



**Université KasdiMerbah - Ouargla**

**Faculté des mathématiques et des sciences de la matière**

**Département de physique**

**Mémoire**

**Présenté pour l'obtention du diplôme de**

**MASTER**

**Filière : Physique**

**Spécialité : Energétique et Energies Renouvelables**

**Présenté par :**

**Fatima Abbassi**

**Thème**

**Réalisation d'un capteur solaire  
thermique**

**Soutenu publiquement le :**

**Devant le jury composé de :**

Mohcen hacen	MCB	Université KasdiMerbah– Ouargla	Président
Fakih	MCB	Université KasdiMerbah– Ouargla	Examineur
Chetti Djamel Eddine	MCA	Université KasdiMerbah - Ouargla	Rapporteur
Simohamedbenabdallah	MCB	Université KasdiMerbah - Ouargla	Co-Encadreur

*Année universitaire 2022 / 2023*

*Dédicace*

*À mes chers parents pour leur amour sans bornes et leur soutien sans fin. Ils ont fait de grands sacrifices pour ma réussite scolaire et ils ont toujours été à mes côtés.*

*À mes frères et sœurs qui ont toujours été une source de soutien et d'encouragement. Je ne peux qu'apprécier l'esprit de famille qui a rendu ce voyage possible.*

*À mes chers amis qui ont toujours été à mes côtés, en particulier à mon amie Ismahan qui m'a apporté soutien et conseils tout au long de mon parcours universitaire et aussi à Abdel Kader qui m'a accompagné pas à pas dans ce travail.*

*Cette note est dédiée à vous tous, et j'espère sincèrement que cette contribution sera l'expression de ma gratitude et de mon appréciation pour tout ce que vous m'avez donné.*

### *Remerciements*

Ce travail est le résultat des efforts conjugués de nombreuses personnes. Tout d'abord je remercie **ALLAH** Tout-Puissant qui par sa grâce m'a permis d'arriver au bout de mes efforts en me donnant santé, force et courage et en me faisant m'entourer de personnes merveilleuses que je tiens à remercier.

Mes mots sont trop petits pour exprimer toute la gratitude de mon cœur à tous ceux qui ont pris soin de moi, ont été patients, ont compris et ont sympathisé avec moi.

Avec un cœur plein de joie

Je tiens tout d'abord à remercier mon endadreur, Dr **CHETTI djamel el-din** pour sa guidance, ses précieux conseils et sa patience. Ses connaissances et son expertise m'ont permis de développer une compréhension plus profonde du sujet de recherche et d'améliorer la qualité de ce travail.

Je tiens à remercier sincèrement mon professeur Dr **SIMOHAMED benabdallah** d'avoir supervisé cette thèse et de m'avoir permis de la mettre en œuvre dans les meilleures conditions. Je tiens tout particulièrement à le remercier pour ses précieux conseils, qui n'a pas été avare avec moi en me fournissant tout ce dont j'avais besoin pendant toute la période de ma communication avec lui, et j'espère que je serai digne de la confiance qu'il a placée en moi et que ce travail finira par être à la hauteur de ses attentes. Quoi qu'il en soit, j'ai beaucoup appris de lui et je suis très honoré d'être le produit de son épuisement. Dieu vous donne du succès dans votre carrière, vous souhaitant encore plus de succès.

Je tiens à remercier les membres du jury pour leur présence, pour leur lecture attentive de ce mémoire, ainsi que pour les notes qu'ils me prendront lors de cette soutenance pour l'amélioration de mon travail. Alors mes professeurs, j'espère que vous verrez dans ce manuscrit les fruits du dévouement dont vous avez fait preuve à travers les enseignements que vous nous avez donnés.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude Dr **CHAICH zaineb**, pour son soutien et son engagement exceptionnels tout au long de la période de mon diplôme. Sans son aide inestimable, je n'aurais pas pu mener à bien ce projet. Ses conseils ont été un pilier clé de mon parcours académique. Ses conseils éclairés, ses commentaires perspicaces et sa disponibilité constante ont été essentiels pour guider mes recherches et améliorer la qualité de mon travail.

Tout au long de cette aventure académique, le Dr **ROUAG amar** a été un mentor dévoué, m'aidant à guider mes recherches, à surmonter les obstacles et à atteindre mes objectifs. Ses précieux commentaires et ses encouragements constants ont été inestimables.

Je suis reconnaissant non seulement pour ses compétences en tant qu'enseignant et chercheur, mais aussi pour sa capacité à inspirer et à motiver. Son soutien a été bien au-delà de ce que l'on peut attendre d'un chercheur, et je suis honoré d'avoir toujours eu l'opportunité de travailler avec lui/elle.

Je tiens à remercier le Dr **BALATRECH djamelal-din** pour les conseils, la confiance et la patience avec lesquels il a grandement contribué à la mise en œuvre de ce travail au bon endroit. Il peut trouver dans cette œuvre un vibrant hommage à sa belle personnalité.

Au terme de ce travail, et avec beaucoup d'affection, je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, dans la conduite de ce travail de recherche.

## Liste des tableaux

Tableau.III. 1. Dimension des constituants .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tableau.III. 2: Caractéristiques thermo-physique des composants .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tableau.III. 3. Caractéristiques optique des éléments de construction .....	37
Tableau.IV. 1. Résultatsobtenus.....	37
Tableau.IV. 2. Résultatsobtenus.....	37

## *Liste des figures*

<i>Figure.I. 1. Schématisation de principe de captation de rayonnement solaire.....</i>	<i>5</i>
<i>Figure. I. 2 . Capteur solaire thermique avec support de fixation.....</i>	<i>6</i>
<i>Figure.I. 3 .Capteur solaire concentration parabolique .....</i>	<i>7</i>
<i>Figure. I. 4 . Evolution temporelle de rayonnement instantané de capteur .....</i>	<i><b>Error! Bookmark not defined.</b></i>
<i>Figure. I. 5 . Evolution du rendement en fonction de la température ambiante .....</i>	<i><b>Error! Bookmark not defined.</b></i>
<i>Figure. I. 6 . Evolution du rendement instantané en fonction de la vitesse du vent....</i>	<i><b>Error! Bookmark not defined.</b></i>
<i>Figure. I.7 . Variation du rendement instantané en fonction de la matière de l'absorbeur .....</i>	<i><b>Error! Bookmark not defined.</b></i>
<i>Figure.II. 1.Vue rapprochée de collecteur à plaques planes .....</i>	<i>16</i>
<i>Figure.II. 2. Schéma de la géométrie FPSC .....</i>	<i>17</i>
<i>Figure.II. 3. Schéma du cycle de mise en place du test .....</i>	<i>18</i>
<i>Figure.II. 4 . Un diagramme schématique d'une cellule solaire à plaque plate typique .....</i>	<i>18</i>
<i>Figure.II. 5 . Schéma de principe du collecteur thermique (dimension en m) .....</i>	<i>19</i>
<i>Figure.II. 6. L'écchangeur de chaleur dans le système de chauffage indirect avec pompe de circulation .....</i>	<i>20</i>
<i>Figure.II. 7 .Le bonc d'essai de PEFPC .....</i>	<i>20</i>
<i>Figure.II. 8. Configuration du collecteur .....</i>	<i>21</i>
<i>Figure.II. 9.Composant d'un système d'eau chaude solaire actif .....</i>	<i>22</i>
<i>Figure.III. 1. Prototype d'un capteur solaire thermique .....</i>	<i>40</i>
<i>Figure.III. 2. Pyranomètre manuel.....</i>	<i>42</i>
<i>Figure.III. 3. Capteur de thermocouple de type K. ....</i>	<i>43</i>
<i>Figure.III. 4. Lesson de thermocouple de type K.....</i>	<i><b>Error! Bookmark not defined.</b></i>
<i>Figure.IV. 1. Les variations de l'éclairement global incliné en fonction de temps l .....</i>	<i><b>Error! Bookmark not defined.</b></i>
<i>Figure.IV. 2. Les variations de la température des composantes en fonction de temps.....</i>	<i><b>Error! Bookmark not defined.</b></i>
<i>Figure.IV. 3. L'évolution du rendement en fonction de <math>(T_s - T_e)/G</math>.....</i>	<i><b>Error! Bookmark not defined.</b></i>
<i>Figure.IV. 4. La variation du rendement instantané en fonction de temps.....</i>	



## Table des matières

Liste des tableaux .....	IV
Liste des figures .....	L
Table des matières .....	LII
Liste des symboles .....	LIV
<b>INTRODUCTIN GENERALE</b> .....	<b>1</b>
<b>INRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>1</b>
<i>Chapitre I.</i> .....	
<i>Généralités sur les capteurs solaire thermiques</i> .....	
<b>Généralités sur les capteurs solaire thermiques</b> .....	<b>4</b>
<b>I.1. Introduction</b> .....	<b>4</b>
<b>I.2. Définition d'un capteur solaire thermique</b> .....	<b>4</b>
<b>I.3. Principe de fonctionnement d'un capteur thermique</b> .....	<b>5</b>
<b>I.4. Les différents types de capteurs solaires</b> .....	<b>5</b>
<b>I.4.1. Capteurs plans</b> .....	<b>6</b>
<b>I.4.2. Capteurs par concentration</b> .....	<b>7</b>
<b>I.5. Les composants de capteur thermique</b> .....	<b>8</b>
<b>I.5.1. L'absorbeur</b> .....	<b>8</b>
<b>I.5.2. Le fluide caloporteur</b> .....	<b>8</b>
<b>I.5.3. Le coffre</b> .....	<b>9</b>
<b>I.5.4. Isolation thermique</b> .....	<b>9</b>
<b>I.6. Les avantagesest les inconvénients de caapteur thermique</b> .....	<b>9</b>
<b>I.6.1. Avantages</b> .....	<b>9</b>
<b>I.6.2. Incovinients</b> .....	<b>9</b>
<b>I.7. Influence du rayonnement solaire incident</b> .....	<b>10</b>
<b>I.8. Influence de la température ambiante sur le rendement</b> .....	<b>10</b>
<b>I.9. Influencedelavitessedu vent</b> .....	<b>11</b>
<b>I.10. Influence de la nature du matériau de l'absorbeur sur le rendement</b> .....	<b>12</b>
<b>I.11. L'énergie renouvelable en Algérie et à la sud algérienne réalité et avenir pour un développement durable</b> 13	
<b>I.12. Conclusion</b> .....	<b>14</b>
<i>Chapitre II.</i> .....	



<i>Synthèse bibliographique</i> .....	
I. Synthèse bibliographique .....	16
II.1. Introduction .....	16
II.2. Synthèse bibliographique .....	16
II.3. Conclusion .....	22
Chapitre III. ....	
Etude expérimentale.....	
II. Etude expérimentale .....	30
III.1. Introduction.....	30
III.2. Description d'essai .....	30
III.3. Caractéristiques techniques .....	31
III.1. Les principaux composants du capteur .....	31
III.2. Dimensions et éléments constitutifs .....	31
III.4. Caractéristiques thermophysiques .....	31
III.5. Caractéristiques optiques .....	32
III.6. Détermination expérimentale de la surface du capteur .....	32
III.7. Appareils utilisés.....	33
III.8. CONCLUSION.....	35
III. Résultats et discussions .....	36
IV.1. Introduction.....	36
IV.2. Condition d'essai .....	Error! Bookmark not defined.
IV.3. Résultats obtenus .....	Error! Bookmark not defined.
IV.4. La discussions .....	39
IV.4.1 Les variations de l'éclairement global en fonction de temps ....	Error! Bookmark not defined.
IV.4.2 Les variations de la température des composantes en fonction de temps .....	40
IV.4.3 L'évolution de rendement en fonction de $(T_s - T_e)/G$ .....	Error! Bookmark not defined.
IV.4.4 La variation de rendement instantané en fonction de temps .....	42
IV.5. Conclusion .....	43
Conclusion générale .....	50
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	X
Annexe .....	
Résumé .....	
ملخص.....	

## Liste des symboles

Symboles	Définition	Unité
$G$	L'éclairement global incliné	$[W/m^2]$ .
$Q_u$	le flux utile	$[W]$
$T_{abs}$	la température d'absorbeur	$[°C]$ .
$T_s$	la température de sortie d'eau	$[°C]$ .
$T_e$	la température d'entrée d'eau	$[°C]$ .
$\dot{m}$	Débit massique	$[L/s]$ .
$T_{iso}$	la température d'isolante	$[°C]$ .
	Température	
$T_v$	la température de la vitre de concentrateur surfacique	$[°C]$ .
$H$	Temps	$[h]$
$T_{vc}$	la température de la vitre de capteur plan	$[°C]$
$\eta$	le rendement instantané	/

# ***INTRODUCTIN GENERALE***

## **INRODUCTION GENERALE**

L'énergie renouvelable est une source d'énergie qui se reconstitue naturellement et rapidement, c'est-à-dire qu'elle est disponible indéfiniment ou se régénère plus rapidement que le consommateur, de sorte qu'on peut la considérer comme une énergie qui ne s'épuise pas du tout, également appelée " énergies vertes " ou "énergies propres". Parce que son faible impact environnemental en fait l'une des stratégies les plus importantes pour parvenir à un développement durable. Les plus connues et les plus exploitées de ces sources sont l'énergie solaire, l'énergie éolienne, la biomasse, l'énergie hydraulique et la géothermie[1].

L'objectif de ce mémoire est d'évaluer la performance thermique annuelle de capteur solaire dans les conditions climatiques chaudes et sèches de Ouargla (Algérie). L'idée est d'améliorer les performances du complexe solaire et également de travailler sur sa maintenance avec l'intelligence artificielle

Dans le premier chapitre, nous avons présenté une étude générale sur le système de chauffage d'eau qui utilisé pour chauffe l'eau sanitaire, qui consommed'énergie de chaleur, ainsi que sur l'énergie dérivée du soleil en général, et nous avons également fait une étude particulière sur le capteur solaire thermique, son types et ses caractéristiques techniques.

Le deuxième chapitre présente une recherche bibliographique détaillée des différents derniers travaux réalisés ces dernières années à travers le monde, étudiant différents modes de fonctionnement de capteur solaire thermique dans plusieurs conditions différentes.

Dans le troisième chapitre, nous présentons la modélisation du capteur thermique, où nous avons déterminé les caractéristiques echniqueset caractéristiquesthermophysiques et optique pour mener l'expérience, puis nous avons expérimenté sur le capteur solaire après avoir identifié les appareils de mesure nécessaires.

Le quatrième chapitre est consacré à l'identification des résultats obtenus et à la discussion de l'effet de certains paramètres sur l'évolution de la perfarmonce de capteur solaire thermique.

## *Chapitre I.*

# *Généralités sur les capteurs solaire thermiques*

## **Généralités sur les capteurs solaire thermiques**

### **I.1. Introduction**

L'énergie contenue dans le luminaire solaire joue un rôle essentiel en tant que source vitale pour maintenir la vie de Terre. Les humains ont la capacité de capter cette énergie et de l'utiliser judicieusement dans leurs activités, tout en évitant la production de polluants nocifs. Il existe différentes manières de convertir cette énergie solaire en formes plus conviviales, telles que la chaleur ou l'électricité. Ces méthodes d'exploitation de l'énergie solaire peuvent être classées en deux grandes catégories distinctes : les méthodes passive et les méthodes active.

Les méthodes passives sont caractérisées par l'utilisation directe de la lumière du soleil. Ils sont basés sur les principes et les concepts du génie civil, qui utilise des matériaux spéciaux et une architecture adaptée. Ces éléments permettent de chauffer et d'éclairer efficacement les espaces. Les méthodes actives, quant à elles, utilisent des technologies spécifiques afin de transformer l'énergie solaire en une forme secondaire avec leurs propres applications. Pour ce faire, ils bénéficieront de l'utilisation d'un dispositif appelé "capteur solaire", conçu dans le but de valoriser l'énergie solaire et de la transférer au fluide caloporteur sous forme de chaleur. Ce thermostat est principalement utilisé pour la production d'eau chaude sanitaire ou pour chauffer des locaux.

Ce chapitre vise à introduire quelques concepts de base pour comprendre le fonctionnement des plans de capteurs solaires.

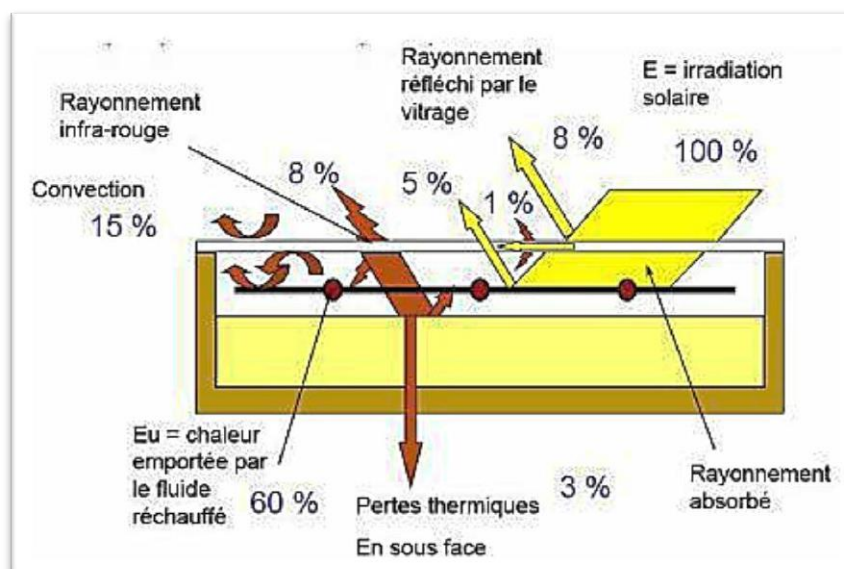
### **I.2. Définition d'un capteur solaire thermique**

Un capteur solaire thermique est un dispositif conçu pour collecter l'énergie solaire et la convertir en chaleur utilisable. Il est composé d'un absorbeur, d'un revêtement sélectif, d'une couverture transparente et d'une isolation thermique. Son rôle est de capter le rayonnement solaire et de transférer la chaleur à un fluide caloporteur, qui peut être utilisé pour la production d'eau chaude sanitaire ou le chauffage des locaux. Les capteurs solaires thermiques permettent d'utiliser l'énergie solaire de manière durable et propre.

### I.3. Principe de fonctionnement d'un capteur thermique

Un capteur solaire est un dispositif qui absorbe le rayonnement solaire et le convertit en chaleur qui sera transmise à un fluide "fluide caloporteur". Ce système de captage pour base l'effet de serre où le rayonnement est capté dans le domaine du visible et du proche infrarouge (longueurs d'ondes comprises entre  $(0.78\mu\text{m}$  et  $3\mu\text{m})$ ), il traverse la vitre et il est piégé à l'intérieur où il est capté par la surface absorbante [1].

L'absorbeur émet du rayonnement thermique dans un domaine de l'infrarouge éloigné du visible entre  $(4\ \mu\text{m}$  et  $30\ \mu\text{m})$ . Ce rayonnement est totalement arrêté par la paroi du verre que s'échauffe et rayonne par moitié vers la surface absorbante et par moitié vers l'extérieur. Le fluide qui circule sous cette paroi récupère par convection une partie de cette énergie absorbée et subit une élévation de température à la traversée du capteur [2].



**Figure.I. 1.** Schématisation de principe de captation du rayonnement solaire.[3]

### I.4. Les différents types de capteurs solaires

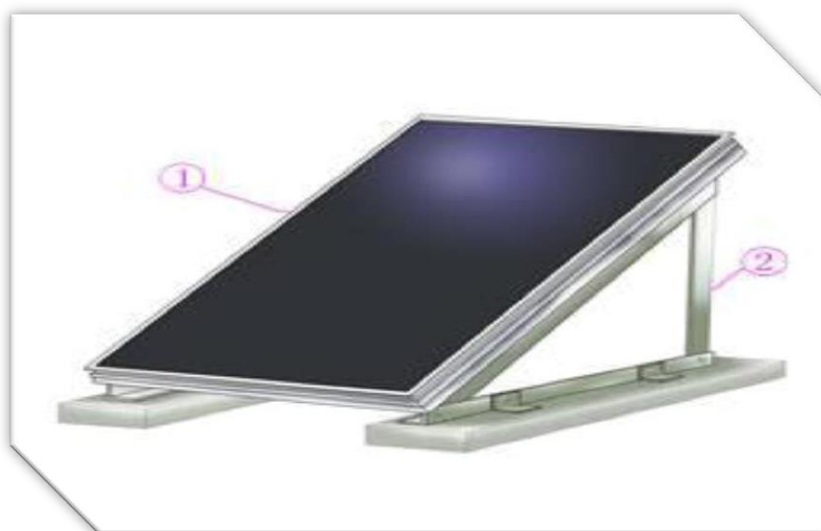
Il existe deux principaux types de capteurs solaires, à savoir : les capteurs plans et les capteurs par concentration (concentrateurs solaires).[4]

### I.1.1. Capteurs plans

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

La quantité d'énergie transférée au fluide caloporteur a un impact direct sur les performances instantanées du capteur.

Les capteurs plats ont un verre transparent, semblable à une serre, qui retient l'énergie thermique s'échappant de la plaque absorbante. Ils ont la capacité de chauffer des fluides caloporteurs à des températures légèrement supérieures à 80°C, avec un rendement allant de 40% à 80%. Généralement, les capteurs fixes à usage domestique sont installés sur les toits des maisons. L'efficacité des capteurs est déterminée par l'angle qu'ils forment avec le plan horizontal. Leur inclinaison idéale varie en fonction de la latitude de l'installation. L'air ou un liquide (eau ou mélange eau-antigel) est utilisé dans le système de chauffage solaire, et le stockage thermique est généralement effectué dans un accumulateur de pierre ou un réservoir d'eau bien isolé [4].



**Figure. I. 2 .**Capteursolairethermiqueavecsupport defixation[5].



### I.1.2. Capteurs par concentration

Les fluides caloporteurs ne peuvent pas être chauffés à des températures très élevées dans des capteurs plans. En revanche, les capteurs de concentration sont réalisables, mais ils sont plus compliqués et coûteux. Ce sont des réflecteurs en demi-cylindre qui concentrent et réfléchissent l'énergie solaire sur un tuyau métallique serpentin qui fait circuler un fluide caloporteur. L'intensité du rayonnement augmente du fait de cette concentration, et les températures au niveau du récepteur (appelé la cible) peuvent atteindre plusieurs centaines de degrés Celsius.

Les concentrateurs doivent se déplacer pour suivre la trajectoire apparente du Soleil afin d'être efficaces.

En Arabie Saoudite, par exemple, de telles installations sont utilisées pour dessaler l'eau salée par la méthode d'évaporation.[6]



**Figure.I. 3** .Capteursolaireconcentrationparabolique.[6]

## **I.5. Les composants de capteur thermique**

Le capteur thermique se compose de plusieurs éléments :

### **I.1.3. L'absorbeur**

L'absorbeur est l'élément central du capteur solaire, il absorbe le rayonnement solaire global de courtes longueurs d'onde et le convertit en chaleur. [7]

Il est constitué d'une plaque à laquelle sont intégrés des tubes à travers lesquels circule le fluide caloporteur. Le matériau constituant la plaque de l'absorbeur peut être soit métallique soit en matière plastique laquelle est utilisée uniquement dans le cas où un milieu agressif circule directement dans l'absorbeur tel est le cas de l'eau d'une piscine. [7]

Les métaux utilisés : le cuivre, l'acier inoxydable, ou bien l'aluminium, qui ont de bonnes conductibilités thermiques.

L'absorbeur ne doit pas être trop mince. En pratique, on emploie généralement une feuille de cuivre ou d'aluminium de 0.2 mm d'épaisseur avec des variantes de 0.15 à 0.3 mm [8].

Les canaux contenant le fluide caloporteur ne doivent pas être trop espacés ; ainsi, la transmission de la chaleur de l'absorbeur vers le fluide caloporteur se fait plus efficacement. Dans la pratique, on choisit généralement un intervalle de 100 à 120 mm entre les tubes. Cela représente un compromis entre une évacuation optimale de la chaleur, une faible inertie thermique et une utilisation réduite des métaux tout en préservant des coûts de fabrication bas.[8]

### **I.1.4. Le fluide caloporteur**

Le fluide de travail est chargé de transporter la chaleur entre deux ou plusieurs sources de température. Il est choisi en fonction de ses propriétés physiques et chimiques il doit posséder une conductivité thermique élevée, une faible viscosité et une capacité calorifique élevée. Dans le cas des capteurs plans, on utilise de l'eau à laquelle on ajoute un antigel (généralement de l'éthylène glycol) ou bien de l'air.

### **I.1.5. Le coffre**

Le coffre fabriqué couramment en aluminium ou en bois, enferme l'absorbeur et l'isolation thermique du capteur, les protégeant ainsi contre l'humidité et les détériorations mécaniques [9].

### **I.1.6. Isolation thermique**

Une isolation thermique servant à limiter les déperditions thermiques du capteur sur les côtés arrière et latérale.[10]

## **I.6. Les avantages et les inconvénients de capteur thermique**

### **I.1.7. Avantages**

L'utilisation thermique de l'énergie solaire présente, outre tous les avantages des énergies renouvelables, des avantages qui lui sont propres à savoir :

- Les technologies à mettre en oeuvre pour utiliser l'énergie solaire thermique sont aisément maîtrisables et adaptables aux situations de toutes les Régions.
- Les techniques et les matériaux utilisés sont similaires à ceux employés dans le secteur traditionnel du chauffage, du sanitaire et des verrières.
- La main d'oeuvre ne nécessite qu'une formation complémentaire aisément maîtrisable.
- Il s'agit d'une forme modulable de production d'énergie que l'on peut adapter en fonction de ses besoins.
- Les frais de maintenance sont réduits. Si l'entretien des installations ne doit pas être négligé, les frais de maintenance et donc de fonctionnement sont cependant relativement faibles.

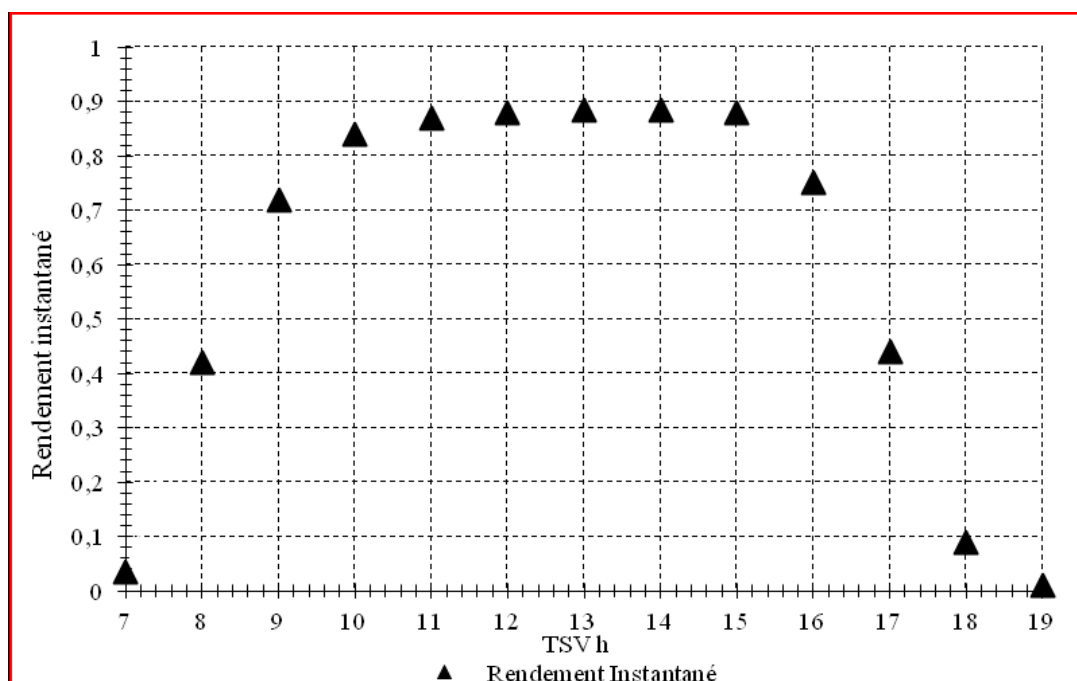
### **I.1.8. Inconvénients**

L'énergie solaire thermique active a toutefois certaines limites: Elle est variable dans le temps. Sous les climats tempérés, cette variation est surtout importante en fonction des saisons. Ceci entraîne une nécessité de stocker cette énergie, ce qui augmente considérablement le coût des installations. C'est une énergie diffuse. La puissance disponible par unité de surface est

relativement limitée ; ceci rend difficile une réponse à des besoins importants (grands ensembles d'appartements, par exemple).

### I.7. Influence du rayonnement solaire incident

La variation du rendement du capteur en fonction du temps au cours d'une journée du lever au coucher du soleil est donnée dans la figure (II.4). Il est à noter l'existence de trois phases : de 07h jusqu'à presque 10h30mn, pour laquelle le rendement augmente en fonction du rayonnement solaire, ensuite il est pratiquement constant au cours de la deuxième phase qui s'étend jusqu'à 15h et à partir de cet instant le rendement commence à décroître jusqu'au coucher du soleil où le rayonnement solaire s'annule.



**Figure I.4:** Evolution temporelle du rendement instantané du capteur

### I.8. Influence de la température ambiante sur le rendement

La figure (II.5) montre l'influence, en fonction du rayonnement solaire incident, de la température ambiante sur le rendement du système. Des valeurs de température allant de 25°C jusqu'à 40°C sont considérées. On remarque qu'aux petites valeurs du

rayonnement, le rendement augmente avec la température ambiante. Ensuite cette augmentation se voit moins pour de grandes valeurs de rayonnement incident. L'efficacité du système augmente avec l'élévation de la température du milieu environnant. Ceci est dû au fait que pour une température du milieu ambiant grande un écart moins entre cette dernière et celle du système, donc moins de pertes thermiques.

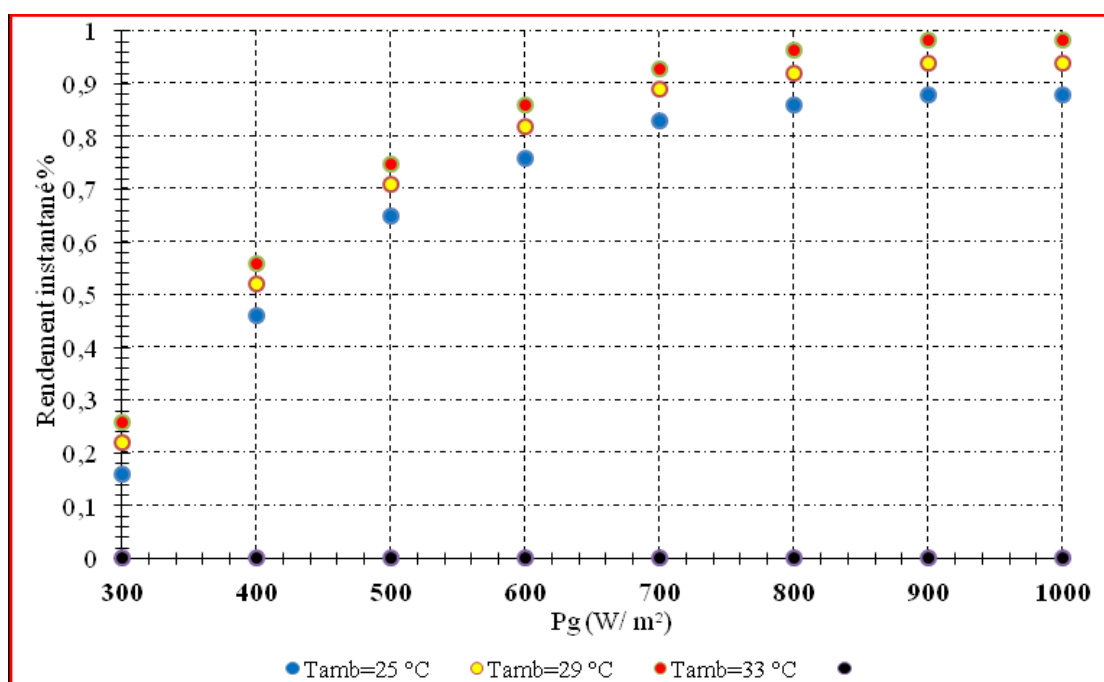
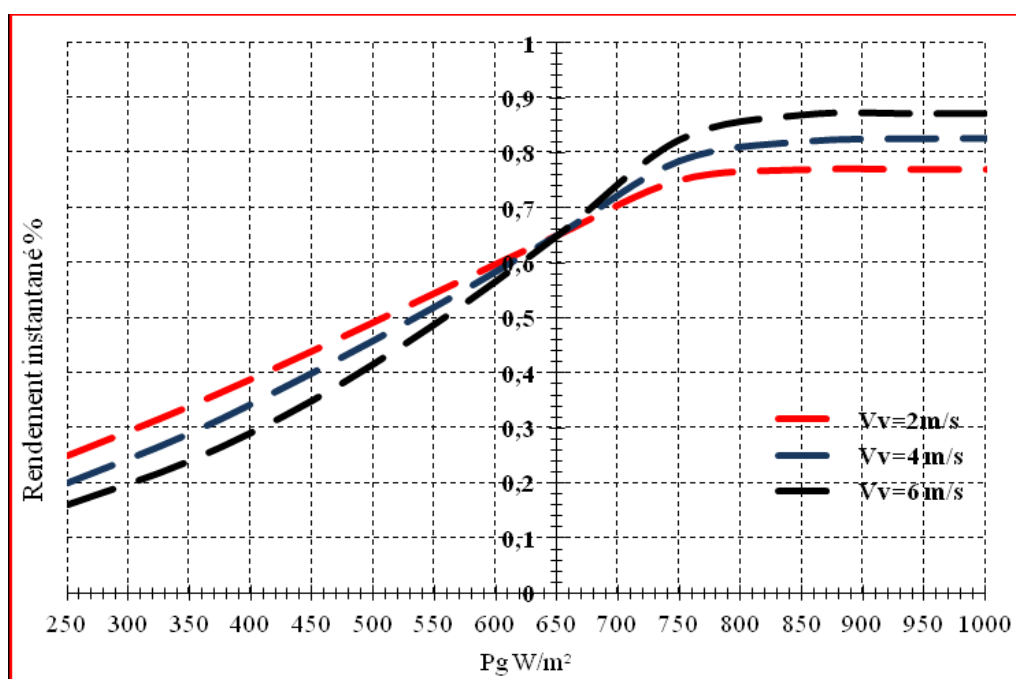


Figure I.5: Evolution du rendement en fonction de la température ambiante

### I.9. Influence de la vitesse du vent

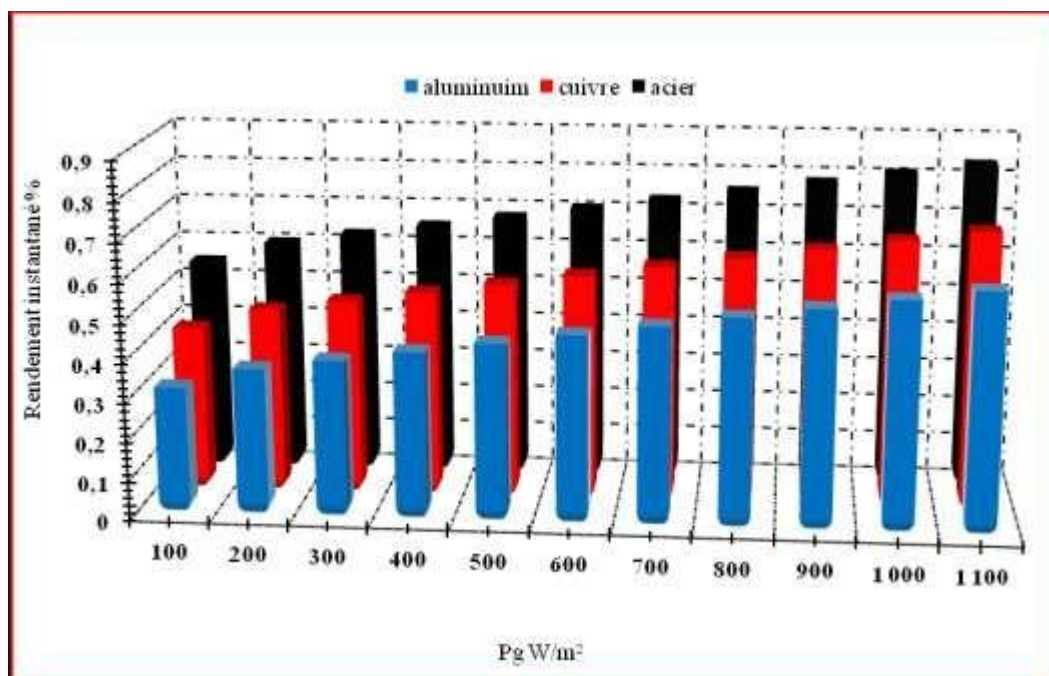
La chaîne énergétique solaire (capteur-armoire) est exposée directement aux conditions réelles climatiques extérieures. Le vent est un facteur qui affecte le fonctionnement de ce système. La figure (II.6) traduit cette influence. On a remarqué qu'au début de fonctionnement du système, c'est-à-dire pour des valeurs faibles du rayonnement solaire, les valeurs faibles de la vitesse du vent sont en faveur de l'efficacité alors que pour des valeurs supérieures, la vitesse du vent influe en défaveur du rendement. Ceci est en grande partie dû à un abaissement de la température du vitrage, ceci conduit à un écart plus ou moins important entre sa température et celle de l'absorbeur.



**Figure I.6:** Evolution du rendement instantané en fonction de la vitesse du vent.

#### I.10. Influence de la nature du matériau de l'absorbeur sur le rendement

La nature du matériau utilisé dans la conception des convertisseurs thermiques de l'énergie solaire a une grande influence sur son efficacité. La figure (II.7) traduit l'évolution de l'efficacité instantanée du capteur en fonction de la variation de la puissance solaire pour trois différents types de matériaux utilisés comme absorbeurs. On voit clairement que le rendement du capteur est plus important pour le cas d'un absorbeur en acier.



**Figure I.7:** Variation du rendement instantané en fonction de la matière de l'absorbeur

### I.11. L'énergie renouvelable en Algérie et à la sud algérienne réalité et avenir pour un développement durable

La puissance moyenne reçue du soleil par la terre est d'environ 20 % du flux lumineux compte tenu du jour et de la nuit, de la latitude de l'endroit, des saisons et de la couverture nuageuse. L'utilisation des énergies renouvelables en Algérie, n'a pas dépassé le seuil d'expérience durant trois décennies d'indépendance. Malgré la situation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde. La durée d'insolation sur la quasi totalité du territoire national dépasse annuellement les 2000 heures et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et sahara). L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1m<sup>2</sup> est de l'ordre de 5 KWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 KWhm<sup>2</sup> an Nord et 2263 KWhm<sup>2</sup> an au Sud . Au sud algérien, les premières expériences ont été effectués au début des années quatre-vingt où la première station d'énergie soleil a été installée à Melouka par une société du royaume de Belgique. La station est aujourd'hui à l'arrêt, le recours aux énergies renouvelables au sud algérien est indispensable et prioritaire dans tout développement durable de la région. [13]

**I.12. Conclusion**

Dans ce chapitre est consacré aux capteurs solaires thermiques, dispositifs responsables de la conversion de l'énergie solaire en énergie thermique, notamment les capteurs thermiques . Nous présentons une étude descriptive sur les capteurs solaires, leurs composants, leurs caractéristiques et les paramètres de fonctionnement qui influent sur leur efficacité.



## ***Chapitre II.***

# ***Synthèse bibliographique***

## II.1. Synthèse bibliographique

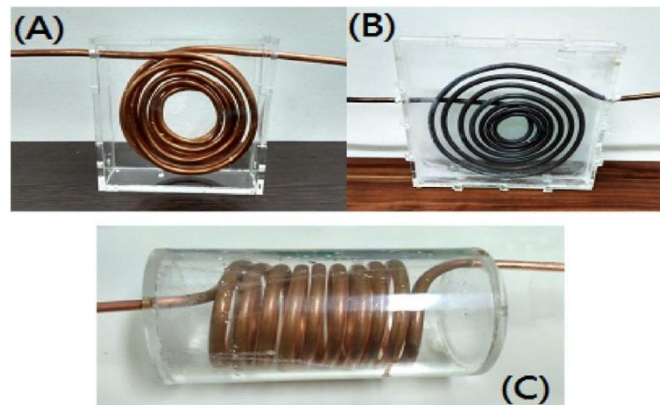
### II.1. Introduction

D'après ce que nous avons mentionné dans le premier chapitre que le système de capteur solaire a le principe du chauffage, tel que nous l'avons précédemment défini et expliqué le principe de son travail ainsi que mentionné ses types, ses composants, ses avantages ... etc.

Dans ce chapitre on va présenter une synthèse bibliographique des plus part des derniers travaux sur le capteur thermique pour donner une vision générale sur la technologie de ce système.

### II.2. Synthèse bibliographique

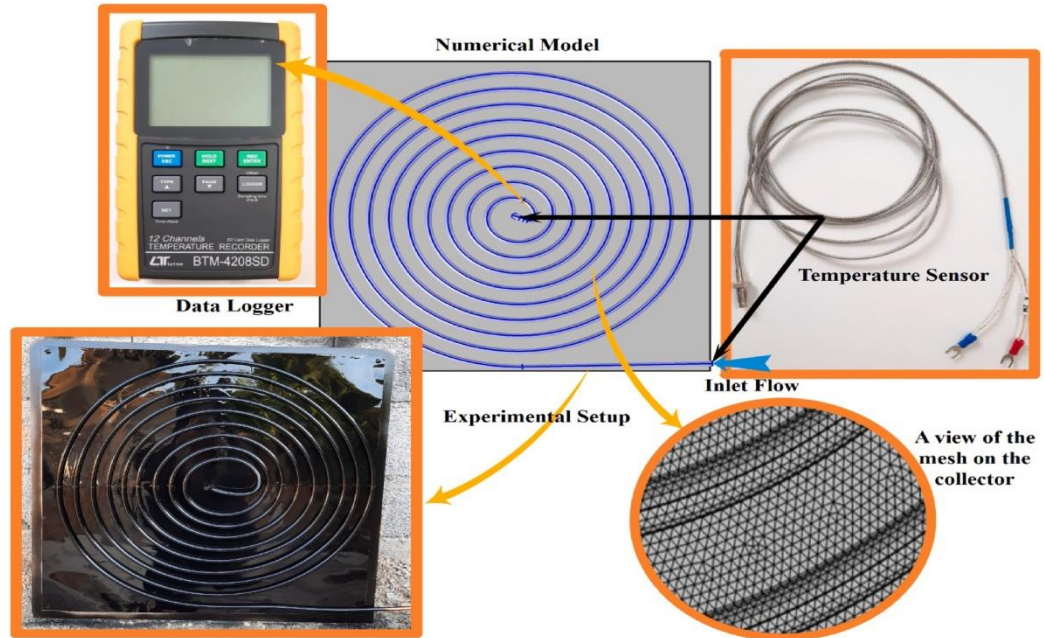
Majidet al, (2018) [13] a réalisé une étude analyse la performance de l'absorption d'énergie d'un capteur solaire cylindrique et de deux capteurs solaires à plaques plates différents. Les tests ont été effectués avec un fluide de TiO<sub>2</sub> à des concentrations massiques variées. Le capteur solaire avec une surface exposée réduite a montré une meilleure efficacité d'absorption thermique. Les tests de 120 minutes ont donné de meilleurs résultats que ceux de 240 minutes. En utilisant des nanofluides avec une concentration massique de 0,25%, l'efficacité thermique variait de 34,23% à 58,00%. Pour un nanofluide avec une concentration massique de 1%, l'efficacité thermique allait de 39,89% à 63,67%.



**Figure.II.1.**(A) Vue rapprochée du collecteur à plaques planes numéro 1, (B) du collecteur à plaques planes numéro 2 et (C) du capteur solaire cylindrique avant que les capteurs ne soient isolés et les capteurs de température installés.

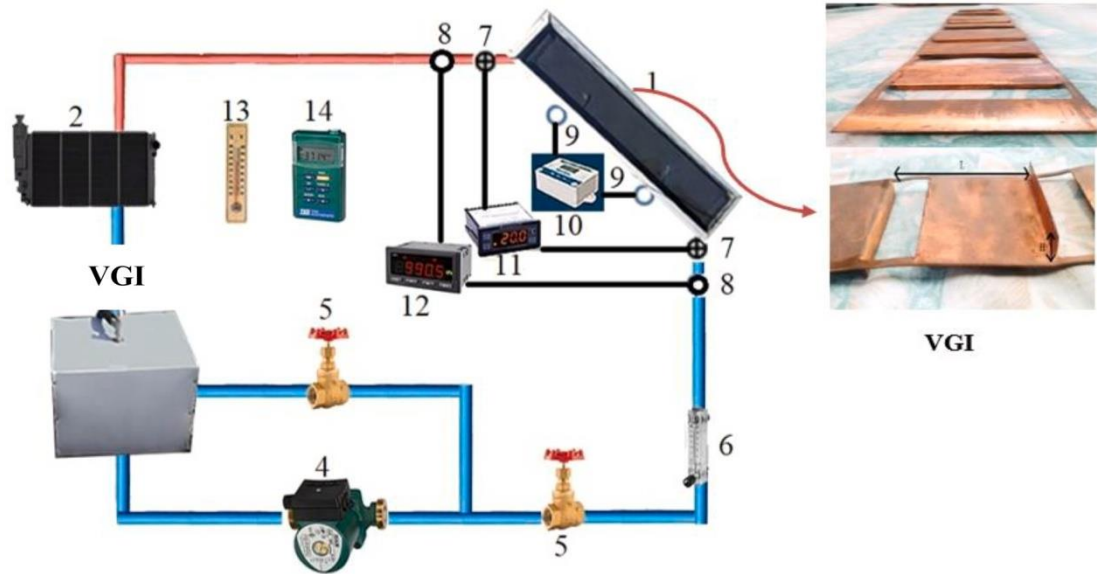
S.Aghakhani et al. (2022)[14] a réalisé Une étude numérique et expérimentale a été réalisée sur un capteur solaire à plaque plate avec une configuration de tuyau en spirale contenant de l'eau. Les résultats ont montré que les températures et le coefficient de transfert de chaleur sont améliorés avec l'augmentation du diamètre extérieur de la spirale et du diamètre du tuyau FPSC, mais sont réduits avec le débit. De plus, la perte de charge et la puissance de pompage

s'intensifient en augmentant le débit et en diminuant le diamètre extérieur de la spirale et le diamètre du tuyau. En outre, l'efficacité thermique maximale se situe dans une plage de paramètres spécifique avec un diamètre intérieur de 120 mm et un diamètre extérieur de 700 mm.



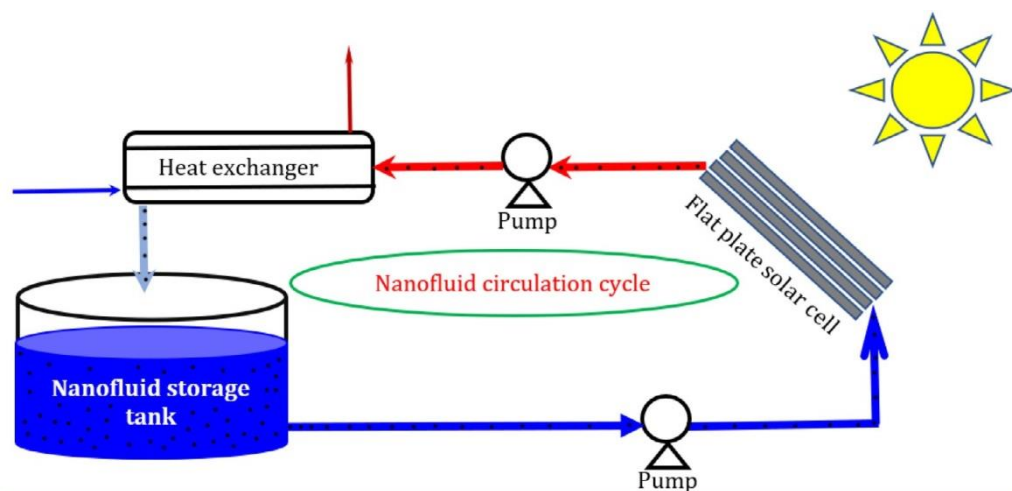
**Figure.II.2.**Schéma de la géométrie FPSC.

M.Bagher, [2022] [15].A réalisé une étudea examiné l'effet d'un nanofluide à base d'eau et d'un générateur de vortex (VI) sur l'efficacité thermique d'un capteur solaire à plaque plate avec canal rectangulaire. Le nanofluide utilisé était du TiO<sub>2</sub> à une concentration de 0,4% en volume et différentes configurations set débits volumétriques ont été testés. Les résultats sont montrés que l'utilisation combinée de nanofluide et de VGI a entraîné une augmentation de l'efficacité optique et une diminution de la dissipation thermique, avec un débit volumique optimal identifié. Le nombre de Nusselt maximal a été atteint dans cette configuration et la CEE maximale a été trouvée pour le nanofluide TiO<sub>2</sub> / eau à un débit volumique de 3 litres / min..



**Figure.II.3.**Schéma du cycle de mise en place du test.

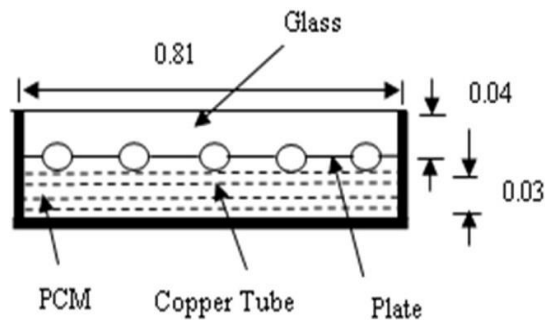
LanXuet al,(2022)[16]a réalisé des études expérimentales ont montré que les nanofluides peuvent améliorer les performances des capteurs solaires à plaques planes, mais les résultats ne sont pas clairs et il n'existe aucun modèle fiable pour analyser leur impact. Cette recherche développe une approche simple pour prédire l'efficacité thermique des capteurs solaires à plaques plates à l'aide de nanofluides. Des modèles d'apprentissage automatique sont utilisés pour relier l'efficacité thermique à différentes variables, telles que l'énergie absorbée, la perte d'énergie, la température réduite, l'angle d'inclinaison de la plaque et la taille des nanoparticules. Les performances de prédiction des différents modèles sont comparées et il est conclu que le LS-SVR est le plus précis pour analyser l'efficacité thermique des capteurs solaires à plaques plates utilisant des nanofluides.



**Figure.II.4 .**Un diagramme schématique d'une cellule solaire à plaque plate typique.

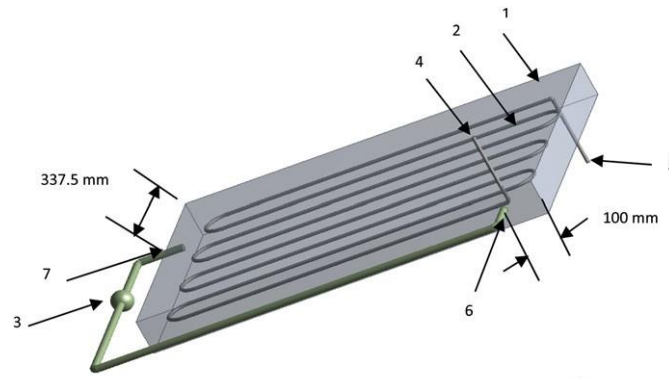
S.Yari et al, (2020)[17]. A réalisé une étude aLe chauffe-eau claire austin commercial utilise un collecteur et un réservoir sphériques pour stocker de l'eau chauffée par l'énergie solaire. Le réservoir est à double paroi, avec un matériau à changement de phase (MCP) pour offrir une isolation thermique et un stockage thermique. Le réservoir est également recouvert d'un couvercle en verre transparent pour réduire les pertes de chaleur. À un débit de 1,75 l/ min, la température de stockage maximale est de 80,3 °C avec une efficacité thermique maximale de 74 %, produisant de l'eau chaude pour 8,43 personnes. La stratification thermique est plus forte à un débit de 1,25 l/ min.

M.F.I. Al ImamEt al, [2023][18] ont réalisé une étude a l'énergie solaire est une source d'énergie renouvelable qui peut être utilisée pour chauffer l'eau à l'aide du matériau à changement de phase (PCM). Dans cette étude, l'effet du PCM sur la température de l'eau de sortie a été examiné, ainsi que la performance de deux années consécutives de capteurs solaires thermiques équipés de concentrateurs paraboliques et de fines couches de PCM pour le stockage de la chaleur latente. Les résultats ont montré que notre conception proposée était efficace pour extraire l'efficacité thermique même à faible rayonnement solaire, et pouvait être utilisée à long terme pour des applications domestiques et industrielles.



**Figure.II.5** .Schéma de principe du collecteur thermique (dimension en m).

António Araújo et al, [2023][19].Aréalisé une simulations numériques ont été réalisées pour étudier l'efficacité de différents systèmes de chauffage solaire de l'eau au Portugal. Des paramètres de conception tels que la surface du collecteur et le volume de stockage ont été pris en compte pour obtenir une fraction solaire annuelle prédéfinie. Les résultats montrent que le type de capteur à simple vitrage est plus efficace pour la plupart des applications de chauffage solaire de l'eau au Portugal. Une augmentation de la surface du collecteur entraîne une diminution du volume de stockage optimal. La fraction solaire a un fort impact sur la surface du collecteur et le volume de stockage.



**Figure.II.6.**L'échangeur de chaleur dans le système de chauffage indirect avec pompe de circulation.

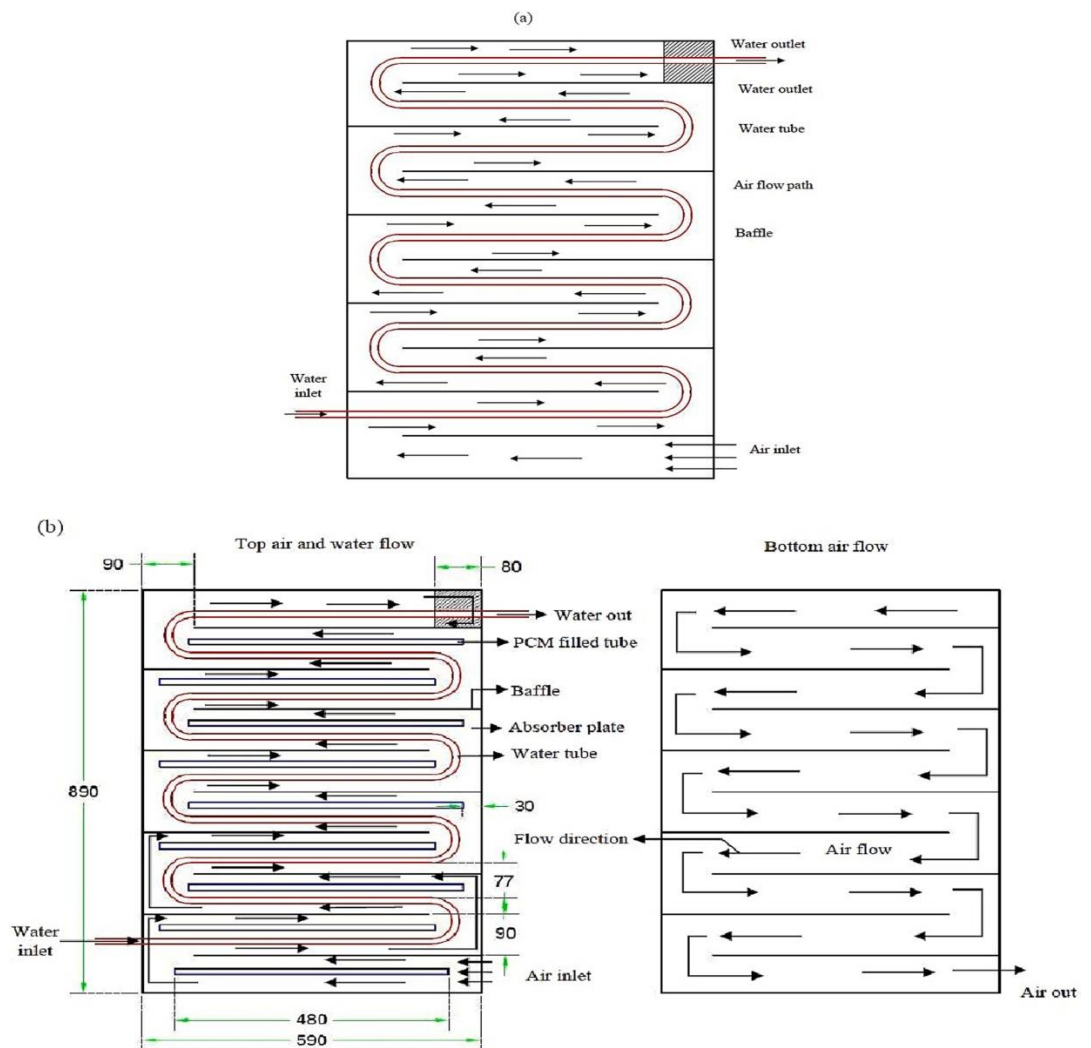
DatongGao et al, [2023] [20] Mener une étude a Le chauffage solaire des locaux est une solution efficace pour réduire la consommation d'énergie des bâtiments. Cependant, les systèmes traditionnels nécessitent beaucoup d'espace et limitent leur utilisation. Un nouveau système de chauffage solaire utilisant des collecteurs à plaques plates sous vide est proposé pour améliorer l'efficacité et réduire l'occupation du sol. Des études expérimentales ont montré que ce système peut réduire l'occupation des sols de 66,98%. De plus, un système de stockage d'énergie virtuel peut être utilisé pour déplacer la charge de pointe et améliorer l'utilisation de l'énergie solaire. Ce système offre une perspective pour atteindre les objectifs de pénétration de l'énergie solaire et de réduction des émissions de carbone.



**Figure.II.7.**Le banc d'essai de l'EFPC

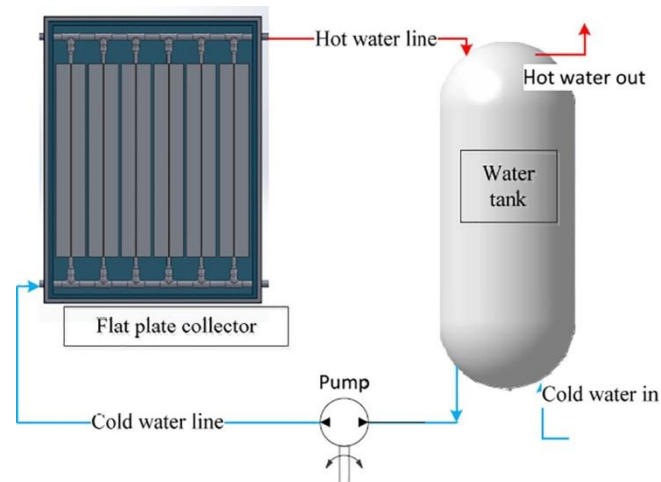
E.Vengadesan et al [2022] [21]. Ils ont mené une étude Les capteurs solaires à plaques plates peuvent réduire les coûts énergétiques du chauffage de l'eau et des locaux. Cette étude utilise des tubes en cuivre serpentin pour que l'eau ait plus de surface et des chicanes pour augmenter le temps de séjour du flux d'air. Des tubes de stockage de chaleur sont fixés à l'absorbeur pour augmenter la surface d'absorption et compenser la variation de l'énergie solaire disponible. Les performances du collecteur sont influencées par le rayonnement solaire et les débits d'eau et d'air. Le capteur solaire avec stockage de chaleur a des rendements énergétiques et

exergétiques plus élevés et un coefficient de perte de chaleur global inférieur à celui sans stockage de chaleur. Ce capteur solaire hybride est plus économique et écologique que le capteur conventionnel avec des périodes de récupération plus courtes.



**Figure.II.8.** Configuration du collecteur, (a) Type-A, (b) Type-B.

ArunendraK. et al , [2021][22]. Ils ont étudié le système solaire thermique pour l'eau chaude sanitaire utilise principalement des capteurs solaires avec collecteur à plaque plate ou à tube à vide. Les collecteurs à plaques plates sont couramment utilisés en raison de leur faible coût et de leur maintenance minimale. La performance de ces systèmes dépend des conditions environnementales telles que la température, le rayonnement solaire et la vitesse du vent. Dans cet article, un modèle de système solaire thermique domestique basé sur TRNSYS 18 a été présenté pour évaluer les performances à long terme du système dans les conditions climatiques indiennes. Des paramètres de performance tels que le gain d'énergie utile et l'efficacité thermique ont été présentés et discutés.



**Figure.II.9.** Composant d'un système d'eau chaude solaire actif.

### II.3. Conclusion

A travers ce chapitre, il a été montré que beaucoup des techniques de conception de système de capteur qui fonctionnée d'une manière de chauffage.

D'après l'étude bibliographique présenté nous avons remarqué que la performance de notre capteur dépend des conditions climatiques.



## **Chapitre III.**

### **Etude expérimentale**

### III. Etude expérimentale

#### III.1. Introduction

Nous avons fait des expériences avec un capteur qui a été conçu dans le labo de énergie renouvelable de l'Université de Ouargla. Plusieurs essais ont été effectués de fin de Avril à mai 2023.

Le banc des essais est un capteur solaire plan dont caractérisée par :

- Latitude:  $31^{\circ}9$ .
- Longitude:  $5^{\circ}32$ .
- Altitude: 128.

Ainsi que d'un capteur à angle fixe sud de l'angle  $\beta=40^{\circ}$ . Ce dernier composé par un isolateur en line de verre , avec une vitre en verre caractérisée par  $\tau = 0.9$  et d'un absorbeur en acier galvanisé  $\alpha 0.95$ , un coefficient de transmission  $\varepsilon = 0.95$ . et placer le capteur sur un support permettant un changement d'inclinaison par rapport à horizontale.

#### III.2. Description d'essai

Cette étude a été menée à l'Université de Ouargla après avoir sélectionné l'emplacement optimal pour installer notre capteur solaire thermique ,où il a été installé sur le toit du laboratoire des énergies renouvelables pendant la période de fin avril à mai, à différents jours, sous un ciel clair et un vent perturbée, Nous avons enregistré manuellement les paramètres de fonctionnement du capteur toutes les demi-heures de 8h30 à 16h00 à l'aide du système d'acquisition de données.

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 . Afin d'obtenir la meilleure façon d'augmenter l'échange de chaleur et obtenir des meilleures performances ou des meilleures efficacités thermiques.



**Figure.III. 1.** Prototypé d'un capteur solaire thermique.

### III.3. Caractéristiques techniques

#### III.3.1. Les principaux composants du capteur

- Une couverture en verre transparent de 3 mm d'épaisseur.
- Installée dans un cadre en bois durune.
- Une fine feuille galva peinte d'une substance noire.
- Une feuille de laine de verre de 30 mm d'épaisseur sert d'isolation arrière.
- Tube de cuivre monté en spirale

#### III.3.2. Dimensions et éléments constitutifs

ELEMENT DE CONSTRUCTION	LONGUEUR(m)	LARGEUR(m)	ÉPAISSEUR(mm)
Verre	0,9	0,6	3
Absorbeur	0,9	0,6	0,8
Cadre en bois	1	0,7	100
Isolant	0,9	0,6	30

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

### III.4. Caractéristiques thermo-physiques

ELEMENT DE CONSTRUCTION	MATERIAUX	MASSE VOLUMIQUE (kg/m <sup>3</sup> )	CHALEUR SPECIFIQUE (J/kg.°k)	CONDUCTIVITE THERMIQUE (W /m.°k)
COUVERTURE TRANSPARENTE	Verre	2515	820	0,98
ABSORBEUR	Tole galva	7750	5100	0,60
CADRE EN BOIS	Bois	500	1800	0,14
ISOLANT	Lane de verre	30	1030	0,030

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

### III.5. Caractéristiques optiques

ELEMENT DE CONSTRUCTION	EMISSIVITE ( $\epsilon$ )	ABSORPTION (A)	TRANSMISSION ( $\tau$ )
COUVERTURE TRANSPARENTE	0,9	0,05	0,9
ABSORBEUR	0,95	0,9	-
BOIS	0,6	0,14	-
ISOLANT	0,89	0,8	-

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

### III.6. Détermination expérimentale de la surface du capteur

#### III.6.1. Les dimensions du capteur mesurées sont

Dimensions (globalement) : 1 m × 0.7 m.

Dimensions (effective): 0.80 m × 0.50 m.

Calcul de la surface

Surface totale: 0.7 m<sup>2</sup>.

Surface (effective): 0.4 m<sup>2</sup>

#### III.6.2. Conditionnement expérimental

Les préparations suivantes ont été effectuées avant les tests :

- Angle d'inclinaison du capteur est de 40 ° vers le sud.
- Le capteur a été vérifié pour tout dommage .
- Le couvercle du capteur a été nettoyé très soigneusement.
- Les capteurs exposés sont détectés dans des conditions claires et claires.

### III.7. Appareils utilisés

#### III.7.1. Solarimètre manuel

Solarimètre manuel un appareil avec un écran pour afficher la lecture directe de l'intensité de la lumière en unités  $\text{W/m}^2$  (figure III.7).



**Figure III.2 :** Solarimètre manuel

Caractéristiques de l'appareil:

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

#### III.7.2. Thermomètre

Thermomètre numérique à 4 canaux de type K-200 ~  $1372^\circ$

$\text{C}2501^\circ\text{F}$  (figure III.8). Utilisé pour mesurer la température par les sondes (figure III.9).



**Figure III.3:** Capteur de thermocouple de type K

Caractéristiques de l'appareil:

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



**Figure III.4:** Les sondes de thermocouple de type K

### **III.8. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté une étude expérimentale exposé le banc d'essais et expliqué les étapes et la méthode d'utilisation de notre expérience. Nous avons également discuté des différentes caractéristiques techniques du capteur solaire et présente les appareils de mesure avec leur caractéristiques donc pour cela le prochain chapitre sera consacré à l'analyse des résultats obtenus à partir de ce chapitre.

**Chapitre IV.**  
**RESULTATS ET DISCUSSIONS**



## IV. Resultats et discussions

### IV.1. Introduction

Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre précédent, nous avons réalisé un capteur solaire en appliquant certaines conditions climatiques dans la région de warkala. Une fois toutes les mesures requises effectuées, les résultats sont donnés sous forme de courbes. Ensuite, nous essaierons de mener une étude analytique de ces résultats montrant ici l'effet du temps de fonctionnement, du débit d'eau, de l'éclairage pour connaître l'effet de ces paramètres sur les performances du capteur solaire.

### IV.2. Condition d'essai

Les données initiales de calcul :

1. Lieu de capteurs solaire : Ouargla .Latitude:31.9N

Longitude: 5.32E

Altitude:128m

2. Les heures d'essai (de 09h00min jusqu'à 16h00min).
3. l'effet du vent est 14km/h.
4. Humidité:%.
5. les jours considérés sont:(27/04,01/05,11/05)/2023
6. Le pouvoir absorbant du matériau de cuivre  $A_{ab}=0.95$ .
7. Le pouvoir absorbant du verre réutilisé (verre ordinaire 4mm)  $A_v=0.04$ .
8. l'émissivité de l'absorbeur  $\epsilon_{ab}=0.85$ .
9. l'émissivité du verre  $\epsilon_v=0.93$ .
10. le débit du fluide caloporteur = 0,0032 litres/s.
11. la chaleur spécifique de l'eau.  $C_p=4180\text{J/Kg.}^\circ\text{C}$ .

**IV.3. Résultatsobtenus:****Résultatsobtenusdecapteursolaireplanle(25/04/2023):**

T	T <sub>am</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>iso</sub>	ΔT	m	□ <sub>(i,□)</sub>	η
09:15	21	17	29	29	12	0,0032	470	0,35582979
09:30	21	18	30	29	12	0,0032	450	0,37164444
09:45	22	18	32	31	14	0,0032	475	0,41076491
10:00	22	19	38	33	19	0,0032	510	0,51920915
10:15	27	22	42	33	20	0,0032	530	0,52591195
10:30	26	23	48	36	25	0,0032	620	0,56196237
10:45	25	22	49	35	27	0,0032	670	0,56162687
11:00	29	26	49	39	23	0,0032	600	0,53423889
11:15	27	25	56	40	31	0,0032	680	0,63534804
11:30	27	26	58	39	32	0,0032	680	0,65584314
11:45	30	28	60	39	32	0,0032	710	0,62813146
12:00	32	27	61	36	34	0,0032	720	0,65812037
12:15	31	29	59	40	30	0,0032	670	0,62402985
12:30	29	28	61	39	33	0,0032	710	0,64776056
12:45	25	26	64	38	38	0,0032	720	0,7355463
13:00	28	27	62	38	35	0,0032	630	0,77425926
13:15	31	32	65	35	33	0,0032	610	0,75395082
13:30	29	30	63	39	33	0,0032	600	0,76651667
13:45	31	29	59	40	30	0,0032	580	0,72086207
14:00	31	30	64	45	34	0,0032	610	0,77679781
14:15	31	27	60	42	33	0,0032	610	0,75395082
14:30	32	28	58	42	30	0,0032	570	0,73350877
15:00	35	30	55	38	25	0,0032	510	0,68316993
15:30	31	29	50	40	21	0,0032	480	0,60972917
15:45	30	29	45	39	16	0,0032	440	0,50678788
16:00	28	25	40	38	15	0,0032	420	0,4977381

**Tableau.IV.1.résultatsobtenus**

**Résultatsobtenusdanslemêmejourdestempératuresdesdifférentscomposants :**

T	Dt/G	Qu
09:15	0,02553191	160,5504
09:30	0,02666667	160,5504
09:45	0,02947368	187,3088
10:00	0,0372549	254,2048
10:15	0,03773585	267,584
10:30	0,04032258	334,48
10:45	0,04029851	361,2384
11:00	0,03833333	307,7216
11:15	0,04558824	414,7552
11:30	0,04705882	428,1344
11:45	0,04507042	428,1344
12:00	0,04722222	454,8928
12:15	0,04477612	401,376
12:30	0,04647887	441,5136
12:45	0,05277778	508,4096
13:00	0,05555556	468,272
13:15	0,05409836	441,5136
13:30	0,055	441,5136
13:45	0,05172414	401,376
14:00	0,0557377	454,8928
14:15	0,05409836	441,5136
14:30	0,05263158	401,376
14:45	0,04814815	347,8592
15:00	0,04901961	334,48
15:15	0,046	307,7216
15:30	0,04375	280,9632
15:45	0,03636364	214,0672
16:00	0,03571429	200,688

**Tableau.IV.2.résultatsobtenus**

Telque :

**G**:L'éclairement global incliné [ $\text{W}/\text{m}^2$ ].

**Qu**:le flux utile [W].

**T<sub>abs</sub>**:la température de l'absorbeur [ $^{\circ}\text{C}$ ].

**T<sub>s</sub>**:la température de sortie d'eau [ $^{\circ}\text{C}$ ].

**T<sub>e</sub>**:la température de l'entrée d'eau [ $^{\circ}\text{C}$ ].

**T<sub>iso</sub>**:la température de l'isolant [ $^{\circ}\text{C}$ ].

**T<sub>v</sub>**:la température de la vitre du concentrateur surfacique [ $^{\circ}\text{C}$ ].

**T<sub>vc</sub>**:la température de la vitre du capteur plan [ $^{\circ}\text{C}$ ].

**$\eta$** :le rendement instantané.

**H**:le temps [heure].

**$\dot{m}$** :le débit 0,0032 litres/s.

#### IV.4. L'adiscussions:

##### IV.4.1 Les variation de l'éclairement globale incliné en fonction de temps :

Figure IV.1. affiche les variation de l'éclairement globale incliné en fonction de temps. Les performances du système ont été étudiées pendant un jour.

Les résultats de la figure. IV-1. Il montre que l'éclairment augmente avec le temps jusqu'au point 720 [ $\text{W}/\text{m}^2$ ], qui est la valeur maximale par jour à 12 heures, puis diminue avec le temps jusqu'à la fin de la journée.

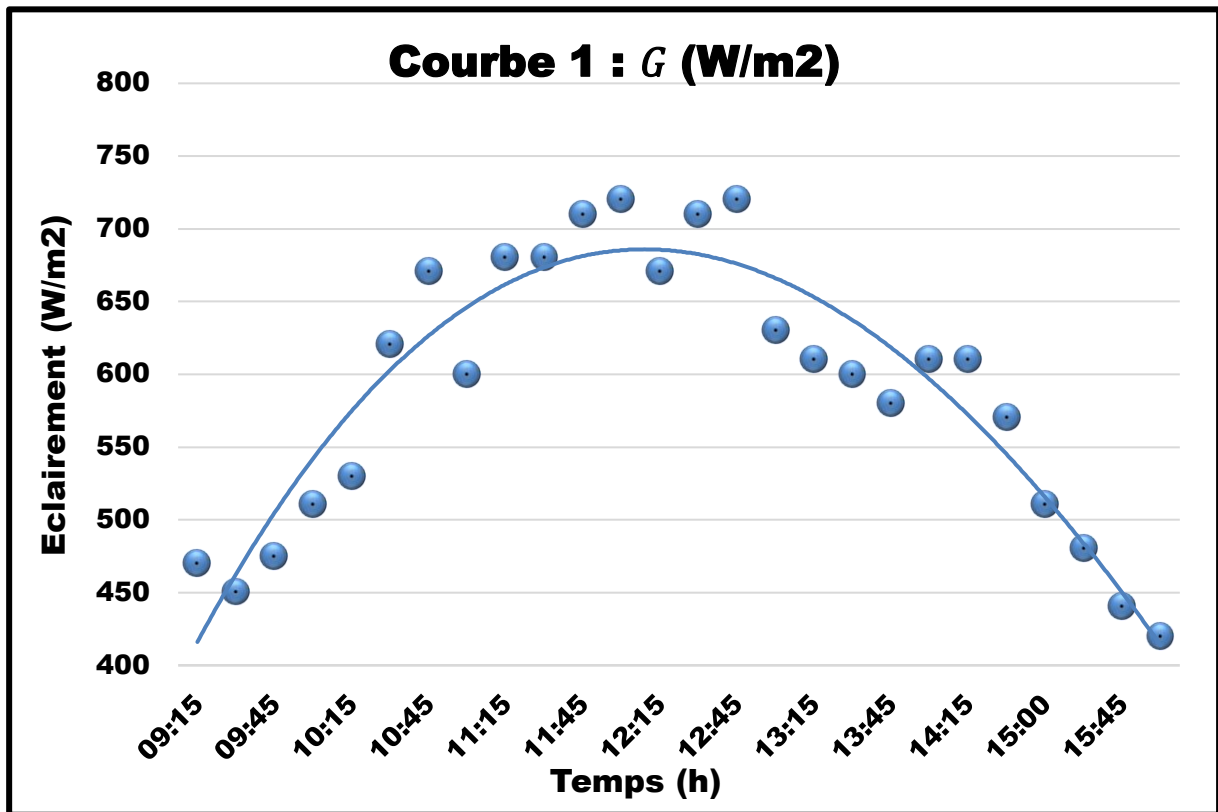


Figure.IV.1.Lesvariationsdel'éclairement globalinclinéenfonctiondetemps.

#### IV.4.2 Lesvariationsdelatempératuredescomposantesenfonctiondetemps:

Figure IV.2. affiche Lesvariationsdelatempératuredescomposantesenfonctiondetemps. Les performances du système ont été étudiées pendant un jour.

Les résultats de la figure IV.2. montre une légère augmentation de la température de  $T_e$  et de  $T_{iso}$  au fil du temps, tandis que l'on remarque une forte augmentation de la température de  $T_s$ , atteignant la valeur maximale de 65 à 13:15 heures.

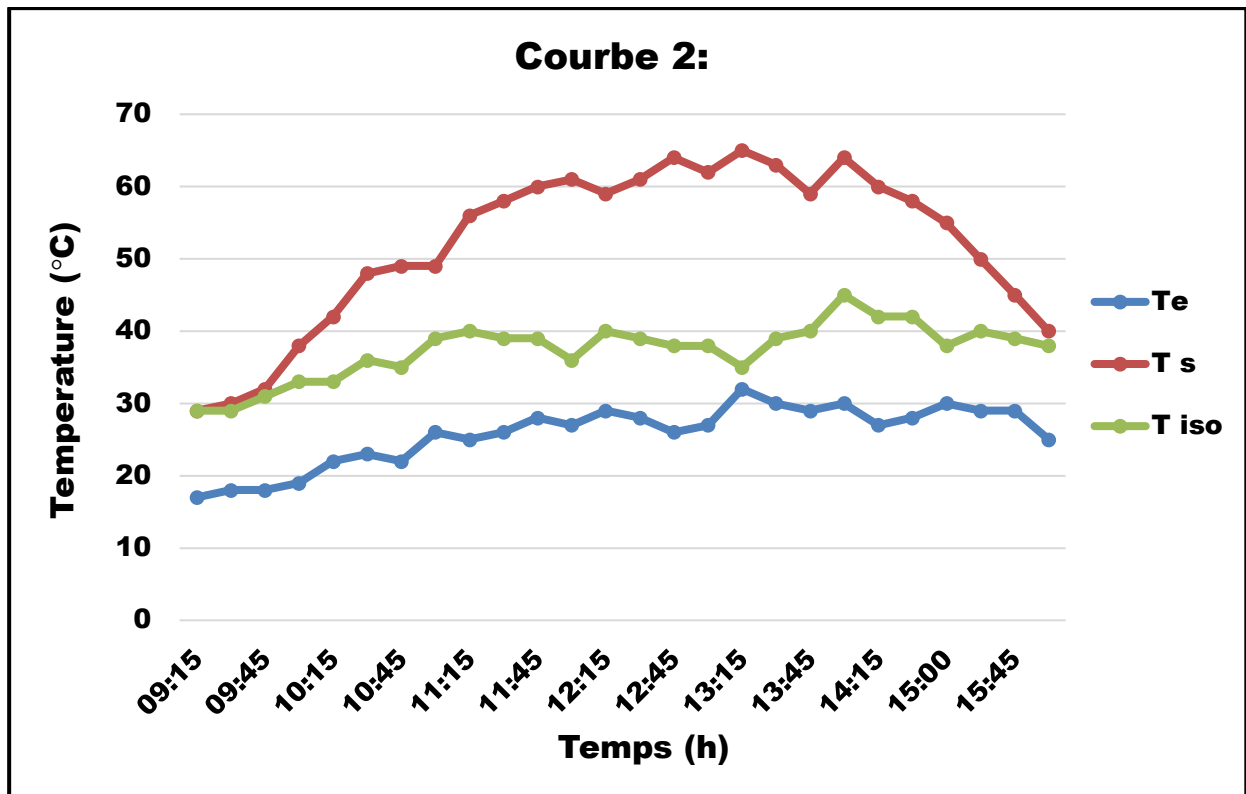


Figure.IV.2.Lesvariationsdelatempératuredescomposantesenfonctiondetemps.

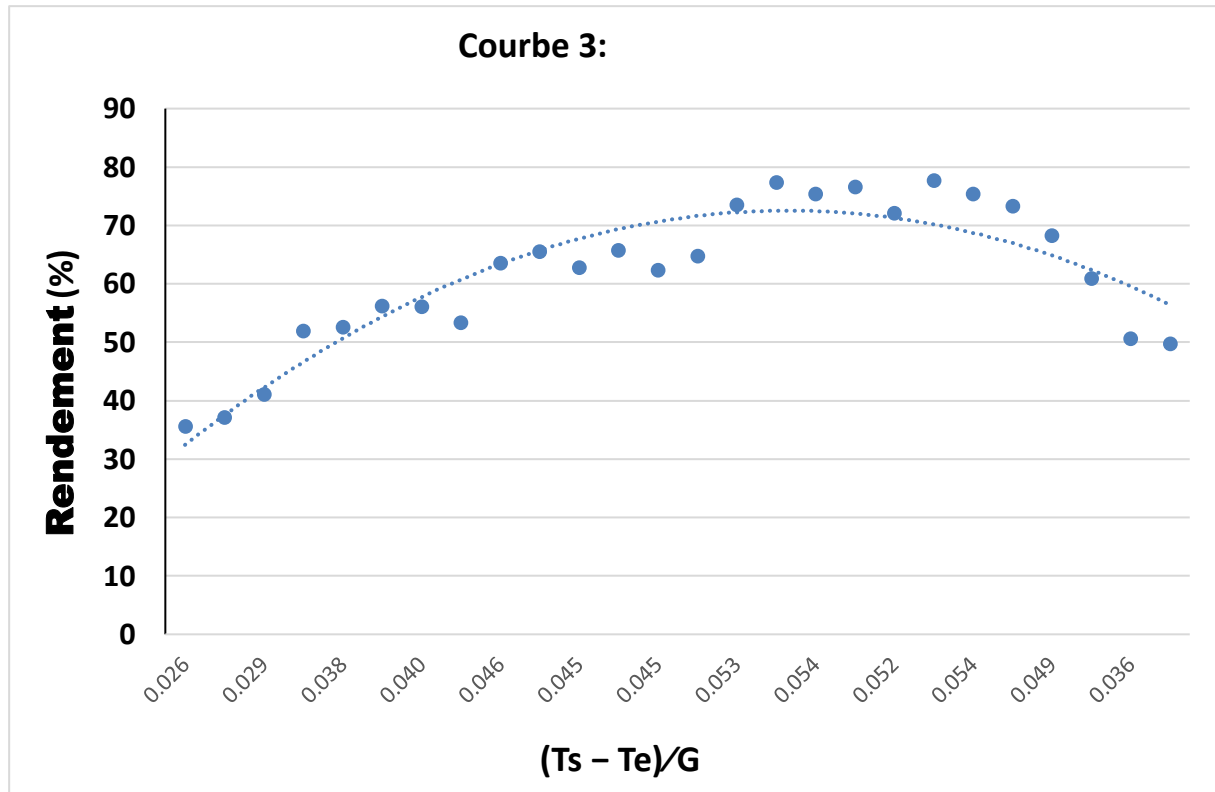
#### IV.4.3 L'évolutionderendementenfonctionde(Ts-Te)/G:

Figure IV.3.afficheL'évolutionderendementenfonctionde(Ts-Te)/G. Les performances du système ont été étudiées sur une heure.

Les résultats de la FigureIV.3. ont montré que larelationderendement instantané

$\eta = \frac{\dot{m} \times C_p \times (T_s - T_e)}{G \times S}$  et le débit est fixe 0,0032 L/s, la chaleur spécifique de l'eau  $C_p$  est constante = 4181 J/Kg.°C et la surface S aussi constante = 0,96 m<sup>2</sup>, donc le seul variable est la différence de température entre l'entrée et la sortie et l'eclairment. La courbe selon la foreme mathématique Y= A x ( fonction de ligne droite comme notre courbe ), pour l'assimilation de cette fonction et notre courbe : poser Y=  $\eta$ , A=  $\frac{\dot{m}C_p}{S}$ , et x =  $\frac{(T_s - T_e)}{c}$  c'est une interprétation mathématique.

Dans la réalité, l'eclairment est controler par le rendement et le (Ts\_Te) par ce que toute foi l'éclairment augmente donc la plaque absorbante absorber plus des ryonnements solaire qui transerformer en chaleur, cette chaleur augmenter la température de sortie (Ts\_Te) donc automatiquement le rendement aussi augmenter.



**Figure.IV.3.**L'évolutionderendementenfonctionde $(T_s - T_e)/G$

#### IV.4.4 Lavariationderendementinstantanéenfonctiondetemps:

La figure IV.4.affiche lavariationderendementinstantanéenfonctiondetemps.

Les résultats de la FigureIV.4. ont montré que la valeur maximale de rendement instantané est

77% en 13 :00. Estminimal 35%en09 :00 et commencer d'augmentation au cours de temps à cause de la supposition detempslocalquivarieentre09 :00et13 :00,cardanscettepériodel'éclairémentaugmenteraussi(nousmontronsdansl'analysedecourbe(VI-1) $G=f(t)$

après13 :00 le rendement diminue aucours de temps jusqu'à 49% en 16 :00. Onobserverquelatempératureambianten'influeplusdanslerendementàcausedel'isolation thermique.

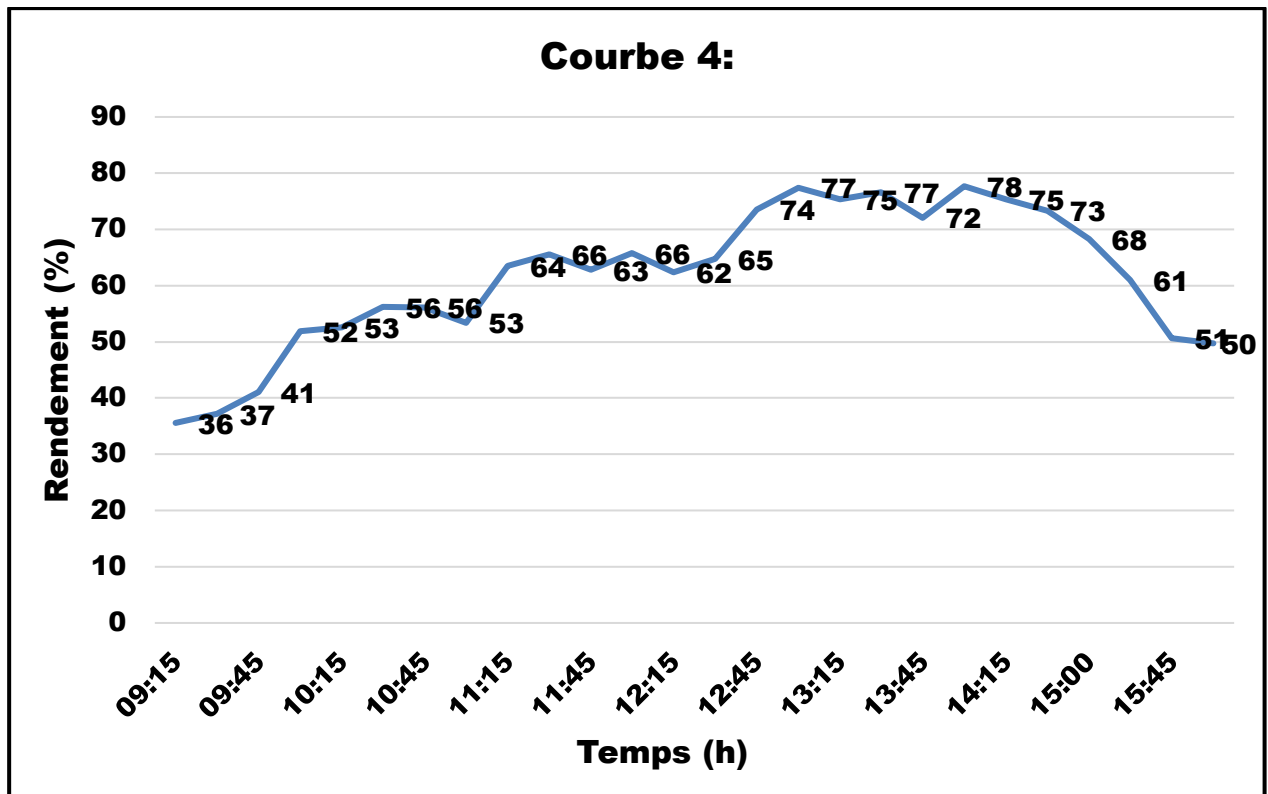


Figure.IV.4.Lavariationderendementinstantanéenfonctiondetemps

#### IV.5. Conclusion

Dans ce chapitre et sur la base des analyses et des résultats que nous avons obtenus dans les conditions de base des régions chaudes et sèches, en particulier la région de Ouargla, nous avons obtenu des résultats très positifs qui nous ont donné une bonne impression de la possibilité d'appliquer le système de chauffage utilisant le capteur solaire dans notre région, en tenant compte des conditions environnementales.



## **Conclusion générale**

Dans ce travail, nous avons présenté une étude sur la réalisation du complexe solaire thermique.

L'objectif principal de cette étude est d'améliorer la performance énergétique du capteur solaire dans les régions arides et arides comme la région de Ouargla, où le climat est chaud et sec en été et le climat froid et sec en hiver, avec des températures atteignant parfois environ 51,3 degrés Celsius.

Pour commencer, nous avons présenté une revue bibliographique simple et claire des derniers travaux qui ont été réalisés dans la littérature dans le domaine de l'énergie thermique et des énergies renouvelables. Grâce à cette étude, il s'est avéré que la littérature étudiait le système de chauffage dans les régions chaudes et ne se préoccupait pas de l'entretien du capteur solaire permanent.

Ensuite, nous avons ensuite mis en pratique notre système expérimental dans divers contextes climatiques et environnementaux, suivi d'une série d'expériences visant à définir les paramètres nécessaires pour son bon fonctionnement.

Enfin, le dernier chapitre est consacré à la présentation et à l'interprétation des résultats obtenus, puis à la vérification des résultats numériques avec les résultats expérimentaux trouvés dans la littérature.

De l'analyse des résultats obtenus, il ressort les points suivants :

- La température de  $T_s$  est affectée par l'éclairement lors du fonctionnement du capteur solaire car plus l'éclairement est élevée, plus la température est élevée, enregistrant ainsi un rendement plus élevé.
- La température de la  $T_s$  élevée a été enregistrée pendant la durée des travaux du capteur solaire, indiquant l'efficacité ce capteur.
- Efficacité affectée par la température instantanée de sortie ( $T_s_{Te}$ ).

A travers cette étude, nous avons installé un capteur solaire qui chauffe l'eau. Nous avons fait une expérience avec de l'eau distillée. Nous avons prévu de travailler avec trois types de liquides (eau distillée, huile et eau du robinet), puis de les comparer pour choisir le liquide le plus performant. Nous étions particulièrement intéressés par l'eau du robinet en raison de son abondance, de sa bonne capacité de transfert de chaleur et de son faible coût.

Cependant, faute de temps et de ressources, nous n'avons pas pu réaliser d'expériences avec d'autres liquides. Malgré cela, nous avons obtenu des résultats globalement satisfaisants en termes de performances. Concernant les mesures, nous n'avons pas pu mesurer la température du verre et de la pipette en raison du manque d'appareils de mesure disponibles à l'université.

Le cœur de cette recherche était l'application de l'intelligence artificielle à la maintenance des capteurs solaires. L'idée était de détecter et d'éviter l'accumulation de calcaire à l'intérieur des tubes en surveillant en permanence le fluide en circulation. Pour cela, nous avons besoin de plusieurs appareils, notamment des cartes Arduino pour programmer la surveillance de la croissance des stalactites, ainsi que des capteurs pour détecter les zones de dépôt de stalactites.

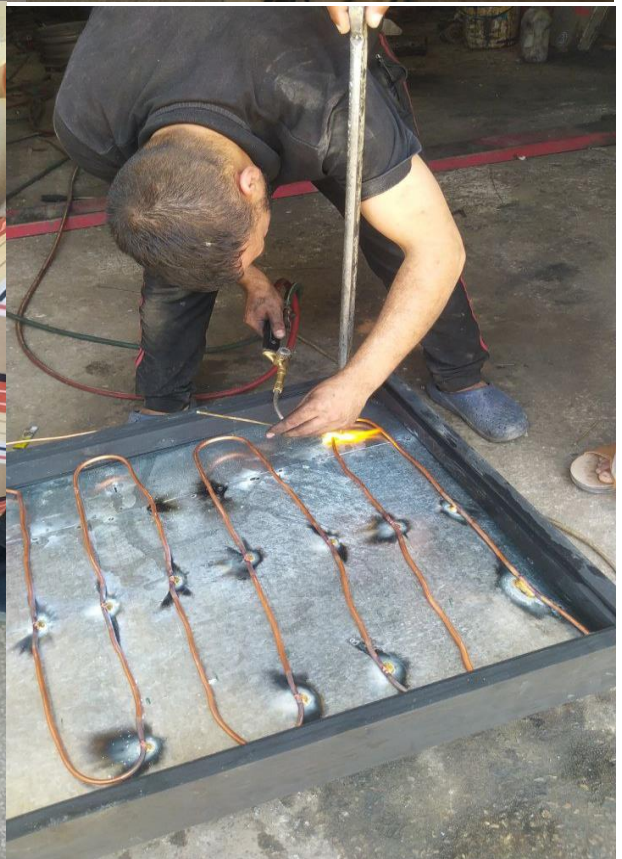
Malheureusement, en raison de contraintes budgétaires et de temps, nous n'avons pas pu poursuivre cette partie de l'étude. Toutes les dépenses étaient entièrement à la charge de l'étudiant, et il n'a pas pu réunir les fonds nécessaires pour poursuivre cette étape de recherche.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **K. Salima**, "Etude théorique et numérique des systèmes couples, distillateur plan-captteur et distillateur hotbox-captteur". Thèse de magister (2009).
2. **D. Ababsa**, Optimisation du rendement d'un capteur Solaire par minimisation des pertes convectives. Mémoire de Magistère, la faculté des sciences-département de physique de Batna, (2010).
3. **Romaine Guillo**, écosource, Les Centrales Solaires à Miroir de Fresnel.
4. De Paepe, **M. and A. Janssens**, *Thermo-hydraulic design of earth-air heat exchangers*. Energy buildings, 2003. **35**(4): p. 389-397.
5. **A. H. Khedim**, Energie solaire et son utilisation sous forme thermique et photovoltaïque, Centre de Publication Universitaire. (2003).
6. **S.M.E. BEKKOUCHE**. Modélisation du comportement thermique de quelques dispositifs solaires; thèse de doctorat, Université de Tlemcen. (2009).
7. **J. Bernard**. Energie solaire calculs et optimisation, Ellipse Edition Marketing. (2004)..
8. **A. Sfeir** ; G, Guarracino. Ingénierie des systèmes solaires, Technique et Documentation, Paris. (1981).
9. **Bernard, J.**, Energies solaire calcul et optimisation, Ellipse Edition Marketing, 2004.
10. M, Ahmadlouydarab., et al., *Experimental study on cylindrical and flat plate solar collectors' thermal efficiency comparison*. Renewable Energy 190 (2022) 848e864.
11. BELLOUFI, Y., *Etude théorique et expérimentale de l'exploitation de la géothermie dans le réchauffement ou le refroidissement d'un fluide caloporteur utilisé pour le confort thermique de l'habitat*. 2017, Université Mohamed Khider-Biskra.
12. Belloufi, Y., et al., *Theoretical and experimental study of air refresh by a geothermal heat exchanger air/ground*. Larhyss Journal, 2016(25): p. 121-137.
13. M, Ahmadlouydarab., et al., *Experimental study on cylindrical and flat plate solar collectors' thermal efficiency comparison*. Renewable Energy 190 (2022) 848e864.
14. S. Aghakhani., et al., *Numerical and experimental study of thermal efficiency of a spiral flat plate solar collector by changing the spiral diameter, flow rate, and pipe diameter*. Energy Sources, Sustainable Energy Technologies and Assessments 53 (2022) 102353.
15. M. Bagher Sarasar., et al., *The effect of vortex generator insert and TiO<sub>2</sub>/Water nanofluid on thermal efficiency and heat transfer of flat plate solar collector*. Sustainable Energy Technologies and Assessments 53 (2022) 102617.
16. Lan Xu. et al, *Numerical investigating the effect of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-water nanofluids on the thermal efficiency of flat plate solar collectors*. Energy Reports 8 (2022) 6530–6542.
17. Singh, R., et al., *Recent advancements in earth air tunnel heat exchanger (EATHE) system for indoor thermal comfort application: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018. **82**: p. 2162-2185.
18. M.F.I. Al Imam., et al., *Effect of novel phase change material (PCM) encapsulated design on thermal performance of solar collector*. Results in Materials 18(2023)10038.
19. António Araújo et al, *Optimization of collector area and storage volume in domestic solar water heating systems with on-off control—A thermal energy analysis based on a pre-specified system performance*. Applied Thermal Engineering 219(2023)119630.
20. T Datong Gao et al. *Investigation of a novel space heating scheme based on a vacuumated flat-plate solar collector and virtual energy storage*. Applied Thermal Engineering 219(2023)119672.

21. E.Vengadesan., et al., *Experimental study on heat storage integrated flat plate solar collector for combined water and air heating in buildings*. Applied thermal Engineering 219(2023)119105.
22. Arunendra K. et al , *TRNSYS simulation of flat plate solar collector based water heating system in Indian climatic condition: Materials Today: Proceedings* 46(2021)5360-5365.
23. Naoum, M. and M.J.R.d.E.R. El Alami, *Numerical study of mixed convection flows in a U-shaped channel*. 2015. **18**(4): p. 633-641.

Annexe











### Résume

L'objectif principal de cette étude est améliorer l'efficacité du capteur solaire utilisé pour le chauffage de l'eau domestique . Un capteur solaire est un système placé à une certaine hauteur au-dessus de la surface qui absorbe le rayonnement solaire et le convertit en chaleur, qui est transférée à un liquide "fluide caloporteur". Dans cette étude, un modèle de capteur solaire a été conçu et plusieurs expériences ont été menées pour améliorer son rendement. Les résultats obtenus ont montré que la différence de température ambiante et d'insolation a un effet significatif sur l'efficacité du capteur solaire.

**Mots clés :** capteur solaire, transfert thermique, énergie renouvelable, fluide caloporteur.

### ملخص

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تحسين كفاءة المجمع الشمسي المستخدم لتسخين المياه المنزلية. المجمع الشمسي هو نظام يوضع على ارتفاع معين فوق السطح يمتص الإشعاع الشمسي ويحوّله إلى حرارة ، والتي يتم نقلها إلى سائل "سائل نقل الحرارة". في هذه الدراسة ، تم تصميم نموذج تجميع الطاقة الشمسية وتم إجراء العديد من التجارب لتحسين كفاءته. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الاختلاف في درجة الحرارة المحيطة والشمس له تأثير كبير على كفاءة المجمع الشمسي. أظهرت النتائج المتحصل عليها أن اختلاف درجة حرارة خصائص التربة لهما تأثير معنوي على الاختلاف في درجة حرارة الهواء عند مخرج المبادل.

**الكلمات المفتاحية:** تجميع الطاقة الشمسية ، النقل الحراري ، الطاقة المتجددة ، سائل نقل الحرارة