur solaire plan à air a été face au sud afin de maximiser le rayonnement solaire incident. Il a été incliné d'un angle d'environ 32°. Les auteures ont arrivé aux résultats suivants:

- L'augmentation du rayonnement solaire n'a plus d'influence sur les températures du capteur solaire en ventilation naturelle (mode passif) qu'en ventilation forcé (mode actif).
- En ventilation naturelle, les valeurs du rendement thermique du capteur solaire vari ententre26.61et46.32% avec une moyenne de 32.32%, alors qu'en ventilation forcée, elles varient entre 33.45 et 66.56% avec une moyenne de 51.33 % (Fig.I.16).
- Le rendement du capteur solaire augmente linéairement avec l'augmentation du rayonnement solaire ($400 \leq I \leq 800$ W/m2) pour des vitesses de l'air fixées entre 1 et 1.40 m/s, mais l'effet de la vitesse de l'air sur l'efficacité du capteur solaire est négligeable un rayonnement solairevoisinde800W/m Fig. (I.17) [29].

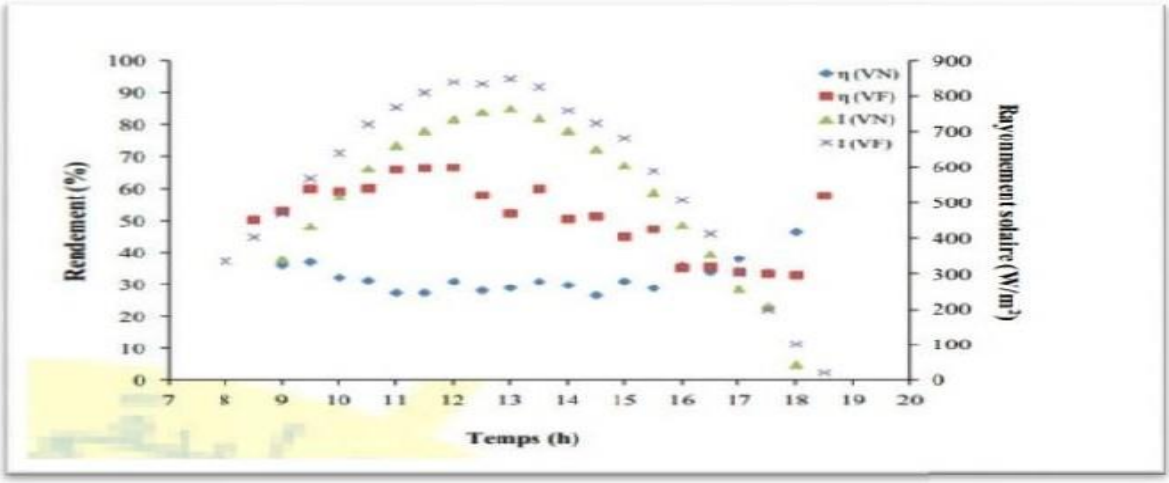


Figure II.16 Variation du rendement du capteur solaire en fonction du solaire et du temps [29]

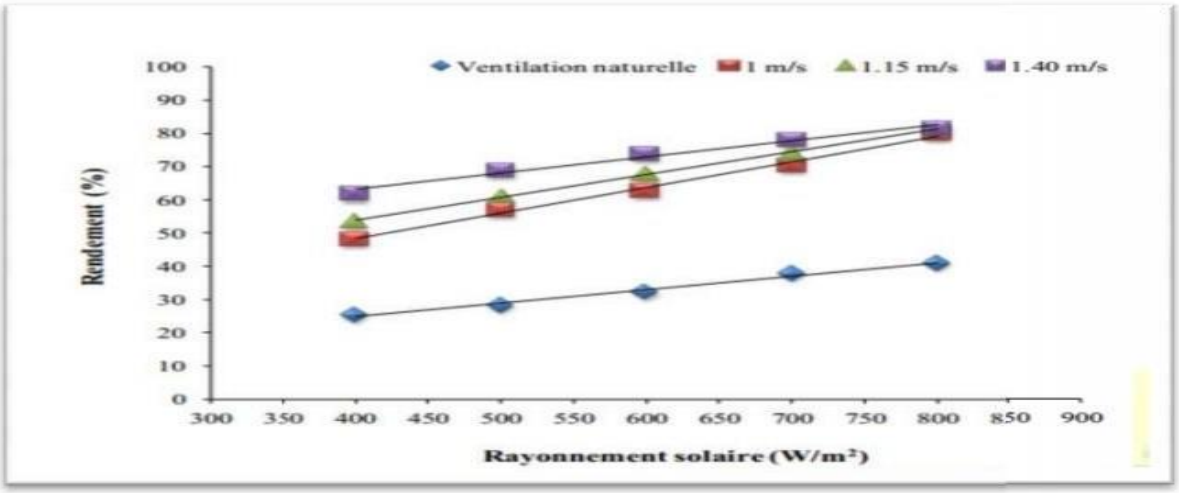


Figure II.17 Variation du rendement du capteur solaire en fonction du Rayonnementsolaire [29]

Boumesli et al (2016) avait pour but de cette étude la détermination des performances thermiques d'un capteur solaire à l'université de Laghouat. Cette étude vise à déterminer l'évolution de certains paramètres tels que : la température de sortie du fluide caloporteur (air), la température del'absorbeur et la température de Plexiglas sous l'effet de l'inclinaison du capteur pour différents angles alpha et pour un débit volumique égale à 0.01002036 (m^3/s). Cette étude montre que la température de Plexiglas Cette étude montre que la température de Plexiglas angles étudiés et que la température de l'absorbeur augmente avec l'augmentation de l'angle alpha (voir la Figure I-18). Tandis que de la température de sortie du fluide caloporteur (air) augmente avec le temps, elle ainsi proportionnelle à l'angle d'inclinaison alpha

(Figure I-19) [30].

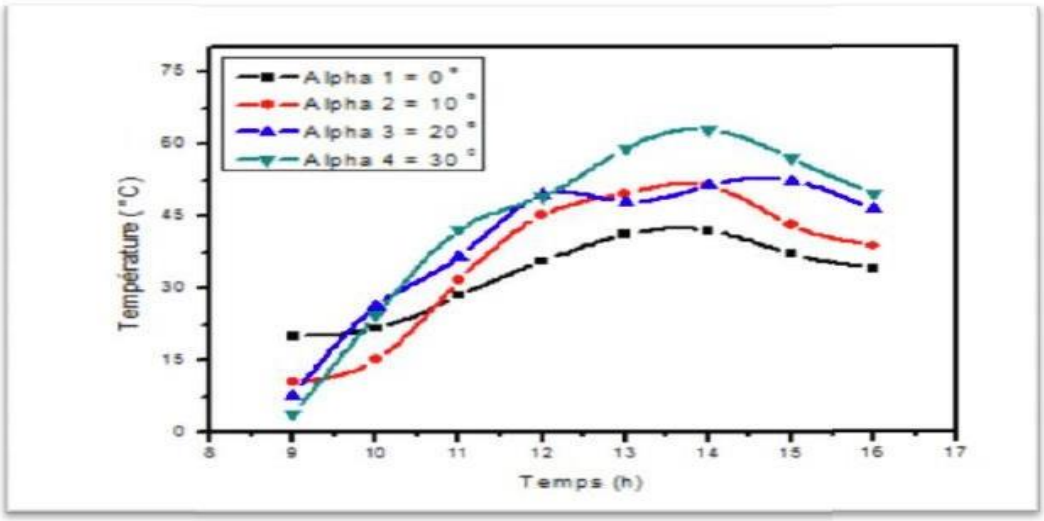


Figure II.18 Evolution de la température de Plexiglas en fonction du temps de la journée pour différent angles d'inclinaison [30].

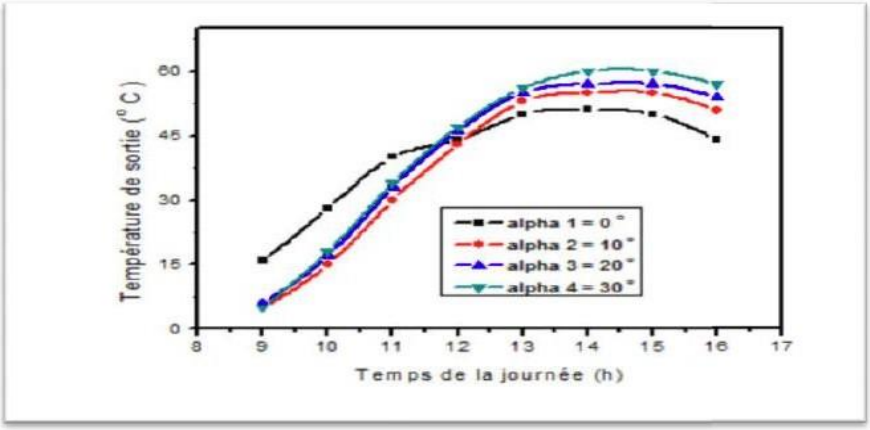


Figure II.19 Evolution de la température de sortie en journée pour différent angles d'inclinaison [30].

Chapitre III

Dimensionnement d’un capteur solaire plan

III Dimensionnement d'un capteur solaire plan :

III.1 Description du capteur plan :

Un capteur plan utilise l'effet de serre et parvient à récupérer jusqu'à 50% de l'énergie incidente. Il se compose généralement des éléments suivants : le vitrage, l'absorbeur, l'isolant et le fluide caloporteur.

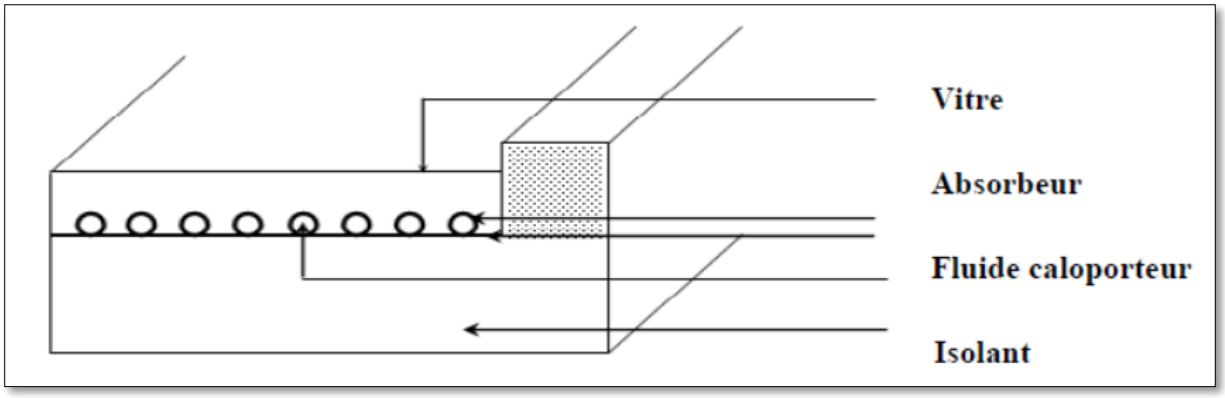


Figure III.1 Un capteur plan [31]

III.1.1 Le vitrage :

La couverture est la surface à travers laquelle le rayonnement solaire non concentré est admis dans le capteur. On ne peut utiliser que des matériaux transparents. L'intérêt d'une couverture transparente habituelle pour le rayonnement solaire est d'autant plus grand que la température de fonctionnement du convertisseur est élevée.

Cette couverture doit assurer trois fonctions essentielles :

- Recevoir le maximum du rayonnement incident sans réflexion ni diffusion importante.
- Transmettre la plupart du rayonnement reçu.
- S'opposer aux déperditions thermiques par convection et rayonnement. [31]

III.1.2 L'absorbeur :

Il a pour fonction d'absorber le rayonnement solaire incident, de le convertir en chaleur et de transmettre celle-ci à un fluide caloporteur, tout en minimisant les pertes. En général, l'absorbeur n'est qu'une plaque plane en métal dont la couche superficielle donnant sur le soleil, doit être douée d'un coefficient d'absorption le plus élevé possible. Les meilleurs coefficients sont de l'ordre de 0.95.

L'absorbeur doit assurer les fonctions suivantes :

- Absorber la plus grande partie du rayonnement incident.
- Transmettre la chaleur produite par cette absorption vers le fluide caloporteur.
- N'accepter que le minimum d'échanges thermiques vers l'extérieur pour rendre efficace cette [31]

III.1.3 L'isolant :

L'absorbeur doit transmettre l'énergie captée au fluide caloporteur en évitant les pertes thermiques par conduction, par convection et par rayonnement, des différentes parties périphériques vers l'extérieur. Les solutions adaptées sont les suivantes :

III.1.3.1Partie avant de l'absorbeur :

La lame d'air située entre la vitre et l'absorbeur se comporte comme un isolant vis-à-vis de la transmission de chaleur par conduction. Cependant, si l'épaisseur de cette lame est trop grande, une convection naturelle intervient, d'où une perte d'énergie. Pour les températures usuelles de fonctionnement du capteur plan, l'épaisseur de la lame d'air est de2.5 cm. En plaçant deux vitres, on limite les pertes dues à la réémission ainsi que les pertes par conduction et par convection.

III.1.3.2 Partie arrière et latérale :

Afin de limiter les pertes thermiques à la périphérie du capteur, on peut placer une ou plusieurs couches d'isolant qui doit résister et ne pas dégazer aux hautes températures, sinon, il faut s'attendre à voir apparaitre un dépôt sur la face intérieure de la couverture. En plus d'utiliser un isolant pour minimiser les pertes thermiques on peut augmenter la résistance de contact entre la plaque, l'isolant et le coffre en évitant de presser ces sur faces les unes contre les autres car dans le cas d'une forte rugosité, il peut exister entre les deux faces en contact un film d'air qui empêche la chaleur de passer facilement par conduction.

Le choix du matériau à utiliser dépend de :

- Sa résistance aux températures de fonctionnement.
- La permanence de ces caractéristiques dans le temps (conductivité thermique).
- La résistance aux chocs, à l'humidité, au feu, à l'eau de pluie…etc.

III.1.3.3 Fluide caloporteur :

Pour évacuer la chaleur emmagasinée par la surface absorbante, on utilise habituellement soit l'air, soit l'eau, des mélanges eau glycol sont aussi employés à cause des conditions climatiques, ces mélanges ont une chaleur spécifique inférieure à celle de l'eau pure. Par rapport à l'eau, l'air n'a pas de problème de gel l'hiver ou d'ébullition l'été et il n'y a pas de problème de corrosion. Néanmoins l'air ne peut servir qu'au chauffage de locaux et les transferts thermiques sont moins bons qu'avec l'eau.

D'autre part, quel que soit le système, le contact entre les tuyaux véhiculant le fluide et la plaque absorbante doit être très intime, soit par emboutissage, soit par soudure. De même, l'espacement entre les tuyaux devra être rigoureusement calculé en fonction du diamètre du

tuyau de l'épaisseur de la plaque et des matériaux employés. Les tuyaux de circulation du fluide en contact avec l'absorbeur seront de préférence placés en parallèle plutôt qu'en serpentin

III.2 Différents types des capteurs solaires plans :

III.2.1 Le capteur solaire à eau :

Le capteur solaire thermique à eau est constitué principalement d'une couverture transparente, d'un absorbeur, d'un conduit permettant à l'eau de collecter l'énergie cédée par l'absorbeur, et d'un isolant.

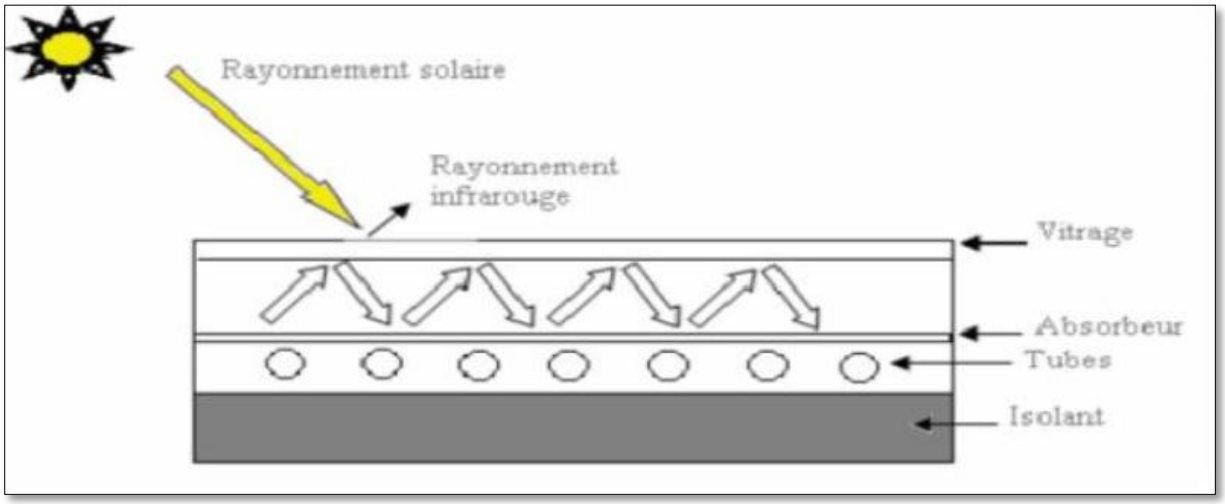


Figure III.2 Capteur solaire thermique à eau, vue en coupe. Les conduits d'eau sont ici intégrés dans l'absorbeur [32].

Le principe est le suivant : le rayonnement solaire, dont le spectre est essentiellement dans les longueurs d'onde visibles (courtes longueurs d'onde), à travers le couvercle transparent (ici composé de verre), atteint l'absorbeur, il est chauffé, et l'énergie calorifique est transférée par convection à l'eau circulant dans les canalisations et Rê-déchargée Rayonne la chaleur vers l'extérieur (longue longueur d'onde). Isolation autorisée réduire la perte de chaleur du capteur [32].

On peut distinguer deux types de systèmes :

- Les systèmes à basse pression de circulation très simple, à eau chaude sans pression.
- Les systèmes à haute pression, à eau chaude à haute pression utilisant une pompe

III.2.2 Le capteur solaire a air :

Contrairement aux capteurs d'eau où le fluide passe à travers le tuyau, 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.

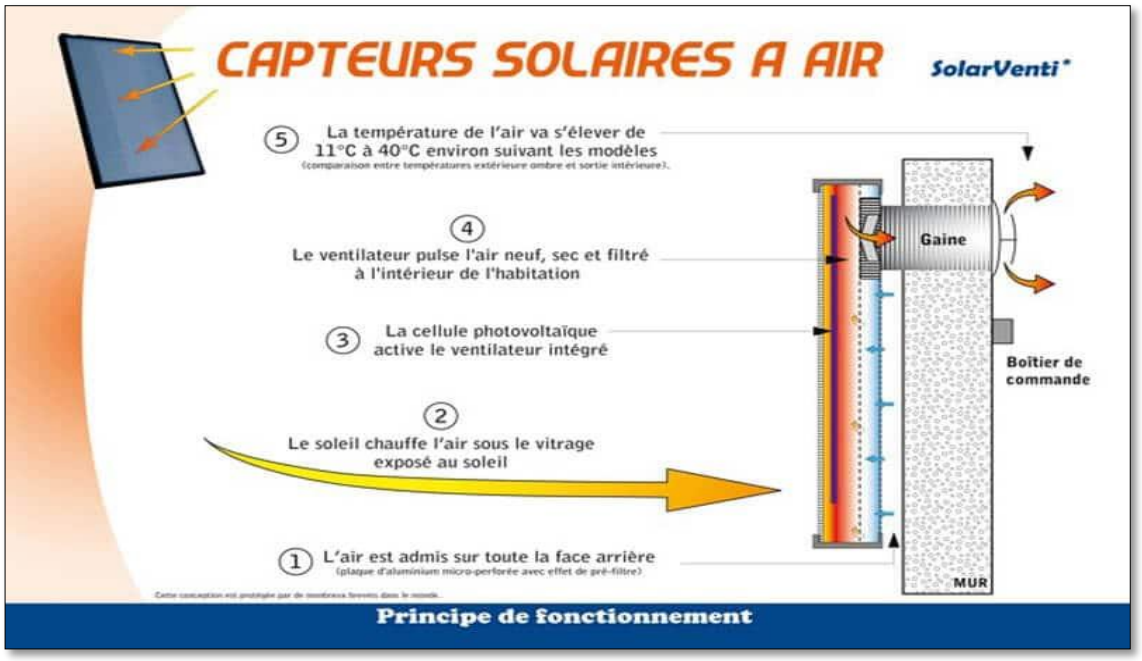


Figure III.3 : capteur solaire à air [32].

.III.3 Les paramètres influant sur le fonctionnement d'un capteur solaire :

L'efficacité thermique du capteur solaire dépend fortement du matériel, de la forme, des dimensions, de la disposition du capteur et des conditions environnantes. Tous ces facteurs peuvent être classés en deux catégories principales :

III.3.1 Les paramètres externes

Qui peuvent intervenir directement sur les performances d'un capteur plan sont : le rayonnement solaire, position du soleil, durée d'insolation, Vitesse du vent, Température ambiante…

III.3.2 Les paramètres internes :

Représentée par

- Les paramètres de position : angle d'inclinaison, orientation du capteur.
- La surface du capteur.
- Les dimensions de différents éléments : épaisseur, longueur et largeur. Paramètres de fonctionnement :
- La température d'entrée du fluide caloporteur.
- Le débit massique du fluide caloporteur.
- Les températures des différents éléments du capteur.

Ces paramètres permettent, en tenant compte du coût, d'avoir une température de sortie du fluide élevée (puissance utile élevée). D'autre part ; un meilleur rendement du capteur [33].

III.3.3 Bilan thermique global

Le bilan thermique de la paroi absorbante s'écrit [34]:

1-

$$\varphi_{sa} = \varphi_{p\rightarrow} + \varphi_u + \varphi_{st} \qquad (W)$$

Où : φ_{sa} Flux solaire absorbé

φ_p Flux perdu par la paroi absorbante

φ_u Flux utile transmis au fluide caloporteurφ_{st} Flux stocké dans le capteur qui s'écrit :

2-

$$\varphi_{st} = M_e\, c_{eau}\, \frac{\partial T}{\partial t} \qquad (W)$$

Me : Masse en eau du capteur définie

T Température moyenne du capteur

La puissance absorbée par le capteur s'écrit :

3-

$$\varphi_{s\rightarrow p} \approx \tau_{cs}\, \alpha_{ps}\, G^{*}_{(i,} \qquad (W)$$

Où : **$\varphi_{s\rightarrow p}$** Flux solaire absorbé par la surface exposée (W)

G*(i,γ) Eclairement (densité de flux) solaire incident sur le capteur ($W.m^{-2}$)

αps Coefficient d'absorption de la paroi absorbante par rapport au rayonnement solaire

τcs Coefficient de transmission de la couverture transparente par rapport au rayonnement solaire

S Surface de la paroi absorbante.

Dans le cas où le fluide caloporteur ne subit pas de changement d'état, le flux utile s'écrit :

4-

$$\varphi_u = q_{cf}\left(T_{fs} - T_{fe}\right) \qquad (W)$$

Où : **qcf** Débit calorifique du fluide caloporteur ($W.°C^{-1}$) = débit massique x capacité

calorifique

Tfe Température du fluide caloporteur à l'entrée de l'absorbeur

Tfs Température du fluide caloporteur à la sortie de l'absorbeur.

Les déperditions thermiques du capteur sont mises sous la forme :

5-

$$\varphi_{p\rightarrow} = h_p \left(T_{pm} - T_a\right) S \qquad (W)$$

Où : **hp** Coefficient global de pertes du capteur **Tpm** Température moyenne de la paroi absorbante**Ta** Température de l'air extérieur

III.3.4 Rendements d'un capteur solaire

Les rendements d'un capteur sont définis par rapport au flux solaire incident de la manière suivante

Le rendement global :

6-

$$\eta = \frac{\varphi_u}{G^*_{(i,\gamma)} S}$$

Le rendement interne :

7-

$$\eta_i = \frac{\varphi_u}{\varphi_{s\rightarrow p}}$$

Le rendement optique :

8-

$$\eta_o = \frac{\varphi_{s\rightarrow p}}{G^*_{(i,\lambda)}}$$

Chapitre IV

Conception et réalisation

Chapitre IV : Conception et réalisation

IV.1 Les composants du capteur :

IV.1.1 Une couverture transparente :

Des panneaux transparents à double vitrage de 4 mm d'épaisseur par unité optimisent le rayonnement au maximum.

Voici une photo montrant le verre que nous avons utilise



Figure IV.1 photographie montrant la vitre

La vitre est jointée avec le cadre en bois à l'aide d'une colle silicone pour limiter et éviter les pertes thermiques



Figure IV.2 photographie montrant la silicone

IV.1.2 La plaque absorbante :

C'est une plaque d'aluminium collée directement sur l'isolant, et qui ont étaient peintes avec une peinture de bombe aérosol noir mat.

La figure suivante montre la plaque absorbante qui a été installée



(A) **(B)**

Figure IV.3 les plaques en aluminium sans peinture(a)et avec peinture (b)

Caractéristiques de l'aluminium:

-Masse atomique : 27 g/mol

-Réseau cristallin : structure cubique à faces centrées

-Température de fusion : 660 °C

-Masse volumique à 20°C : ρ= 2.7 g/

Conductivité thermique à 20 °C : λ =240 w/m °C

-Pouvoir réflecteur (aluminium poli) : 85 à 90 % dans le spectre visible, 90 à 98% dans l'infrarouge [10]

IV.1.3 L'échangeur :

Les tuyaux en cuivre ont un diamètre intérieur de 14 mm et un diamètre extérieur de 16 mm, et la longueur totale des joints est de 5 mètres, ils sont pliés avec un chalumeau et remplis de sable afin qu'ils ne se déforment pas ou ne se cassent pas, comme il est montré dans la figure suivante :



Figure IV.4 Réalisation de l'échangeur

Caractéristiques du cuivre:

Masse atomique:63,54g/mol

Conductivité thermique à 273,2K:λ=403w/mk

Masse volumique du cuivre métallique : ρ=8920 à 8950 kg/m^{3}Réseau cristallin : polycristallins cubique à face centrée

Température de fusion:1 085°C.

À la fin on les a peints en noir math pour un maximum d'absorption comme il est montré dans la figure suivante



Figure IV.5 :l'échangeur peint en noir

IV.1.4 L'isolation

L'isolation arrière est une Laine de verre de 40 mm d'épaisseur placée derrière le cadre ou même sur les côtés (utilisé comme réflecteur)comme il est montré dans la figure suivante :



Figure IV.6 Emplacement de l'isolant

IV.1.5 le boitier

Le capteur est protégé par un boîtier en bois composé de contreplaqué à l'arrière et de bois de 1 cm d'épaisseur sur les côtés comme il est montré dans la figure suivante :



Figure IV.7 Le boitier en bois

Tableau IV.1 Dimensions du capteur

Dimensions du capteur	*Longueur*	*Largeur*	*Epaisseur*	*Diamètre intérieur du serpentin*	*Diamètre extérieur*
	100cm	*60cm*	*70 mm*	*14 mm*	*18 mm*

Les caractéristiques de l'eau

- Chaleur spécifique de l'eau=4180J/kg.k
- Conductivité thermique=:0,0059w/m.k
- Masse volumique=1000kg/m^3
- Température d'ébullition: +129 °C.
- Température de congélation : -15 °C.



Figure IV.8 Rendu finale.

IV.2 Résultats et interprétation :

Ce tableau illustre les différentes températures prises pendant le période de test au niveau des différents points dans le capteur solaire plan.

Tableau IV.2 les températures prises au courant de la journée 18/06/2023

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
11h00	36,5	36,8	37,2	37,5	37,6	38	38,5	38,7	38,9	39,2	40	41,6	42
12H00	45,6	46	46,3	46,5	47	47,5	48,6	49	49,2	49,6	50	50,5	50,7
13H00	55	55,3	55,7	55,9	56	56,7	58	59,4	59,6	60	60,5	60,7	61
14H00	56,7	57	57,5	57,8	58	58,2	60,4	60,5	60,5	60,8	60,6	60,5	60,8

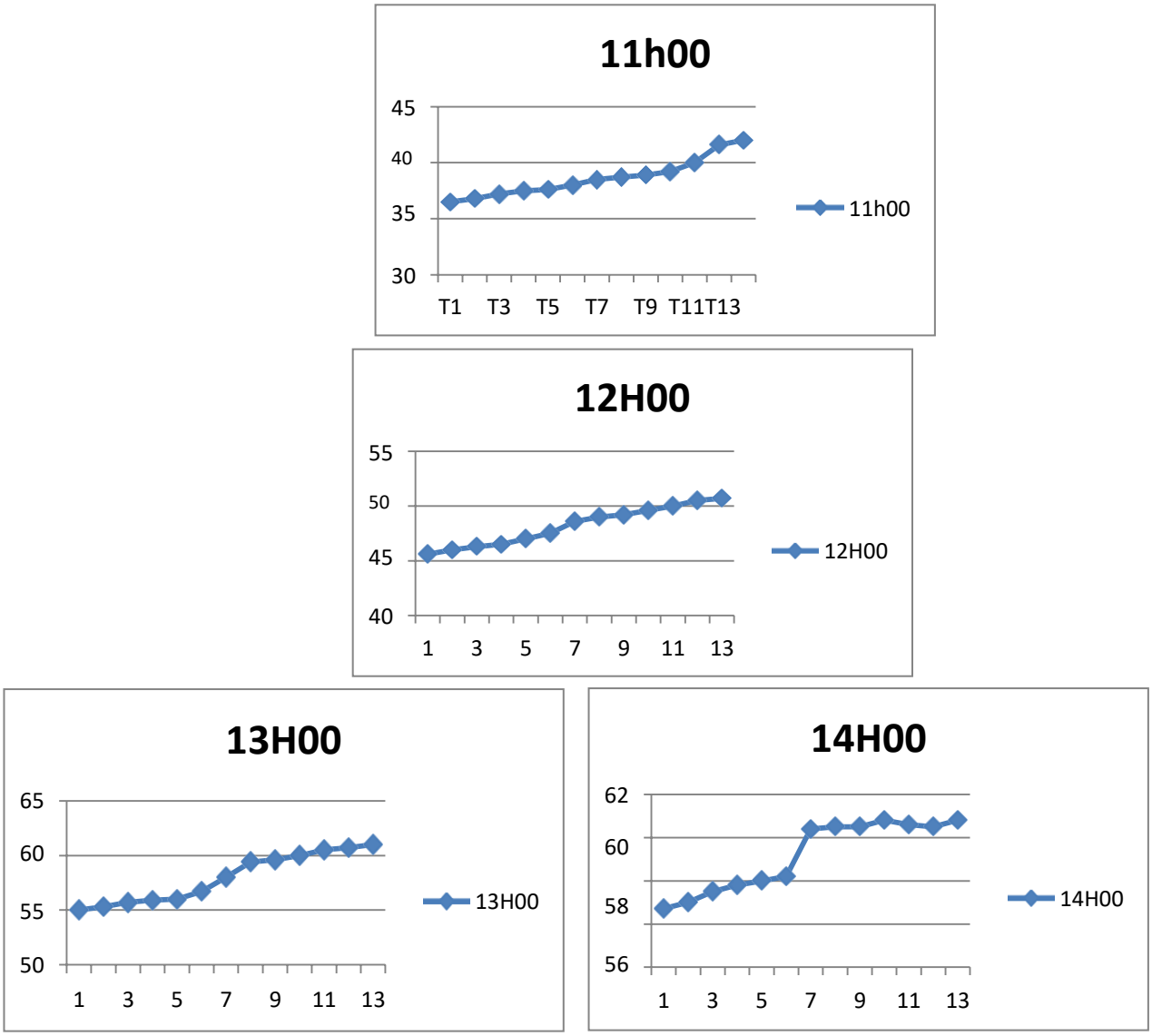


Figure IV.9 évolution de la température d'eau cours du temps

Evolution de la température du fluide caloporteur en fonction du temps :

Figure 4.8illustre l'évolution de la température du fluide caloporteur a différents instants de la journée.

L'évolution croissante de la température du fluide caloporteur pour les différents points choisis sur le capteur solaire à partir de 11h00 jusqu'à 13h00 du Dimanche 18 Juin 2023.

Cette température atteint un maximum de 60°C à 13h 30, et une brève instabilité de cette dernière entre 13h 00 et 14h 00

Les (**Figure 4.9; Figure 4.10)** illustre le comportement de la température du fluide caloporteur en différents points du capteur

L'élévation de la température arrive à un maximum de T=60°C au niveau des points T1, T2, T3, T4, T5, T6 (Figure 4.9) et aussi au niveau des points T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13 (Figure 4.10)

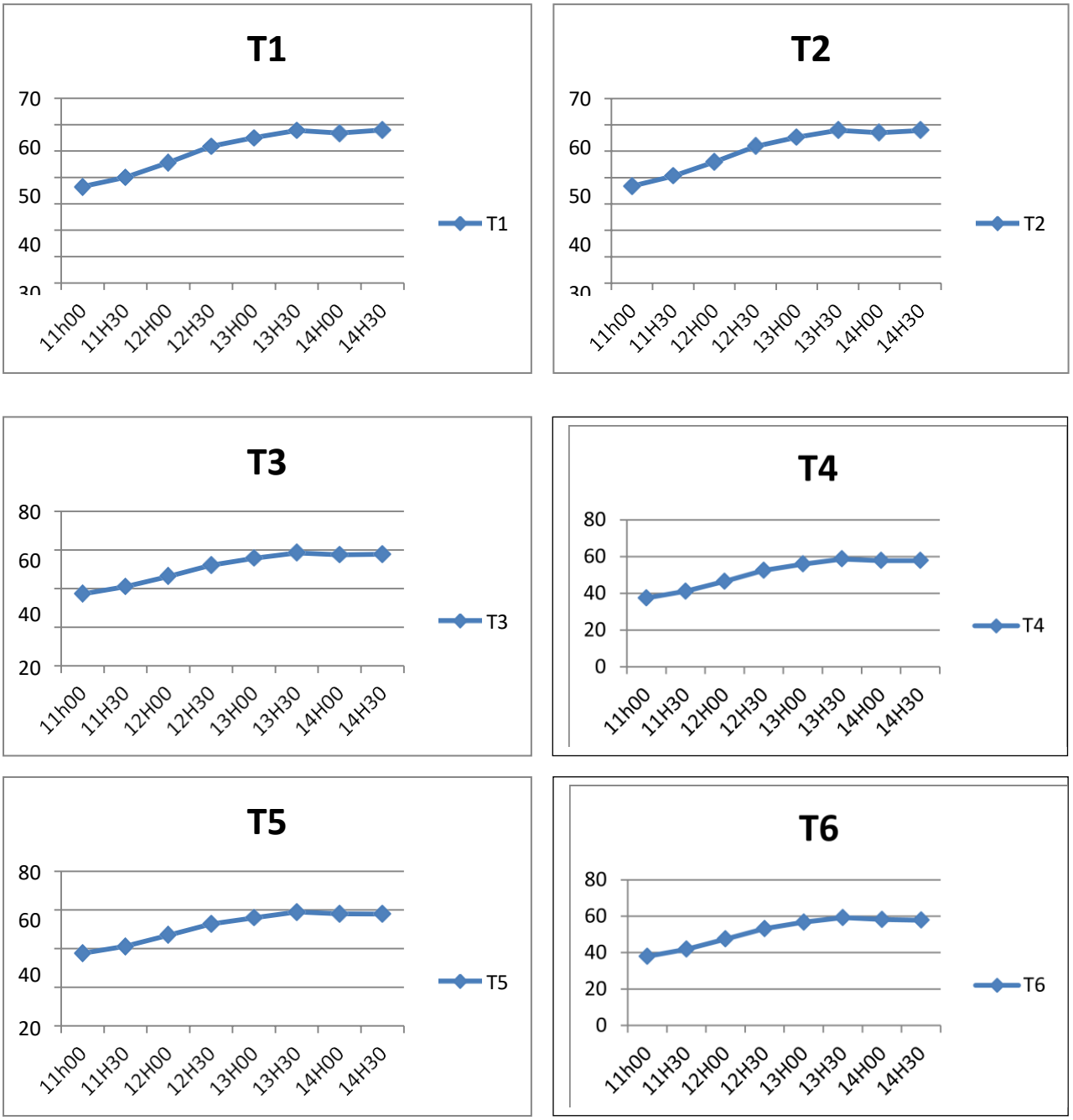


Figure IV.10 Evolution de la température de l'entré jusqu'au milieu du capteur

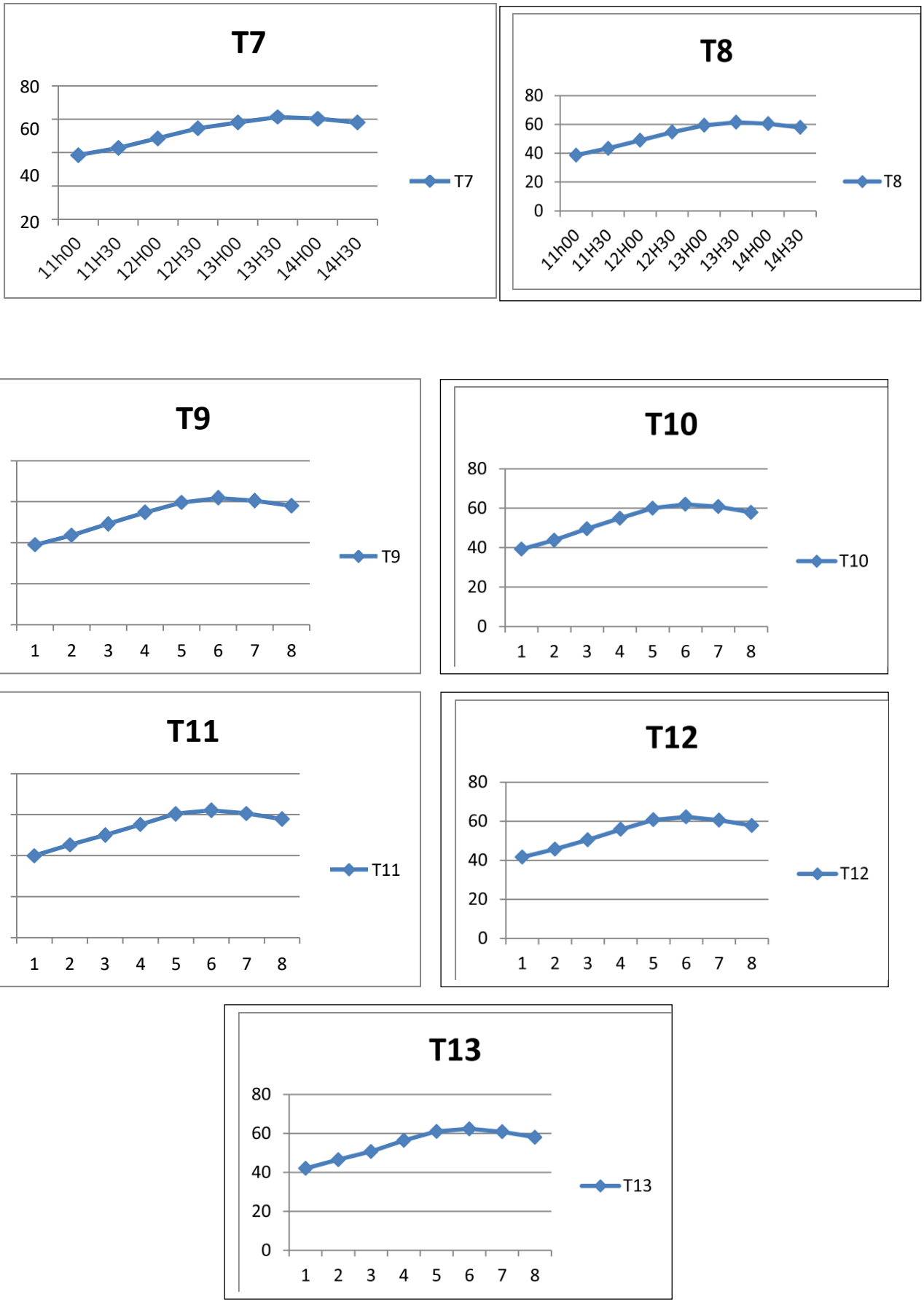


Figure IV .11 l'évolution de la température du milieu jusqu'à la sortie du capteur

Conclusion générale

Conclusion générale

Le but de ce travail est de réaliser un capteur solaire. Ce travail nous permet d'étudier la température de l'eau circulant à l'intérieur du capteur solaire

L'énergie thermique reçue du soleil est collectée puis absorbée et utilisée pour chauffer l'eau à utiliser.

Les quantités de chaleur générées par l'eau chaude dépendent de la bonne performance de la conception du capteur.

La température, les performances thermiques et le flux solaire sont directement liés, car le flux solaire affecte les performances thermiques et donc les températures en différents points du capteur. Grâce à ce travail, nous avons remarqué une augmentation de la température jusqu'à 60 degrés, et ces résultats peuvent être augmentés en réduisant les pertes de chaleur à l'intérieur du capteur.

Références bibliographique

Bibliographie

[1] Wikipédia, «Energie Solaire,» encyclopédie libre

[2] Lamine MOUSSI Mohamed, «Etude analytique et expérimentale d'un capteur solaire plan,» mémoire de fin d'étude, école national polytechnique, promotion 2009/2010.

[3] Zahir BELKAID, «Etude des performances d'un capteur solaire plan,» mémoire de fin d'étude,Université Abderrahmane Mira Bejaia, promotion 2010/2011.

[4] Ilhem ZEGHIB, «Etude et Réalisation d'un Concentrateur solaire parabolique,» mémoire deMagister en Physique Energétique, Université Mentouri – Constantine, 2005

[5] Kallafayçal « Conversion thermodynamique de l'énergie solaire : Etude et modélisation d'un capteur solaire ». Mémoire magistère. 2015

[6] AKERM Mustapha « Etude et modélisation d'un capteur solaire » mémoire de magistère

[7] V.quaschning, renewable energy and climate, (2010).

[8] A.soteris, kalogirou, solar thermal collectors and applications, progress in energy andcombustion science, (30) 231–295 (2004).

[9] R.foster, M.ghassemi,A.cota, solar energy, renewable energy and the environment,(2009).

[10] Brian Norton, solar energy thermal technology, (1991).

[11] G.iordanou, flat-plate solar collectors for water heating with improved heat transfer for application in climatic, thesis, university of durham, (2009).

[12] M.S.hossainb, R.saidur,H.fayaz, review on solar water heater collector and thermal energy performance of circulating pipe, renewable and sustainable energy reviews, (15) 3801– 3812 (2011).

[13] http://uved.univ-perp.fr/module2/co/2-1-2-1-capteurs-solaires-thermiques.htm.

[14] F.struckmann, analysis of a flat-plate solar collector, (2008).

[15] H. P. garg, M. dayal, G. furlan, A. A. M. Sayigh, physics and technology of solar energy volume 1 ,solar thermal applications, proceedings of the international workshop on physicsof solar energy, New Delhi, India,(1986).

[16] R .pasquetti, chauffage de fluides par capteurs solaires à concentration, dossier technique d'ingénieur, (1987).

[17] Yeh, H. M., & Lin, T. T. (1995). The effect of collector aspect ratio on the

collector efficiency of flat-plate solar air heaters. *Energy*, *20*(10), 1041-1047.

[18] Benkhelifa, A.J.R.d.E.R., Optimisation d'un capteur solaire plan. 1998: p. 13-18.

[19] Sopian, K., Daud, W. R. W., Othman, M. Y., & Yatim, B. (1999). Thermal performance of the double-pass solar collector with and without porous media. *Renewable energy*, *18*(4), 557-564.

[20]. Mokhtari, F., & Semmar, D. (1999). Etude Expérimentale d'un Capteur Solaire à Air. *Revue des Energies Renouvelables*, *34*.

[21]. Ahmed-Zaïd, A., Moulla, A., Hantala, M. S., & Desmons, J. Y. (2001). Amélioration des performances des capteurs solaires plans à air: application au séchage de l'oignon jaune et du hareng. *Rev. Energ. Ren*, *4*, 69-78.

[22]. Moummi, N., et al., Energy analysis of a solar air collector with rows of fins. 2004.29(13): p. 2053-2064.

[23]. Youcef-Ali, S. (2005). Study and optimization of the thermal performances of the offset rectangular plate fin absorber plates, with various glazing. *Renewable Energy*, *30*(2), 271-280.

[24]. Gunerhan, H., & Hepbasli, A. (2007). Determination of the optimum tilt angle of solar collectors for building applications. *Building and Environment*, *42*(2), 779-783.

[25]. Aoues, K., Moummi, N., Moummi, A., Zellouf, M., Labed, A., & Achouri, E. (2008). Etude de l'influence des rugosités artificielles sur les performances thermiques des capteurs solaires plans à air. *Journal of Renewable Energies*, *11*(2), 219-227.

[26]. Aoues, K., Moummi, N., Zellouf, M., Moummi, A., Labed, A., Achouri, E., & Benchabane, A. (2009). Amélioration des performances thermiques d'un capteur solaire plan à air: Etude expérimentale dans la région de Biskra. *Journal of Renewable Energies*, *12*(2), 237-248.

[27]. Chabane, F., Moummi, N., & Benmarache, S. (2012). Effect of the tilt angle of natural convection in a solar collector with internal longitudinal fins.

[28]. Nabil Belmabrouk , Modélisation et simulation du comportement thermique transitoire d'un capteur solaire plan à air , Université Mohamed Khider de Biskra(2019)

[29]. Khama, Réda, Farida Aissani, and Rezak Alkama. "Étude d'un capteur plan à air destiné à un séchoir solaire: Comparaison du mode passif au mode actif." Le 4ème Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables. Ghardaïa – Algeria 24 - 25 Octobre 2016.

Bibliographie

[30]. BOUMESLI, H., BENSAHAL, D., YOUSFI, A., & RAHMANI, M. (2016). L'effet de l'angle d'inclinaison du capteur sur les performances thermiques d'un capteur solaire plan a air.

[31]. BISA abdelhafid, HAMED Said<étude théorique et réalisation d'un capteur solaire plan>, mémoire master 2015-2016

[32]. **M.Amraoui**, Etude numérique d'un capteur solaire plan à air influence de la forme de la rugosité , thèse de magister , Université de Tlemcen, 2012

[33]. https://mypower.engie.fr/ visité le 08/05/2023

[34]. https://moodle.univ-medea.dz/course/view.php?id=582