

– Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

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

En : Génie Mécanique

Spécialité : Energétique

Par: BEN AHMED Ilyes
AYAD-ZEDDAM Ilyes

Sujet

Réalisation expérimentale et analyse énergétique et exergetique d'un capteur solaire à air à plaque lisse et trapézoïdale

Soutenu publiquement, le 06 / 06 / 2023 , devant le jury composé de :

Mr SAIM Rachid	Pr	Université de Tlemcen	Président
Mme SARI HASSOUN Hind	MAA	Université de Tlemcen	Examineur
Mr GUELLIL.H	MCA	Université de Tlemcen	Encadreur
Mr KORTI A.Nabil	Pr	Université de Tlemcen	Co-Encadreur

Année universitaire : 2022 /2023

ملخص

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو مقارنة أداء الطاقة والإجهاد لمجمع شمسي قائم على الهواء لنوعين من ماصات الطاقة الشمسية: ماص مسطح وامتصاص شبه منحرف. تم فصل هذين النوعين المدروسين على فجوات مختلفة عن الزجاج، مع معدل تدفق هواء جماعي ثابت وإشعاع. أجريت التجارب في نفس الظروف البيئية باستخدام مواد متطابقة. أظهرت النتائج أن جهاز الامتصاص شبه المنحرف تفوق على جهاز الامتصاص المسطح من حيث الكفاءة الحرارية. ومع ذلك، سجلت الفجوة 12 سم بين الماص شبه المنحرف والزجاج كفاءة حرارية قصوى بلغت 61٪، بينما سجلت الفجوة 6 سم بين الماص المسطح والزجاج كفاءة قصوى بلغت 59٪. كانت الكفاءة الشاقة للممتص شبه المنحرف أعلى بكثير من تلك الخاصة بالممتص المسطح، حيث وصلت إلى 43٪ مقارنة بـ 25٪ فقط للممتص المسطح باستخدام الفجوات المذكورة أعلاه. كشفت الدراسة أيضاً أن الشكل شبه المنحرف يزيد من مساحة سطح التبادل، مما يسمح بامتصاص أكبر للإشعاع الشمسي، ويؤدي إلى اضطراب الهواء في مجال التدفق، مما يعزز الأداء المفرط للمجمع الشمسي. يمكن أن توفر هذه النتائج رؤى قيمة لتصميم وتحسين مجمعات الطاقة الشمسية لتحسين أدائها الحراري والحيوي.

كلمات مفتاحية: مجمع الهواء الشمسي، ممتص مسطح، ممتص شبه منحرف، اختلاف درجة الحرارة، كفاءة الأداء

الأكزرجي، كفاءة الأداء الطاقوي

Abstract

Abstract

The main objective of this study is to compare the energy and exergy performances of an air-based solar collector for two types of solar absorbers: a flat absorber and a trapezoidal-shaped absorber. These two studied types are spaced at different gaps from the glazing, with constant mass airflow rate and radiation. The experiments were conducted under the same environmental conditions using identical materials. The results showed that the trapezoidal absorber outperformed the flat absorber in terms of thermal efficiency. However, the 12 cm gap between the trapezoidal absorber and the glazing recorded a maximum thermal efficiency of 61%, while the 6 cm gap between the flat absorber and the glazing recorded a maximum efficiency of 59%. The exergetic efficiency of the trapezoidal absorber was significantly higher than that of the flat absorber, reaching 43% compared to only 25% for the flat absorber using the aforementioned gaps. The study also revealed that the trapezoidal shape increases the exchange surface area, allowing for greater absorption of solar radiation, and induces air turbulence in the flow field, which enhances the exergetic performance of the solar collector. These results could provide valuable insights for the design and optimization of solar collectors to improve their thermal and exergetic performances.

Keywords: solar air collector, flat absorber, trapezoidal absorber, temperature difference, exergy efficiency, energy efficiency

Dédicaces

Résumé

L'objectif principal de la présente étude est de comparer les performances énergétiques et exergetiques du capteur solaire à air pour deux types d'absorbeurs solaires: absorbeur plat avec le même absorbeur équipé de formes trapézoïdales. Ces deux types étudiés, sont espacés du vitrage à différents écarts pour un débit d'air massique et un rayonnement constants. Les expériences ont été menées dans les mêmes conditions environnementales avec les mêmes matériaux. Les résultats ont montré que l'absorbeur trapézoïdal était plus performant que l'absorbeur plat en termes d'efficacité thermique. Cependant, l'écart de 12 cm entre l'absorbeur trapézoïdal et le vitrage a enregistré une efficacité thermique maximale de 61%, tandis que l'écart de 6 cm entre l'absorbeur plat et le vitrage a enregistré une efficacité maximale de 59%. L'efficacité exergetique de l'absorbeur trapézoïdal était significativement supérieure à celle de l'absorbeur plat, atteignant 43% via seulement 25% pour l'absorbeur plat selon les écarts cités précédemment. L'étude a également révélé que la forme trapézoïdale augmente d'une part la surface d'échange permettant une plus grande absorption du rayonnement solaire ; et induit d'autre part, une turbulence de l'air dans le champ d'écoulement, ce qui améliore les performances exergetiques du capteur solaire. Ces résultats pourraient fournir des informations précieuses pour la conception et l'optimisation des capteurs solaires afin d'améliorer leurs performances thermiques et exergetiques.

Mots clés : capteur solaire à air, absorbeur plan, absorbeur trapézoïdal, différence de température, efficacité exergetique, efficacité énergétique.

Dédicaces

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma chère mère

A mon cher père

A mes frères et mes sœurs

A toute ma famille Ayad Zeddami

A mon encadreur **Mr Guellil Hocine** et co-encadrant **Mr. KORTI Abdelillah** et tous les

personnes qui ont contribué dans ce travail : **B. Oussama, B. Hichem, K. Fouad**

A tous mes collègues et mes amis

A tous ceux qui ont sacrifié leur temps pour la science et à tous ceux qui utilisent la science pour

le bien et la prospérité de l'humanité

Ayad zeddami

Dédicaces

Dédicaces

À tous ceux qui ont partagé ce parcours avec moi,
À mes professeurs qui m'ont guidé et inspiré,
À ma famille qui m'a soutenu inconditionnellement,
À mes amis qui m'ont encouragé à persévérer,

Cette dédicace est pour vous, en souvenir de la fin de mes études. C'est un moment empreint d'émotion, de fierté et d'accomplissement. Les années passées à étudier ont été intenses, mais elles ont également été remplies de rencontres enrichissantes, d'apprentissages passionnants et de défis surmontés.

Chaque cours, chaque examen, chaque projet a contribué à ma croissance personnelle et intellectuelle. Les moments de doute et de découragement n'ont fait que renforcer ma détermination à atteindre mes objectifs.

Je tiens à remercier tout spécialement mes professeurs pour leur expertise, leur patience et leur soutien constant. Ils ont été bien plus que de simples enseignants, ils ont été des mentors qui ont su éveiller ma curiosité et m'encourager à repousser mes limites.

Ma famille a été mon pilier tout au long de ce parcours. Leurs encouragements, leurs sacrifices et leur amour inconditionnel ont été mes moteurs. Je leur suis infiniment reconnaissant pour leur soutien indéfectible.

Et à mes amis, ceux qui ont partagé les joies et les peines, les succès et les échecs, je vous remercie d'avoir été là à chaque étape. Votre présence m'a donné la force de persévérer et a rendu cette aventure encore plus mémorable.

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude à mon ami **MAHBOUB AZZEDDINE**, dont l'aide précieuse tout au long de mes 5 années d'études a été d'une valeur inestimable. Sa disponibilité sans faille, sa générosité et sa volonté de m'assister à chaque fois que je lui ai demandé de l'aide ont été d'une grande importance pour moi. Merci pour ton soutien indéfectible et ton engagement à mes côtés.

Enfin, je veux exprimer ma gratitude envers *moi-même*. J'ai travaillé dur, j'ai fait preuve de discipline et de détermination pour arriver jusqu'ici. Je suis fier de ce que j'ai accompli et je suis impatient de voir où cette nouvelle étape de ma vie me mènera.

Que cette dédicace reste gravée dans nos mémoires, témoignant de notre parcours et de notre réussite. Les souvenirs que nous avons créés ensemble resteront à jamais dans nos cœurs.

Merci à tous ceux qui ont contribué à cette réalisation.

Ben Ahmed Ilyes

Remerciement

Remerciements

Nous remercions ALLAH de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience d'accomplir le travail actuel.

Nous tenons à vous exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à **mes parents**. Vous n'avez pas seulement été mes parents, vous avez été mes guides, mes mentors et mes soutiens indéfectibles. Je suis infiniment reconnaissant pour les sacrifices considérables que vous avez consentis et pour les soins constants que vous m'avez prodigués.

Nous tenons à exprimer mes remerciements les plus sincères à **Mr. Guellil Hocine** pour son encadrement inestimable tout au long de ce projet. Sa présence, son soutien et ses conseils judicieux ont été d'une valeur inestimable pour moi. Je suis vraiment reconnaissant d'avoir eu la chance de travailler avec lui.

Je voudrais également adresser mes remerciements spéciaux à **Mr. Korti Nabil Abdelillah**. Ses précieux conseils, ses remarques constructives et ses critiques objectives m'ont aidé à repousser mes limites et à améliorer la qualité de mon travail. Je suis sincèrement reconnaissant pour sa contribution

Nous tenons à remercier, aussi, vivement et respectueusement, **Mr SAIM Rachid** qui nous a fait l'honneur de présider le jury. Nous remercions aussi vivement **Mme SARI HASSOUN Hind** d'avoir bien voulu examiner ce mémoire

Merci à tous les professeurs du département de génie mécanique qui m'ont appris. Enfin, un grand merci à tous ceux qui ont contribué Plus ou moins dans le développement de cet humble projet

Table des matières

Table des matières

Dédicaces	
Remerciements	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	1
Chapitre I: RECHERCHE BIBLIOGRAPHIE	
I.1.Introduction.....	4
I.2.Résultats obtenus par certains chercheurs.....	5
I.1.Conclusion	16
Chapitre II: GENERALITE SUR LES CAPTEURS SOLAIRES	
II.1. Introduction	18
II.2. Différents types de capteurs solaires thermiques	18
II.2.1. Capteurs plans sans vitrage	18
II.2.2. Capteurs solaires plan vitrés	19
II.2.3. Capteurs sous vide	19
II.2.4. Capteurs solaires à concentration	20
II.2.4.1. Concentrateur cylindro-parabolique	20
II.2.4.2. Concentrateur parabolique	21
II.2.4.3. Concentrateur à tour solaire	21
II.2.4.4. Concentrateur linéaire de Fresnel	22
II.3. Types de capteurs solaires plans	22
II.3.1 Capteur solaire plan à eau	22

Table des matières

II.3.1 Capteur solaire plan à air	23
II.4. Composantes d'un capteur solaire plan	24
II.4.1. Absorbeur	24
II.4.2. Couverture transparente	25
II.4.3. Isolation	26
II.4.4. Fluide caloporteur	27
II.4.5. Bilan énergétique	27
II.5. Paramètres et caractéristiques le fonctionnement d'un capteur	29
II.5.1. Paramètres externes.....	29
II.5.2. Paramètres internes.....	29
II.5.2. 1. Paramètres géométriques.....	29
II.5.2. 2. Paramètres de fonctionnement.....	29
II. 6. L'orientation et l'inclinaison du capteur.....	30
II.7. Fiabilité d'un capteur.....	30
II.8. Pertes thermiques dans un capteur solaire.....	31
II.8.1. Pertes par convection	31
II.8.2. Pertes par conduction.....	31
II.8.3. Pertes par rayonnement.....	31
II.9. Domaines d'application des capteurs solaires plans.....	32
II.10. Conclusion.....	32
Chapitre III: PROCEDURE EXPERIMENTALE	
III.1. Introduction.....	34
III.2. Description du capteur solaire.....	34
• Principe de fonctionnement.....	36

Table des matières

III.3. Réalisation du capteur solaire.....	36
III.4. Caractéristiques techniques du capteur solaire à l'air.....	39
III.5. Etalonnage des capteurs.....	41
III.6. Résultats d'étalonnage.....	43
III.7. Positions des thermocouples.....	45
III.8. Réalisation d'une source thermique artificielle.....	45
III.9. Instruments de mesures utilisés.....	48
III.9.1. Solarimètre.....	48
III.9.2. Girouette Anémomètre.....	49
III.9.3. Contrôleur XM-18D.....	50
III.9.4. Contrôleur de tension et d'ampère.....	51
III.10. Conclusion.....	51
Chapitre IV: RESULTATS ET DISCUSSIONS	
IV.1.Introduction	53
IV.2. Analyse de performance thermique.....	53
IV.2.1. Analyse énergétique.....	53
IV.2.2. Analyse exergétique.....	54
IV.3. Résultats et discussions.....	55
IV.3.1. Différentes températures durant les expériences.....	55
IV.3.2. Températures moyenne de l'absorbeur durant les expériences.....	56
IV.3.3. Différence de température entre les deux passages d'air.....	58
IV.3. 4. Différence de température par les deux capteurs solaires.....	62
IV.3.5. Comparaison de la production d'énergie	64

Table des matières

IV.3.6. Analyse de l'efficacité thermique de capteur solaire.....	65
IV.3.7. Analyse de l'exergie et de l'efficacité exergetique.....	67
IV.4. Conclusion.....	70
Conclusion générale.....	72

Références bibliographiques

Résumés

Liste des figures

Liste des figures

Figures	Page
Figure.I.1. Capteur solaire simple et double passe montrant, (a) vue schématique de l'expérimental banc d'essai, (b) canal de passage inférieur et (c) canal de passage supérieur.	5
Figure.I.2. Schéma de principe du capteur solaire à double canal	6
Figure.I.3. (a) Vue en coupe du tube ETC avec TES, (b) schéma du montage	7
Figure.I.4. Vues en coupe des capteurs (a) avec plaque plate (b) avec plaque ondulée trapézoïdale	8
Figure.I.5. Montage expérimental (a) monté avec des thermocouples (b) Plaque absorbante trapézoïdale et graviers	9
Figure.I.6. Vue schématique du capteur solaire à air	10
Figure.I.7. Schéma électrique de l'isolateur (méthode globale)	10
Figure.I.8. Schéma d'un capteur solaire thermique à double passe avec des milieux poreux dans le deuxième canal	11
Figure.I.9. Représentation schématique d'une plaque d'absorbeur rugueuse	12
Figure.I.10. Écart de stockage de matériau	13
Figure. I. 11. Diagramme de disposition des chauffe-eau solaires testés	13
Figure.I.12. Vue schématique d'un capteur à air à couverture combinée plastique-vitre	14
Figure.I.13. (a) : Influence de la hauteur du canal d'écoulement sur les variations horaires de la température de sortie du fluide caloporteur, (b) : Influence de la hauteur du canal d'écoulement sur rendement thermique	15
Figure.I.14. Présentation des six modèles étudiés : (N) sans obstacles, (A) avec des Obstacles rectangulaires et (B) avec des obstacles trapézoïdaux	15
Figure.II.1. Capteur solaire palan sans vitrage	19
Figure.II.2. Schéma d'un capteur solaire plan vitré	19
Figure II.3. Capture solaire sous vide	20
Figure.II.4. Concentrateur cylindro-parabolique	20

Liste des figures

Figure.II.5. Concentrateur parabolique	21
Figure.II.6. Concentrateur à tour solaire	21
Figure.II.7. Concentrateur linéaire de Fresnel	22
Figure.II.8. Principe d'un concentrateur de Fresnel	22
Figure.II.9. Schéma d'un capteur solaire plan à eau	22
Figure. II.10. Chauffe-eau solaire	23
Figure.II.11. Capteur solaire plan à air	23
Figure.II.12. Différents composants d'un capteur plan	24
Figure. II.14. Isolation thermique du boîtier	26
Figure.II.15. Bilan énergétique dans un capteur plan	29
Figure. III.1. Vue générale du capteur solaire à air durant la conception	35
Figure.III.2a. Capteur solaire à air avec absorbeur plat de dimensions 1.20× 0.635	35
Figure. III.2b. Capteur solaire à air avec absorbeur trapézoïdal de dimensions 1.20× 0.7696	35
Figure.III.3a. Entrée d'air par la partie inférieure du capteur	36
Figure.III.3b. Sortie d'air par la partie supérieure du capteur	36
Figure.III.4. Représentation de réalisation de caisson	37
Figure.III.5. Présentation du vitrage à la partie supérieure du caisson	37
Figure.III.6. Support de capteur solaire	38
Figure.III.7. Découpe et peinture des tôles en noire mate	38
Figure.III.8. Outils et matériaux utilisés pour la réalisation du capteur solaire	39
Figure.III.9. Capteurs type K avec têtes plates utilisées aux expériences	41
Figure.III.10. Bain d'eau chaude avec immersion des thermocouples	42
Figure.III.11. Chaîne d'acquisition y compris les modules de type NI (national instruments)	42
Figure.III.12. Représentation des toutes les parties de l'étalonnage	43

Liste des figures

Figure.III.13. Evolution temporelle des capteurs de température destinés aux expériences	43
Figure.III.14. Évolution temporelle des capteurs de température destinés aux expériences sans le capteur 13	44
Figure.II.15. Évolution temporelle des capteurs de température destinés aux expériences sans le N° 13 et le N°1.	44
Figure.III.16. Représentation de montage de source thermique	46
Figure.III.17. Soleil artificiel à 36 lampes y compris la écarts et l'éclairage du panneau solaire	46
Figure.III.18. Expérience d'un absorbeur plat à 16 cm de distance entre le vitrage et les lampes	47
Figure.III.19. Expérience d'un absorbeur trapézoïdale à 16 cm de distance entre le vitrage et les lampes	47
Figure. III.20. Exemple de l'évolution temporelle de différentes températures durant un premier essai	47
Figure. III.20. Solarimètre utilisé (Amprobe Solar-100)	48
Figure. III.21. Anémomètre	49
Figure. III.22. Contrôleur XM-18D	50
Figure. III.23. Contrôleur de tension et d'ampérage WANPTEK KPS3010D	51
Figure.IV.1. Évolution temporelle de différentes températures durant les expériences (9 cm,9cm)	55
Figure.IV.2. Évolution temporelle des températures moyennes de l'absorbeur plat pour les écarts 3, 6, 9 et 12 cm du vitrage	57
Figure.IV.3. Évolution temporelle des températures de l'absorbeur plat et trapézoïdale pour les écarts 3, 6, 9 et 12 cm du vitrage	58
Figure.IV.4. Evolution temporelle des différence de température entre les deux passages d'air de l'absorbeur plat	59
Figure.IV.5. Evolution temporelle des différences de température entre les deux passages d'air pour l'absorbeur plat et trapézoïdale	60
Figure. IV.6. Evolution temporelle des ΔT pour les différents écarts de l'absorbeur plat	62
Figure. IV.7. Evolution temporelle des ΔT pour les différents écarts de l'absorbeur plat et trapézoïdale	63
Figure. IV.8. Evolution temporelle la production d'énergie de l'absorbeur plat pour les écarts 3, 6, 9 et 12cm	64
Figure. IV.9. Evolution temporelle de la production d'énergie de l'absorbeur trapézoïdal pour les écarts 6, 9 et 12cm	64
Figure. IV.10. Comparaison d'énergie pour l'absorbeur plat de 6 cm et l'absorbeur trapézoïdale de 6, 9et 12 cm	65

Liste des figures

Figure. IV.11. Evolution temporelle de l'efficacité de l'absorbeur plat pour les écarts 3, 6, 9 et 12 cm)	65
Figure. IV.12. Evolution temporelle de l'efficacité de l'absorbeur trapézoïdal pour les écarts 6, 9 et 12 cm)	66
Figure. IV.13. Comparaison des efficacités pour l'absorbeur plat à l'écart de 6 cm et l'absorbeur trapézoïdal à l'écart de 12 cm	66
Figure. IV.14. Variation d'exergie pour l'absorbeur plat selon les écarts 3, 6, 9 et 12 cm.	67
Figure. IV.15. Variation de l'efficacité exégétique pour l'absorbeur plat selon les écarts 3, 6, 9 et 12 cm.	68
Figure. IV.16. Variation d'exergie pour l'absorbeur trapézoïdal selon les écarts 6, 9 et 12 cm	69
Figure. IV.17. Variation de l'efficacité exégétique pour l'absorbeur trapézoïdal selon les écarts 6, 9 et 12 cm.	69

Liste des figures

Liste des tableaux

Tableaux	Page
Tableau.II.1. Propriétés de quelques matériaux utilisés comme absorbeurs	25
Tableau.II.2. Caractéristiques thermo-physiques de matériaux métalliques	25
Tableau.II.3. Caractéristiques optiques de quelques verres	26
Tableau.II.5. Propriétés thermiques de quelques matériaux isolants	27
Tableau.III.1. Caractéristiques techniques du capteur solaire à l'air	39
Tableau.III.2. Caractéristiques techniques du solarimètre utilisé	48
Tableau. III.3. Caractéristiques techniques de l'anémomètre	49
Tableau. III.4. Caractéristiques techniques de contrôleur XM-18D	50
Tableau. III.5. Caractéristiques techniques du contrôleur de tension et d'ampère WANPTEK KPS3010D	51

Symbole

Symboles

Symboles	Désignation	Unités
Q^*	Energie solaire absorbée par le capteur	[W]
Q_u	Energie utile emmagasinée dans le fluide caloporteur	[W]
Q_a	Pertes thermiques	[W]
Q_t	Energie d'inertie thermique de l'installation	[W]
η	Rendement d'un capteur plan	%
G^*	Puissance globale reçue par le capteur	[W/m ²]
τ_c^*	Coefficient de transmission solaire de la couverture transparente	%
α_p^*	Coefficient d'absorption solaire	%
K	Conductance thermique du capteur	[W/m]
T_p	Température de l'absorbeur	[°C]
T_a	Température ambiante	[°C]
Q_u	Gain de chaleur utile	[W]
C_p	Chaleur spécifique	[J/(kg. °C)]
T_{out}	Température de sortie	[°C]
T_{in}	Température d'entrée	[°C]
\dot{m}	Débit d'air	[kg/S]
t	Temps	[S]
S	Surface de l'absorbeur	[m ²]
I	Rayonnement solaire	[W/m ²]
η_{th}	Rendement thermique	%
ΔT	Différence de température	[°C]
Δh	Variation d'enthalpie de l'air	[J/kg]
Δs	Changement d'entropie	[J/(kg. K)]

Symbole

$EX_{\text{collector}}$	Exergie de l'absorbeur	[W]
α	Absorption de l'absorbeur	%
τ	Transmission du couvercle en verre	%
T_m	Température moyenne	[°C]
T_{∞}	Température ambiante	[°C]
T_s	Température de l'absorbeur	[°C]
Q_{Solar}	Chaleur reçue par le collecteur	[W]
EX_{air}	Exergie de l'air	[W]
η_{EX}	Rendement exergétique	%

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

Le monde fait face à une demande croissante en matière d'énergie, les combustibles fossiles étant la principale source d'énergie. Cependant, ces combustibles sont limités et contribuent à la pollution environnementale, ce qui menace la durabilité de la planète.

Le besoin de sources d'énergie alternatives et renouvelables n'a jamais été aussi crucial. Parmi ces sources, l'énergie solaire a suscité beaucoup d'intérêt ces dernières années en raison de son abondance et de son caractère respectueux de l'environnement.

Les capteurs solaires sont des dispositifs qui convertissent l'énergie solaire en énergie thermique, qui peut être utilisée pour le chauffage des espaces, le chauffage de l'eau, le séchage, la climatisation...etc. Parmi les différents types de capteurs solaires, on cite le capteur solaire à air qui a suscité un intérêt significatif en raison de sa simplicité, de son coût-effectivité et de son potentiel pour une large gamme d'applications.

Dans le domaine de l'énergie solaire, les concepts d'énergie et d'exergie sont essentiels pour évaluer les performances et l'efficacité des capteurs solaires. L'énergie représente la quantité de travail qui peut être obtenue à partir d'un système donné, tandis que l'exergie représente le travail maximal qui peut être obtenu à partir d'un système à un état donné. Par conséquent, le concept d'exergie fournit une évaluation plus précise de l'efficacité des systèmes de conversion d'énergie, y compris les capteurs solaires.

Dans ce projet de fin d'étude, nous présentons une étude expérimentale d'un capteur solaire à air à double passe muni d'un absorbeur plat et trapézoïdal et positionnés selon différents écarts via le vitrage. L'objectif principal de ce travail est de comparer les performances thermique et exergétique des deux types d'absorbeurs. Les expériences ont été menées dans des conditions intérieures avec une radiation solaire artificielle.

Ce mémoire contient quatre chapitres :

- Le premier chapitre fournit une revue détaillée de la littérature existante sur les capteurs solaires et leurs applications. La revue comprend différents types de capteurs solaires, leurs principes de fonctionnement et leurs caractéristiques de performance. Le chapitre vise aussi à fournir une compréhension globale des antécédents théoriques et de l'état de l'art des capteurs solaires.
- Le chapitre deux représente un aperçu général des capteurs solaires, de leurs composants et de leur classification. Il examine les différents types de capteurs solaires et leurs applications, notamment les capteurs à plaques planes, les capteurs à concentration et les

Introduction générale

capteurs hybrides. Le chapitre met également en évidence les facteurs qui affectent l'efficacité.

- Le chapitre trois décrit la conception et la construction du capteur solaire d'air avec un absorbeur plat et trapézoïdal. Il aborde aussi les matériaux utilisés, les dimensions et le processus d'assemblage du capteur. Le chapitre inclut également la configuration expérimentale et les techniques de mesure utilisées pour évaluer la performance du capteur.
- Dans le dernier chapitre sont présentés les résultats expérimentaux ainsi que les caractéristiques de performances du capteur solaire d'air avec un absorbeur plat et trapézoïdal. Le chapitre analyse la température et l'efficacité exergetique des deux types d'absorbeurs et compare leur efficacité énergétique. Le chapitre se conclut par un résumé des résultats et de leurs implications pour la conception et l'optimisation de capteurs solaires d'air pour diverses applications.

Ce projet de fin d'études vise à fournir des informations utiles pour la conception et l'optimisation de capteurs solaires d'air pour diverses applications. Les résultats obtenus à partir de cette étude pourraient aider au développement de capteurs solaires d'air plus efficaces et rentables, ce qui pourrait contribuer à réduire la dépendance aux combustibles fossiles et à promouvoir des sources d'énergie durables

Chapitre I

Recherche

bibliographique

I.1.Introduction

Le soleil constitue une source d'énergie permettant d'équilibrer la vie de l'homme sur terre. L'utilisation des collecteurs solaires thermiques remonte dans le temps et ils peuvent être classés selon les différentes époques de l'évolution technologique et industrielle.

Vers 212 ans avant Jésus Christ, Archimède avait conçu une méthode de production de chaleur à l'aide de miroirs métalliques. En 1780 l'effet de serre est mis en évidence par un vitrage au-dessus d'un absorbeur dans un caisson isolé. Il faut cependant attendre 1910 pour voir apparaître les premiers chauffe-eaux solaires. Comme beaucoup de filières d'énergies renouvelables, le solaire thermique connaît une phase de croissance importante entre 1973 et 1985 en réaction au choc pétrolier. Mais ce développement rapide, avec des technologies ou des installateurs déficients, a entraîné de nombreuses contre-performances.

À la fin du 18^{ème} siècle, Lavoisier construit un four solaire qui atteint la température de 1800 °C. Pour cela, il concentre les rayons solaires à l'aide d'une lentille à liquide. En 1816, Robert Stirling invente le "moteur à air chaud" (appelé aujourd'hui "moteur Stirling"), à 4 temps qui a révolutionné l'industrie.

Au cours du 19^{ème} siècle, Augustin Mouchot met au point de nombreuses inventions : Pasteurisation solaire, distillation solaire, cuisson solaire, pompage solaire, concentrateur Parabolique alimentant des machines thermiques. Il a mis en place un réflecteur de 5 mètres de diamètre associé à une machine à vapeur qui actionne une presse d'imprimerie.

En 1910, Franck Shuman construit une centrale thermosolaire à taille industrielle et c'est à la fin du 20^{ème} siècle que sont lancés diverses centrales et fours solaires à concentration après 6 différents prototypes, de même, de 1984 à 1991, de nombreuses centrales à miroirs cylindroparaboliques sont apparues [1]

Aujourd'hui, les capteurs solaires plats sont toujours une technologie importante pour exploiter l'énergie solaire. Ils sont utilisés dans diverses applications, y compris le chauffage de l'eau chaude domestique, le chauffage des locaux et le chauffage des processus industriels. Cette bibliographie de recherche vise à fournir un aperçu complet de l'état actuel de la recherche sur les capteurs solaires plats, avec un accent particulier sur les performances thermiques, l'efficacité et la conception de ces systèmes.

La bibliographie comprend des études de recherche, des articles de revues, des actes de conférence et d'autres sources qui étudient les divers aspects de la technologie des capteurs solaires plats. La revue de la littérature est organisée par sujet, chaque section fournissant une analyse détaillée des études et de leurs conclusions. Les informations présentées dans cette bibliographie seront utiles aux chercheurs, ingénieurs et autres professionnels impliqués dans la conception, le développement et la mise en œuvre de capteurs solaires plats pour les applications d'énergie renouvelable

I.2.Résultats obtenus par certains chercheurs

Omojaro et Aldabbagh [4] ont étudié expérimentalement performance d'un CAPTEUR SOLAIRE double et simple passage avec ailettes attachées et en utilisant un treillis métallique comme plaque absorbante comme indiqué sur la Fig.I.1

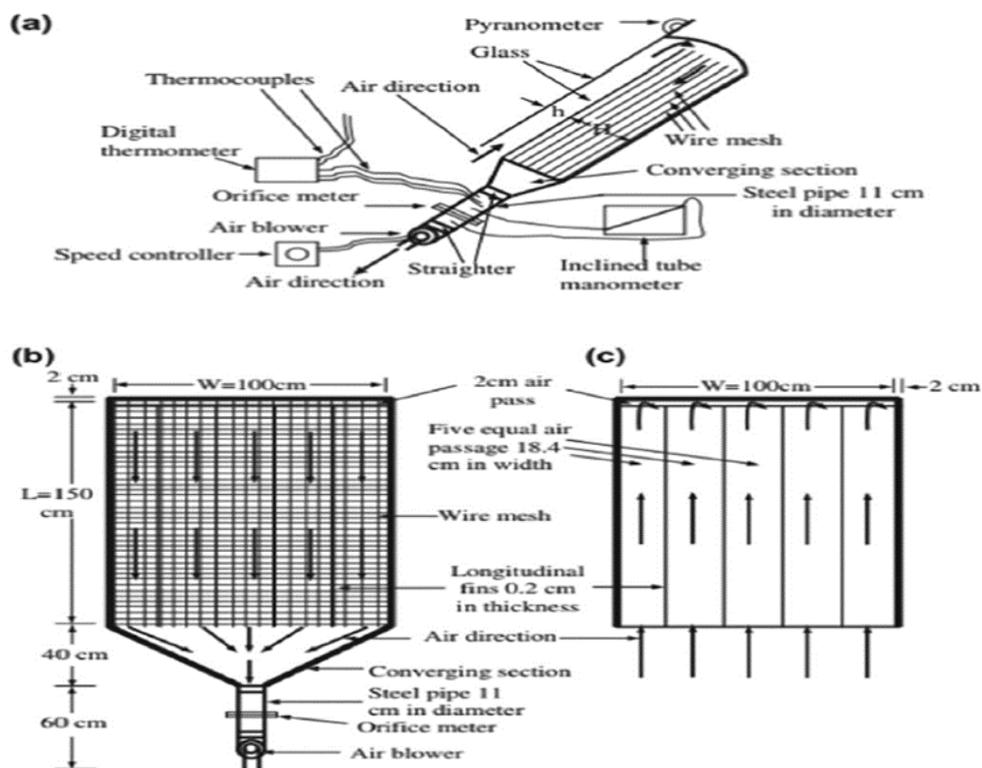


Figure.I.1. Capteur solaire simple et double passe montrant, (a) vue schématique de l'expérimental banc d'essai, (b) canal de passage inférieur et (c) canal de passage supérieur.

Suhaib J. Shbailat [3] Dans cet article présente une étude expérimentale d'un capteur solaire à air avec un double canal et une plaque absorbante ondulée en "V" perforée. L'étude vise à évaluer les performances thermiques et exégétiques du capteur, ainsi qu'à le comparer à un capteur plan.

Le montage expérimental se compose de deux capteurs solaires à air, l'un avec un absorbeur à plaque plate et l'autre avec un absorbeur à double canal avec une plaque ondulée en "V" perforée.

Les deux collecteurs ont les mêmes dimensions et sont testés dans des conditions similaires. Les expériences ont été menées sur une gamme de débits massiques et de niveaux de rayonnement solaire. Les résultats montrent que le collecteur à double canal avec la plaque absorbante ondulée en "V" perforée a une efficacité thermique supérieure à celle du collecteur à plaque plate. L'efficacité thermique du collecteur à double canal s'est avérée supérieure de 39 % à celle du collecteur à plaques planes. De plus, le facteur d'évacuation de la chaleur du capteur à double canal s'est avéré supérieur de 36 % à celui du capteur à plaque plane

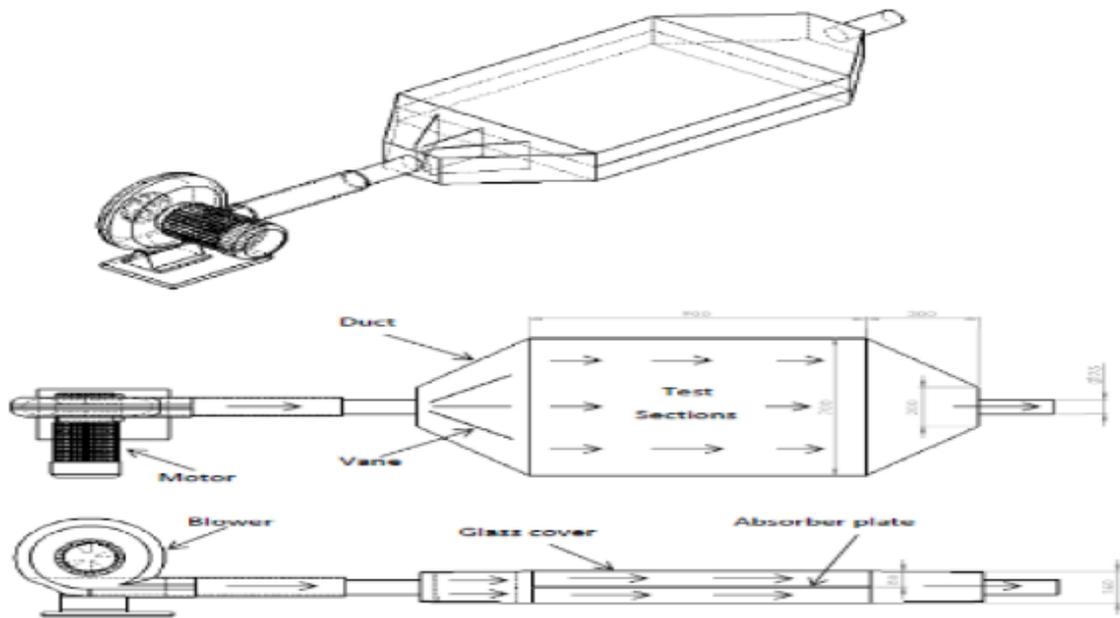


Figure.I.2. Schéma de principe du capteur solaire à double canal

Tyagi, Pandey, Kaushik et Tyagi [4] (2012) présente une étude sur l'évaluation des performances thermiques d'un aérotherme solaire avec et sans stockage d'énergie thermique. Les auteurs ont fabriqué un réchauffeur d'air solaire en utilisant une plaque absorbante avec un revêtement sélectif, un couvercle en verre et un conduit d'air. Le système a été testé dans

différentes conditions de débit massique et d'intensité de rayonnement solaire pour évaluer ses performances thermiques.

Les performances thermiques du réchauffeur d'air solaire ont été évaluées en termes d'efficacité thermique, d'élévation de température et de taux de transfert de chaleur. Les auteurs ont utilisé un thermocouple pour mesurer la température de l'air à l'entrée et à la sortie du réchauffeur et ont calculé l'élévation de température et le taux de transfert de chaleur sur la base de ces mesures. Ils ont également mesuré le débit massique de l'air à l'aide d'un anémomètre et calculé l'efficacité thermique du système en utilisant la première loi de la thermodynamique.

Les auteurs ont constaté que l'incorporation du stockage d'énergie thermique dans le réchauffeur d'air solaire améliorerait considérablement ses performances thermiques. Ils ont testé deux configurations différentes du système : une avec stockage d'énergie thermique et une sans. Le système avec stockage d'énergie thermique consistait en un matériau à changement de phase (PCM) placé entre la plaque absorbante et le conduit d'air. Le PCM a été conçu pour fondre et absorber la chaleur pendant la journée lorsque l'intensité du rayonnement solaire est élevée et libérer la chaleur stockée pendant la nuit ou les jours nuageux lorsque l'intensité du rayonnement solaire est faible.

Les résultats de l'étude ont montré que l'efficacité thermique du chauffe-air solaire avec stockage d'énergie thermique était supérieure à celle du système sans stockage d'énergie thermique. L'élévation de température et le taux de transfert de chaleur du système avec stockage d'énergie thermique étaient également plus élevés que ceux du système sans stockage d'énergie thermique. Les auteurs attribuent ces améliorations à l'utilisation efficace du stockage d'énergie thermique dans le système, qui a permis le stockage et la libération de chaleur selon les besoins.

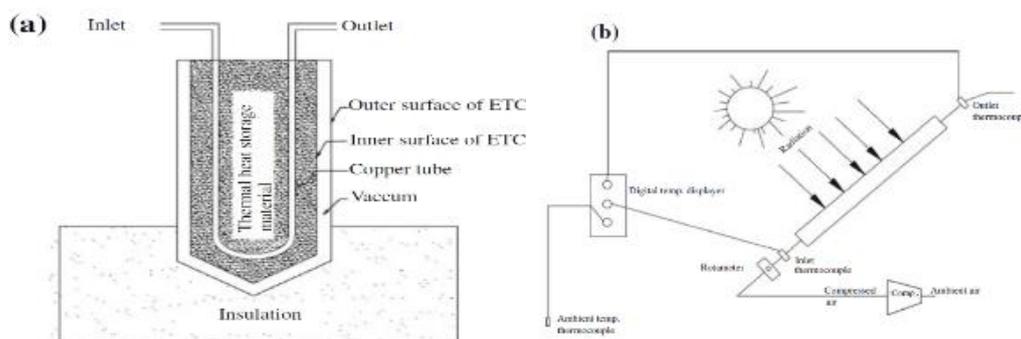


Figure.I.3.(a) Vue en coupe du tube ETC avec TES, (b) schéma du montage expérimental

Selçuk Darici , Anil Kilic [5] ont mené une étude expérimentale pour comparer les performances thermiques des collecteurs solaires d'air avec des plaques d'absorbeur trapézoïdales ondulées et plates. L'étude a été menée à trois débits d'air différents dans les conditions climatiques de Konya, en Turquie. L'objectif était d'évaluer les effets du débit d'air et de la géométrie de la surface de l'absorbeur sur l'efficacité thermique. Les résultats ont montré que le collecteur avec la plaque d'absorbeur trapézoïdale ondulée avait une efficacité thermique journalière moyenne de 14 à 21% supérieure à celle du collecteur avec la plaque d'absorbeur plate en raison d'une surface de transfert de chaleur plus grande et d'effets de turbulence supplémentaires dans l'écoulement. Le collecteur avec la plaque d'absorbeur trapézoïdale ondulée avait également une meilleure performance en termes d'augmentation de température pour l'air dans le collecteur. L'efficacité thermique maximale journalière moyenne du collecteur solaire d'air avec plaque d'absorbeur trapézoïdale ondulée était de 63% pour un débit d'air de 0,044 kg/s. L'étude a conclu que les collecteurs solaires d'air avec des plaques d'absorbeur trapézoïdales ondulées pourraient être utilisés comme source de chaleur importante pour le chauffage de l'espace et le séchage de différents produits agricoles à des températures plus basses

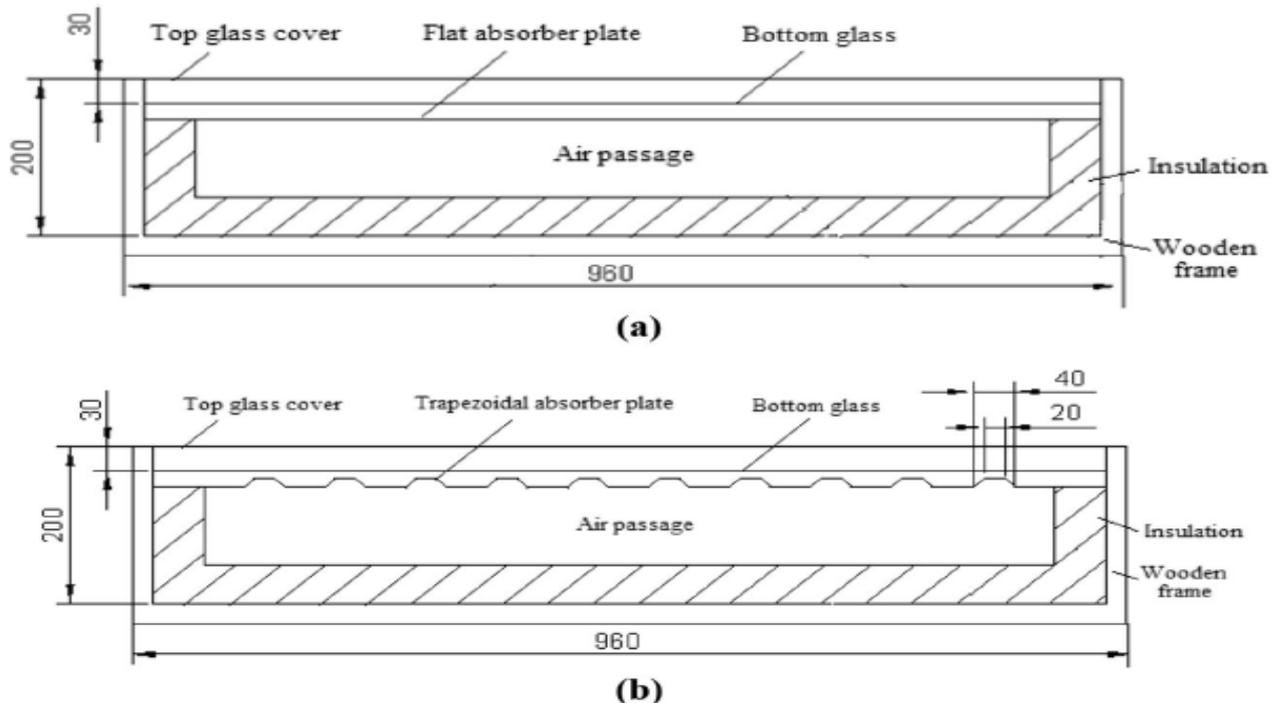


Figure.I.4. Vues en coupe des capteurs (a) avec plaque plate (b) avec plaque ondulée trapézoïdale

D.V.N.Lakshmia ,ApurbaLayekb (2017) [6] ont fait une analyse des performances du capteur solaire ondulé trapézoïdal avec matériau de stockage de chaleur sensible. L'étude expérimentale a comparé les performances d'un aérotherme solaire à absorbeur ondulé trapézoïdal avec matériau de stockage de chaleur sensible (SHSM) à celles d'un capteur à plaque plane et d'un absorbeur ondulé trapézoïdal sans SHSM. Les observations suivantes ont été faites:

La température de l'air de sortie du capteur trapézoïdal était plus élevée que celle du capteur plan.

L'efficacité thermique maximale de l'absorbeur ondulé trapézoïdal était supérieure à celle du collecteur à plaques planes, avec des valeurs de 21,5 % et 15,8 %, respectivement.

L'efficacité exégétique des deux collecteurs s'est avérée faible en raison des pertes d'exergie des différents composants du collecteur.

Le réchauffeur d'air solaire à absorbeur ondulé trapézoïdal avec SHSM avait le rendement thermique le plus élevé, avec des valeurs de 58,16%, ce qui était supérieur à celui du capteur trapézoïdal sans SHSM. L'efficacité exégétique maximale s'est avérée être de 14,6%.



Figure.I.5. Montage expérimental (a) monté avec des thermocouples (b) Plaque absorbante trapézoïdale et graviers

S. Oudjedi et al. [7] ont mené une étude paramétrique d'un capteur d'air solaire planaire pour la dessiccation. Ils montrent que, dans des conditions quasi-stationnaires, l'équation du bilan thermique pour l'ensemble collecteur conduit à une équation différentielle ordinaire du premier ordre. La solution de cette équation différentielle est exprimée sous la forme d'une expression explicite de la température locale du liquide de refroidissement en fonction du flux solaire variant dans le temps. Ils ont également étudié l'effet de divers

paramètres tels que la température d'entrée du fluide, la vitesse du fluide et la hauteur du canal d'écoulement d'air sur l'efficacité thermique du capteur solaire à air

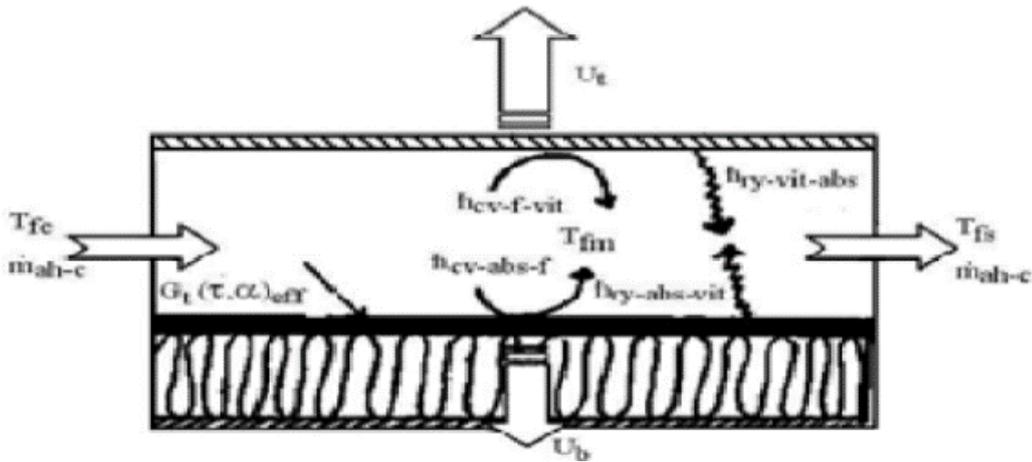


Figure.I.6. Vue schématique du capteur solaire à air

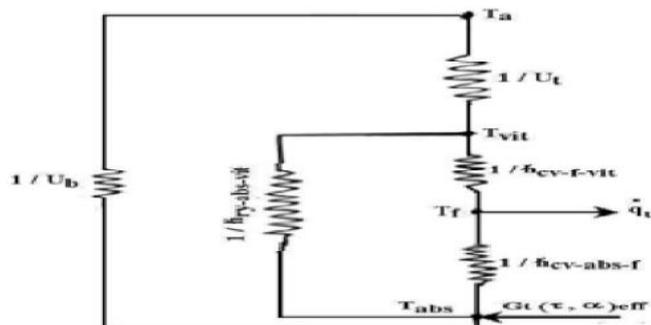


Figure.I.7. Schéma électrique de l'isolateur (méthode globale)

Ils montrent:

- 1- La température de sortie du fluide caloporteur n'augmente pas de manière significative avec l'augmentation de la température d'entrée.
- 2- L'efficacité thermique quotidienne de l'isolant augmente avec l'augmentation de la température d'entrée du fluide.
- 3- L'efficacité thermique quotidienne des capteurs solaires augmente avec l'augmentation de la vitesse de l'air.

K. Sopian et al [8] ont proposé une étude expérimentale du rendement thermique du Capteurs solaires à double canal sans et avec média poreux dans le deuxième canal.

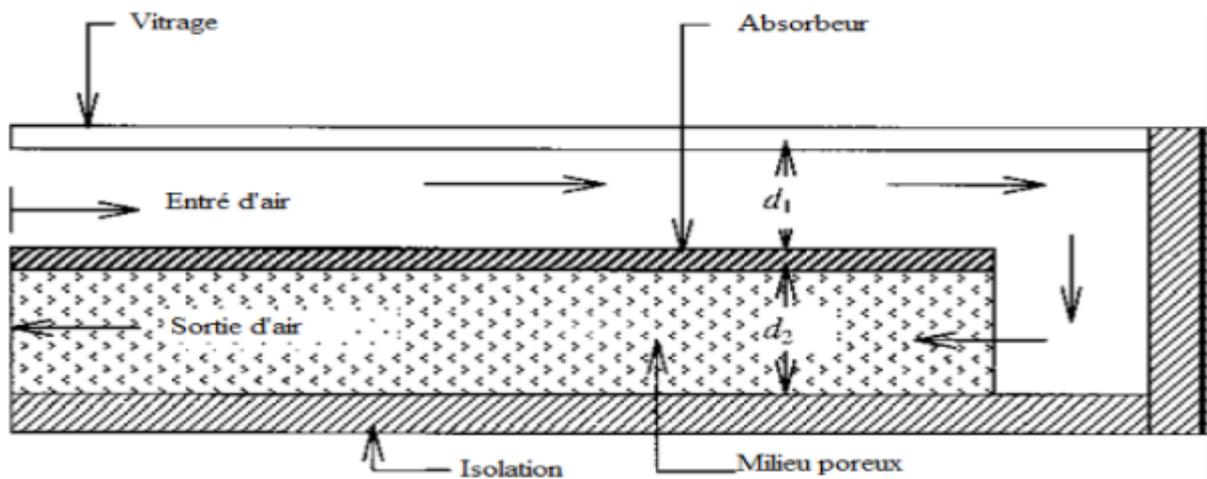


Figure.I.8. Le schéma d'un capteur solaire thermique à double passe avec des milieux poreux dans le deuxième canal

Ils ont étudié l'effet de la variation de la profondeur des canaux supérieur et inférieur L'absence de milieu poreux affecte l'efficacité thermique et le débit d'air, et rayonnement solaire. Ils ont constaté que la présence de milieux poreux augmente la surface le transfert de chaleur augmente ainsi la température de sortie, et le capteur solaire à Le double passage a des performances thermiques supérieures à celles du simple passage. Ce L'efficacité thermique d'un capteur solaire à double canal avec un milieu poreux est Environ 60 à 70 %, soit 20 à 70 % de plus que les capteurs sans support poreux

Ils ont étudié l'effet de la variation de la profondeur des canaux supérieur et inférieur L'absence de milieu poreux affecte l'efficacité thermique et le débit d'air, et Rayonnement solaire. Ils ont constaté que la présence de milieux poreux augmente la surface le transfert de chaleur augmente ainsi la température de sortie, et le capteur solaire à Le double passage a des performances thermiques supérieures à celles du simple passage. Ce L'efficacité thermique d'un capteur solaire à double canal avec un milieu poreux est Environ 60 à 70 %, soit 20 à 70 % de plus que les capteurs sans support poreux.

Yadav and Bhagoria [9] ont proposé un modèle CFD bidimensionnel d'un SAH avec une rugosité de nervures de section triangulaire équilatérale sur la plaque d'absorbeur, Fig. 22. L'étude portait sur l'impact de trois paramètres sur les performances thermohydrauliques d'un chauffe-eau rugueux : le pas de rugosité relative, la hauteur de rugosité relative et le nombre de Reynolds (Re). Les résultats ont montré que le nombre moyen de Nusselt a tendance à augmenter avec l'augmentation de Re dans tous les cas, mais que le facteur de friction moyen

diminue. D'autre part, le nombre moyen de Nusselt et le facteur de friction moyen diminuent avec l'augmentation du pas de rugosité relative à une hauteur de rugosité relative fixe et augmentent à mesure que la hauteur de rugosité relative augmente à une valeur fixe de pas de rugosité relative. Il a été constaté que pour une hauteur de rugosité relative de 0,042 et un pas de rugosité relative de 7,14, l'amélioration maximale du nombre de Nusselt et du facteur de friction s'est produite à Re de 15 000 et 3800, respectivement. L'amélioration maximale du nombre de Nusselt et du facteur de friction par rapport à un conduit lisse a été trouvée être de 3,073 fois et 3,356 fois, respectivement. La valeur du paramètre de performance thermohydraulique varie entre 1,36 et 2,11 pour la plage de paramètres étudiés.

Krishnananth et Kalidasa [10] ont étudié expérimentalement un SAH double passage fabriqué, intégré à un système de stockage thermique. L'étude a été menée en utilisant de la paraffine avec des capsules en aluminium (chacune de 4 cm de diamètre et 60 cm de long) comme milieu de stockage thermique pour différentes configurations. Dans la configuration 1, aucun système de stockage d'énergie thermique n'a été utilisé. La capsule a été placée au-dessus de la plaque absorbante, en dessous de la plaque absorbante et au-dessus de la plaque arrière pour les configurations 2 à 4, respectivement comme indiqué dans la figure 28. Les résultats ont montré une bonne amélioration des performances grâce à l'utilisation de matériaux de stockage d'énergie, en particulier pendant le soir, car lorsque le matériau de stockage d'énergie était utilisé, l'excès d'énergie stocké le matin était libéré pendant le soir. Le SAH avec la configuration 2, avec les capsules au-dessus de la plaque absorbante, avait de meilleures performances que les autres configurations.

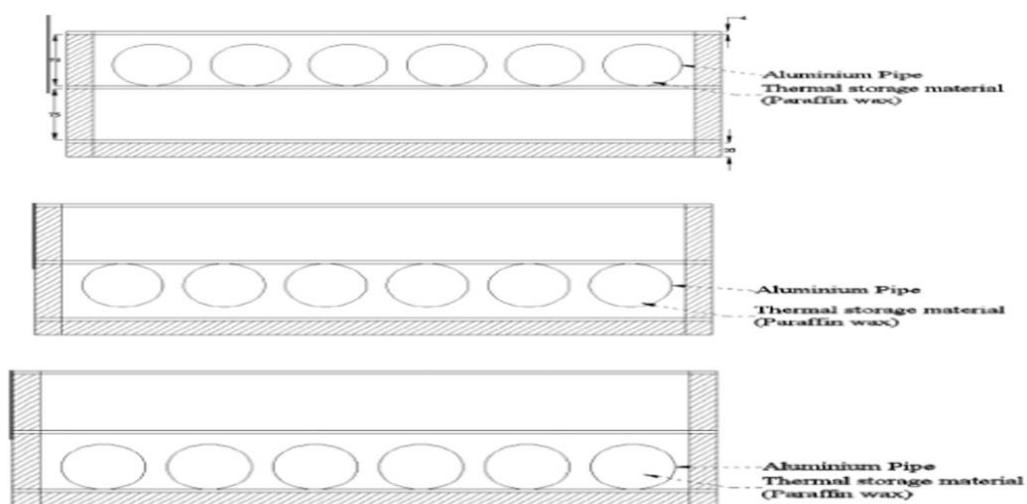


Figure.I.10. Positions de stockage de matériau [26]

Alta et al. [11] ont présenté une étude comparative de trois types différents de SAH avec la configuration indiquée dans la Figure 16. Ils ont conclu que l'efficacité thermique des collecteurs à ailettes est supérieure à celle des SAH sans ailettes car la plus grande irréversibilité se produit dans le chauffe-eau sans ailettes. De plus, les différences de température ont augmenté lors de l'utilisation de couvertures plus transparentes et d'ailettes. De plus, l'augmentation des débits d'air a conduit à l'amélioration de l'efficacité énergétique du chauffe-eau et à la diminution de la différence de température du fluide à un angle d'inclinaison constant

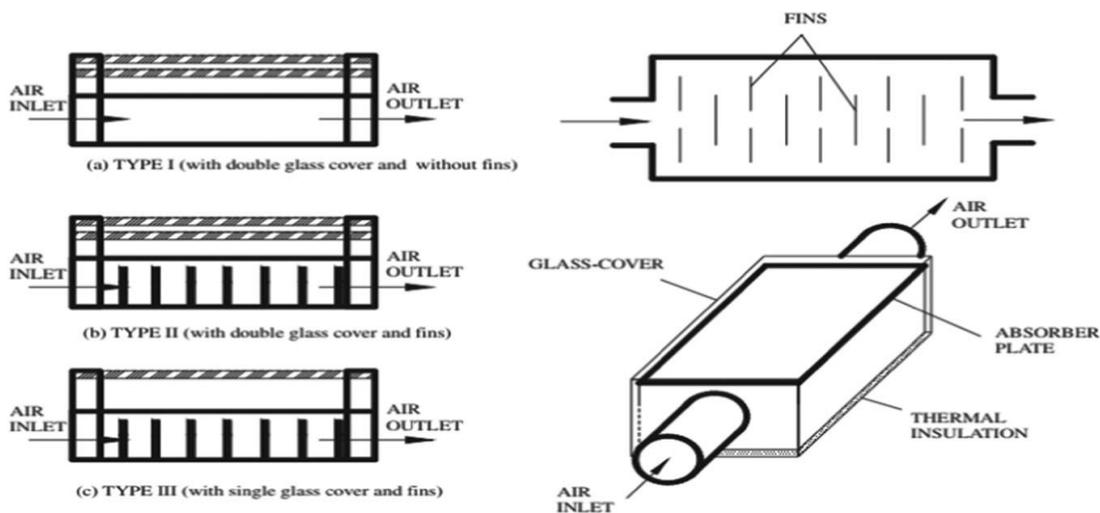


Figure. I. 11. Diagramme de disposition des chauffe-eau solaires testés

D. NJOMO [12] et al. Ont mené une étude approfondie sur un capteur solaire plat à air à couverture combinée plastique-vitre (voir figure I-3) pour analyser l'impact de différents paramètres tels que la température d'entrée du fluide caloporteur, le débit massique de ce fluide et la distance entre l'absorbeur et le système combiné de couvertures sur les performances thermiques du capteur.

Les résultats ont montré que la température de sortie du fluide caloporteur ainsi que le rendement thermique quotidien du capteur diminuent lorsque le débit d'air augmente. En revanche, la température de sortie du fluide caloporteur ne croît pas significativement avec l'augmentation de sa température d'entrée, car les pertes thermiques du capteur augmentent rapidement lorsque la température de l'air à l'entrée augmente. De plus, le rendement thermique quotidien du capteur diminue linéairement avec l'augmentation de la température d'entrée du fluide jusqu'à être annulé

Les chercheurs ont également observé que la température de sortie du fluide caloporteur ainsi que le rendement thermique quotidien du capteur diminuent continuellement lorsque la hauteur

du canal d'écoulement du fluide est augmentée (voir figure I-4). En somme, cette étude de D. NJOMO et al fournit des informations importantes sur les performances thermiques des capteurs solaires plats à air et souligne l'importance de prendre en compte plusieurs paramètres pour optimiser leur fonctionnement.

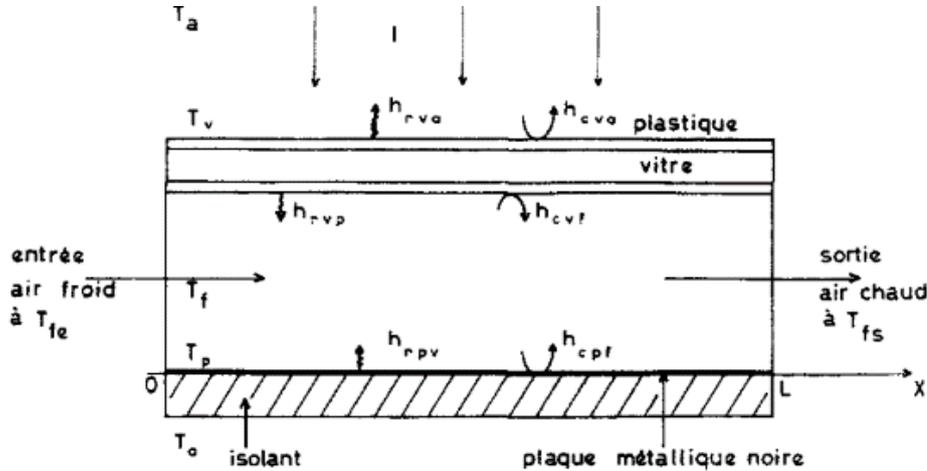


Figure.I.12. Vue schématique d'un capteur à air à couverture combinée plastique-vitre

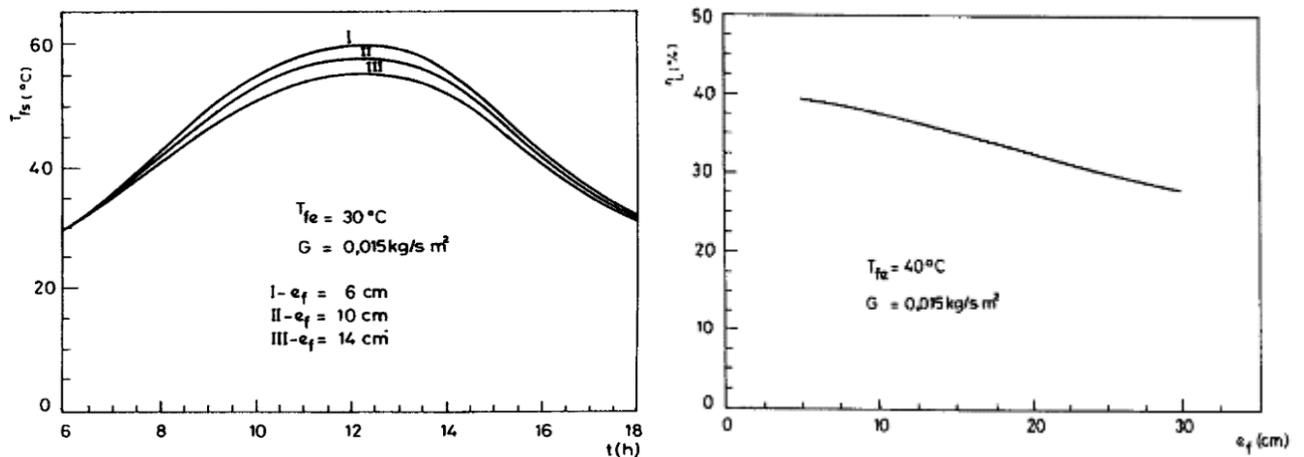


Figure.I.13. (a) : Influence de la hauteur du canal d'écoulement sur les variations horaires de la température de sortie du fluide caloporteur, (b) : Influence de la hauteur du canal d'écoulement sur rendement thermique

Adnane Labeled et Adel Benchabane (2015), [13]. Ont présenté dans L'étude expérimentale de différents capteurs solaires plans à air a montré que l'utilisation de chicane trapézoïdales entraîne une amélioration du rendement en diminuant les sections de passage de l'air et en augmentant le nombre de Reynolds pour un meilleur échange thermique. De plus, les rendements des capteurs dont l'entrée de l'air est par le haut sont plus élevés que ceux dont l'entrée est par le bas en raison de l'importance de la convection naturelle. Les configurations

de chicanes rectangulaires et trapézoïdales ainsi que l'entrée de l'air par le haut apportent une amélioration sensible du rendement des systèmes solaires. Il est possible de classer ces formes de chicanes d'après l'amélioration apportée aux rendements et aux pertes de charge. L'inversion du sens d'écoulement du bas vers le haut présente également une amélioration remarquable du rendement pour le capteur sans chicanes

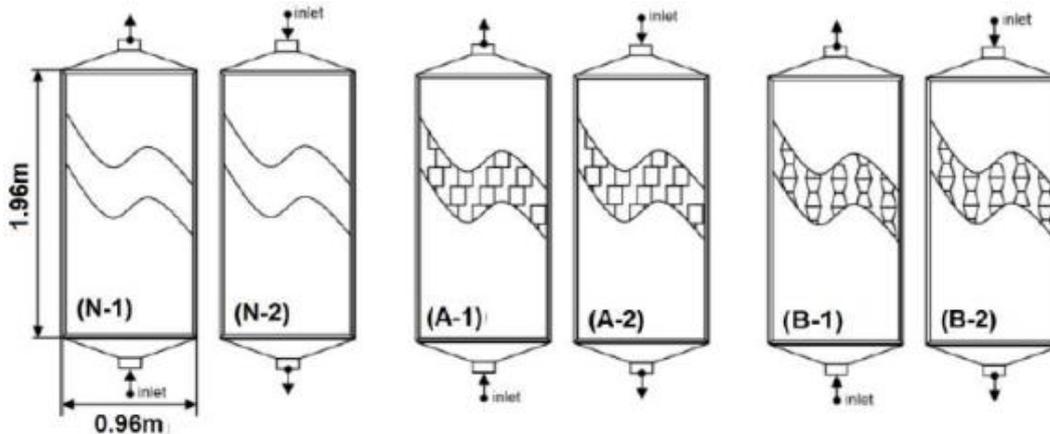


Figure.I.14. Présentation des six modèles étudiés: (N) sans obstacles, (A) avec des obstacles rectangulaires et (B) avec des obstacles trapézoïdaux

S. BABU SASI KUMAR et M. CHINNAPANDIAN 2017[14] l'étude présentée dans ce travail a porté sur les performances d'un capteur solaire plan à air à convection naturelle et forcée. Les résultats ont montré que si l'efficacité du capteur en convection naturelle était plus élevée qu'en convection forcée, la perte de chaleur en convection forcée était considérablement plus faible. De plus, la vitesse moyenne de l'air en convection forcée s'est avérée supérieure d'environ 25 % à celle en convection naturelle, ce qui est crucial dans les séchoirs solaires. Dans l'ensemble.

I.3.Conclusion

En résumé, ce chapitre de recherche bibliographique a fourni un aperçu complet de l'état actuel de la recherche sur les capteurs solaires. Le chapitre a également abordé divers aspects de la performance des capteurs, tels que l'efficacité, la perte de chaleur et le stockage thermique.

La recherche montre que les capteurs solaires sont une source d'énergie fiable et renouvelable qui peut réduire considérablement la dépendance aux combustibles fossiles et atténuer le changement climatique. Bien que les capteurs solaires existent depuis plusieurs décennies, les progrès récents de la technologie et des matériaux ont considérablement amélioré leur efficacité

et leurs performances, ce qui en fait une option plus viable pour une utilisation commerciale et résidentielle.

Cependant, il reste des défis à relever, tels que le coût élevé de l'installation et de la maintenance et l'intermittence de l'énergie solaire. Néanmoins, la recherche et le développement en cours, ainsi que le soutien du gouvernement, devraient encore améliorer la technologie des capteurs solaires, la rendant plus accessible et abordable pour les ménages et les entreprises.

En conclusion, ce chapitre souligne l'importance de la technologie des capteurs solaires en tant que source d'énergie durable et renouvelable, et la nécessité de poursuivre la recherche et le développement pour surmonter les défis et réaliser son plein potentiel

Chapitre II

Généralités sur les capteurs

II.1. Introduction

Les capteurs solaires sont des dispositifs conçus pour convertir le rayonnement solaire en énergie utilisable, principalement sous forme de chaleur. Ils jouent un rôle crucial dans les systèmes solaires thermiques, qui exploitent l'énergie solaire pour le chauffage de l'eau, le chauffage des bâtiments ou d'autres applications thermiques. [15]

L'utilisation de capteurs solaires présente de nombreux avantages, tels que la réduction de la dépendance aux énergies fossiles, la diminution des émissions de gaz à effet de serre et la possibilité de réaliser des économies d'énergie. [15]

II.2. Différents types d'un capteur solaire thermique

Les capteurs solaires peuvent être classés en différentes catégories, notamment les capteurs plans, les capteurs tubulaires, les capteurs à concentration et les capteurs à air. Chaque type de capteur présente des caractéristiques spécifiques et est adapté à des applications particulières. [15]

II.2.1. Les capteurs plans sans vitrage [16]

Les capteurs plans sans vitrage, également connus sous le nom de capteurs plans non vitrés, sont des dispositifs utilisés dans les systèmes solaires thermiques. Ils se composent généralement d'une plaque métallique ou en matière plastique sur laquelle sont fixés des tubes contenant un fluide caloporteur. Contrairement aux capteurs plans vitrés, ces capteurs ne possèdent pas de couche de vitrage sur leur face avant.

Les capteurs plans sans vitrage sont couramment utilisés dans des applications à basse température, telles que le chauffage des piscines extérieures. Ils sont moins coûteux à fabriquer et à installer que d'autres types de capteurs solaires, mais leur efficacité énergétique est généralement plus faible. En raison de l'absence de vitrage, ces capteurs absorbent une quantité significative d'énergie solaire, mais ils peuvent perdre une partie de la chaleur absorbée en cas de vent ou lorsque la température extérieure est basse. Il convient de noter que les capteurs plans sans vitrage peuvent varier en termes de conception et de performance en fonction des fabricants et des spécifications spécifiques. Par conséquent, il est recommandé de se référer à des sources spécialisées et à des rapports techniques pour obtenir des informations précises sur ces capteurs.



Figure.II.1. Capteur solaire palan sans vitrage

II.2.2. Capteur solaire plan vitrés

Les capteurs solaires plans vitrés sont des dispositifs largement utilisés dans les systèmes solaires thermiques pour capturer et convertir l'énergie solaire en chaleur. Ils sont composés d'un absorbeur métallique recouvert d'un vitrage transparent qui permet le passage de la lumière solaire tout en minimisant les pertes de chaleur.

Les capteurs solaires plans vitrés sont utilisés dans une variété d'applications, notamment le chauffage des bâtiments, la production d'eau chaude sanitaire et d'autres utilisations thermiques. Le vitrage avant du capteur permet de réduire les pertes de chaleur par convection et par rayonnement, ce qui améliore l'efficacité énergétique du système.

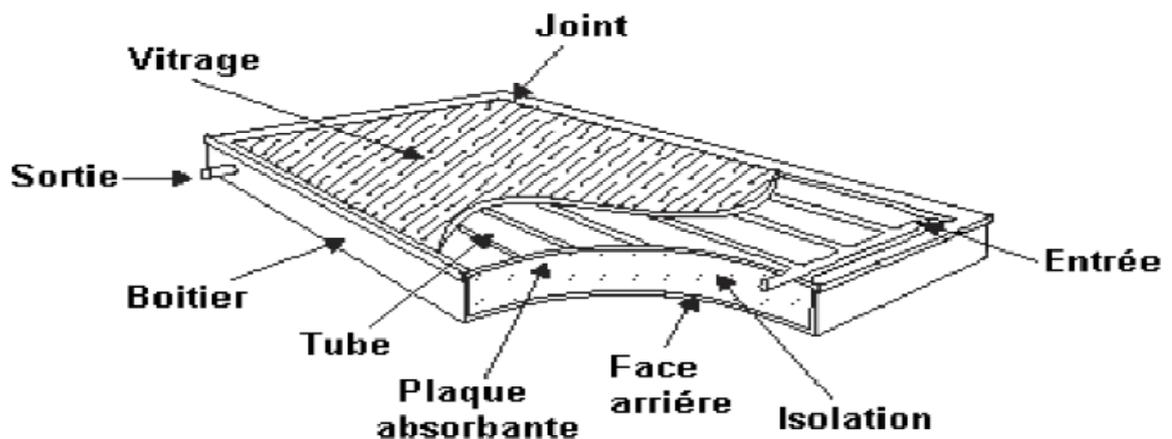


Figure.II.2. Schéma d'un capteur solaire plan

II.2.3. Capteurs sous vide

Les capteurs solaires à tube sous vide sont des dispositifs avancés qui convertissent le rayonnement solaire en énergie thermique avec une meilleure efficacité que les capteurs plans. Ils sont composés de tubes cylindriques contenant un absorbeur sélectif et entourés d'un

cyindre en verre transparent. Un vide est créé entre le tube externe et l'absorbeur interne, ce qui limite les pertes de chaleur. Grâce à un caloduc en cuivre contenant un fluide vaporisé, les capteurs à tubes sous vide peuvent atteindre des températures élevées. Ils sont largement utilisés dans les chauffe-eaux solaires pour fournir de l'eau chaude sanitaire, chauffer des systèmes de chauffage ou des piscines.



Figure II.3. Capteur solaire sous vide

II.2.4. Capteurs solaires à concentration

Au cours des dernières années, il a été démontré que certaines technologies sont capables de concentrer efficacement le rayonnement solaire, tout en étant techniquement et économiquement viables [19].

II.2.4.1. Concentrateur cylindro – parabolique

Le concentrateur cylindro-parabolique est un dispositif utilisé dans les applications de concentration solaire pour collecter et focaliser la lumière solaire sur une ligne de focalisation. Il est composé d'un réflecteur cylindro-parabolique qui possède une section en forme de parabole dans le plan horizontal et une section cylindrique dans le plan vertical. Ce type de concentrateur permet d'obtenir une concentration élevée du rayonnement solaire sur une petite surface, ce qui le rend adapté à des applications telles que la production de chaleur, la génération d'électricité ou la cuisson solaire.



Figure.II.4. Concentrateur cylindro-parabolique

II.2.4.2. Concentrateur parabolique

Un concentrateur parabolique est un dispositif utilisé dans les systèmes de concentration solaire pour focaliser les rayons solaires sur un point focal. Il se compose d'un réflecteur en forme de parabole qui réfléchit les rayons solaires incidents sur une ligne de focalisation. La forme parabolique du réflecteur permet de concentrer la lumière solaire sur une petite zone, générant ainsi une chaleur intense ou une puissance élevée.

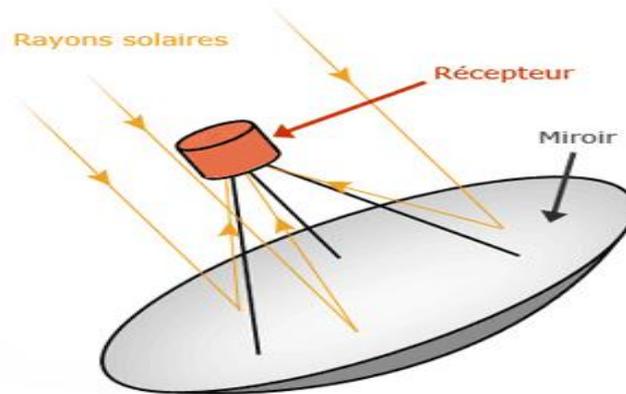


Figure.II.5. Concentrateur parabolique

II.2.4.3. Concentrateur à tour solaire

Un concentrateur à tour solaire, également connu sous le nom de tour solaire ou centrale solaire à tour, est un système de concentration solaire qui utilise de nombreux miroirs (héliostats) pour réfléchir et concentrer les rayons solaires vers une tour centrale. La tour est équipée d'un récepteur où le rayonnement solaire concentré est capté et converti en énergie thermique.



Figure.II.6. Concentrateur à tour solaire

II.2.4.4. Concentrateur linéaire de Fresnel

Un concentrateur linéaire de Fresnel est un dispositif de concentration solaire qui utilise une série de miroirs plats disposés en rangées parallèles pour concentrer les rayons solaires sur un récepteur linéaire. Chaque miroir est incliné de manière à réfléchir la lumière solaire vers le récepteur, où l'énergie solaire est captée et convertie en chaleur



Figure.II.7. Concentrateur linéaire de Fresnel

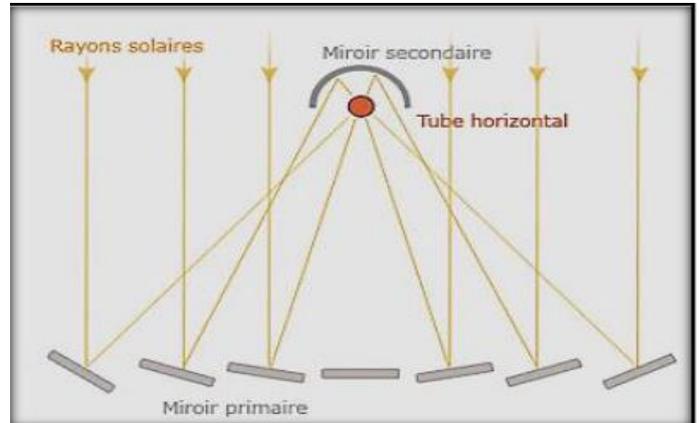


Figure.II.8. Principe d'un concentrateur de Fresnel

II.3. Type de capteur solaire plan

II.3.1 Capteur solaire plan à eau

Les capteurs solaires thermiques à eau sont utilisés pour convertir l'énergie solaire en chaleur en faisant circuler de l'eau ou un liquide caloporteur à travers des tubes en circuit fermé. Pour améliorer leur efficacité, certains capteurs utilisent une configuration "sous-vide" avec des tubes à double paroi créant un effet de serre favorable. Une autre configuration consiste en une simple surface vitrée où l'absorbeur est placé à l'intérieur du tube ou sous la plaque vitrée. Ces

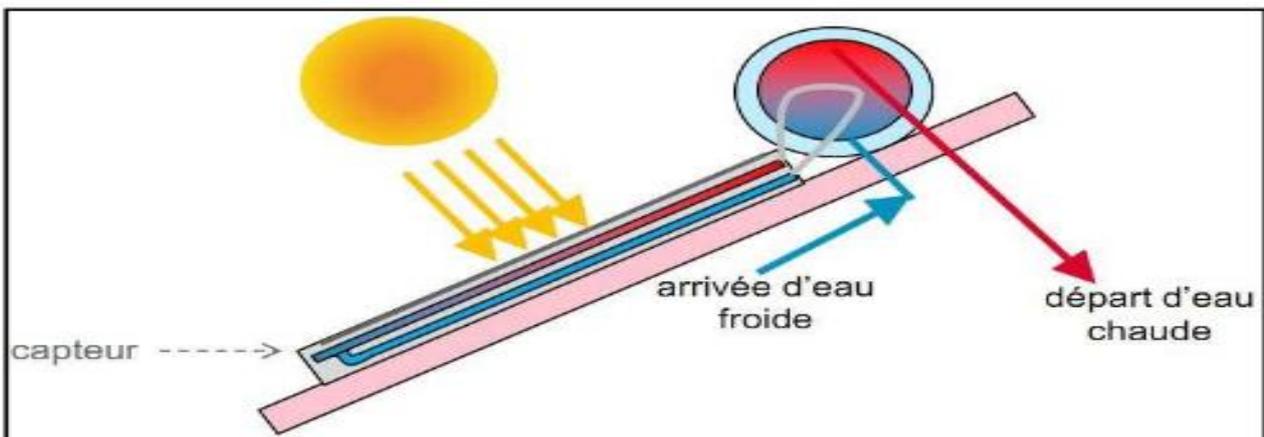


Figure.II.9. Schéma d'un capteur solaire plan à eau

capteurs sont principalement utilisés dans les chauffe-eaux solaires individuels pour produire de l'eau chaude sanitaire de manière durable et économique en utilisant l'énergie solaire.

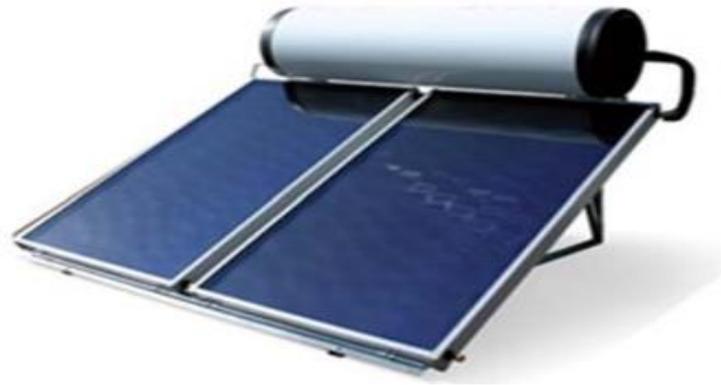


Figure. II.10. Chauffe-eau solaire

II.3.1 Capteur solaire plan à air

À la différence des capteurs solaires à eau où le fluide circule à travers des tuyaux, les capteurs solaires à air utilisent généralement l'espace entre la couverture et l'absorbeur comme conduit d'air. Tout comme pour les capteurs à eau, l'écoulement de l'air peut être forcé ou naturel. Cependant, il est important de noter que le coefficient de transfert de chaleur de l'air est approximativement deux ordres de grandeur plus faible que celui de l'eau.

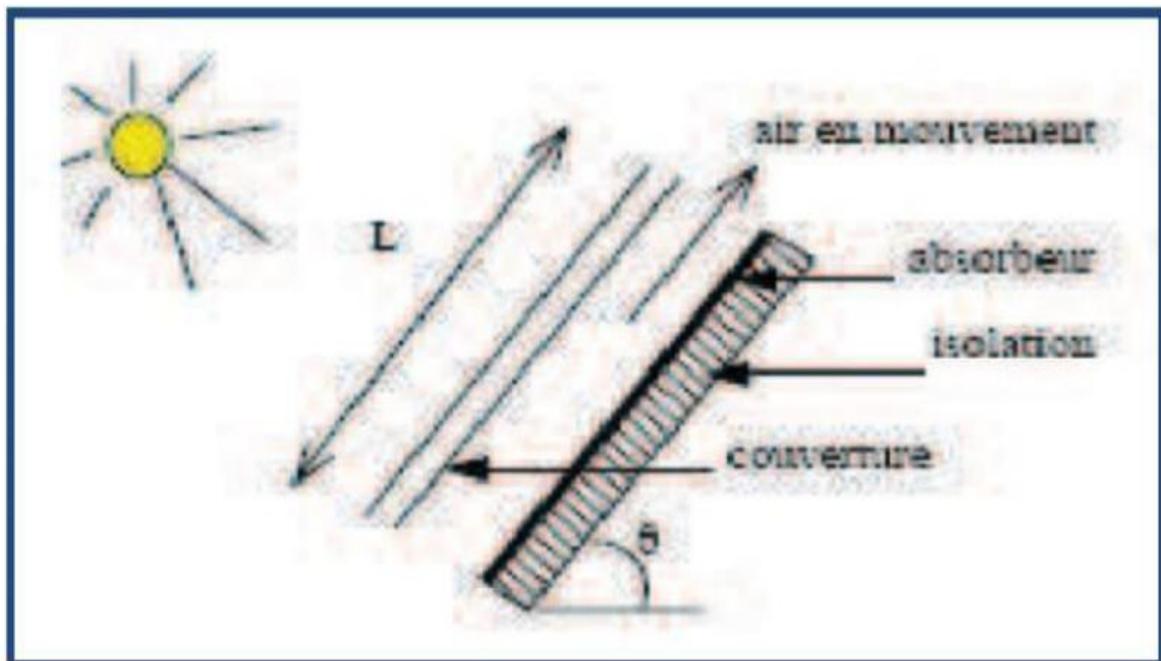


Figure.II.11. Capteur solaire plan à air

II.4. Composants d'un capteur solaire plan

Un capteur solaire plan typique se compose généralement d'un boîtier, d'un vitrage, d'une isolation, d'un absorbeur et de tubes qui permettent le passage du fluide caloporteur.[26]

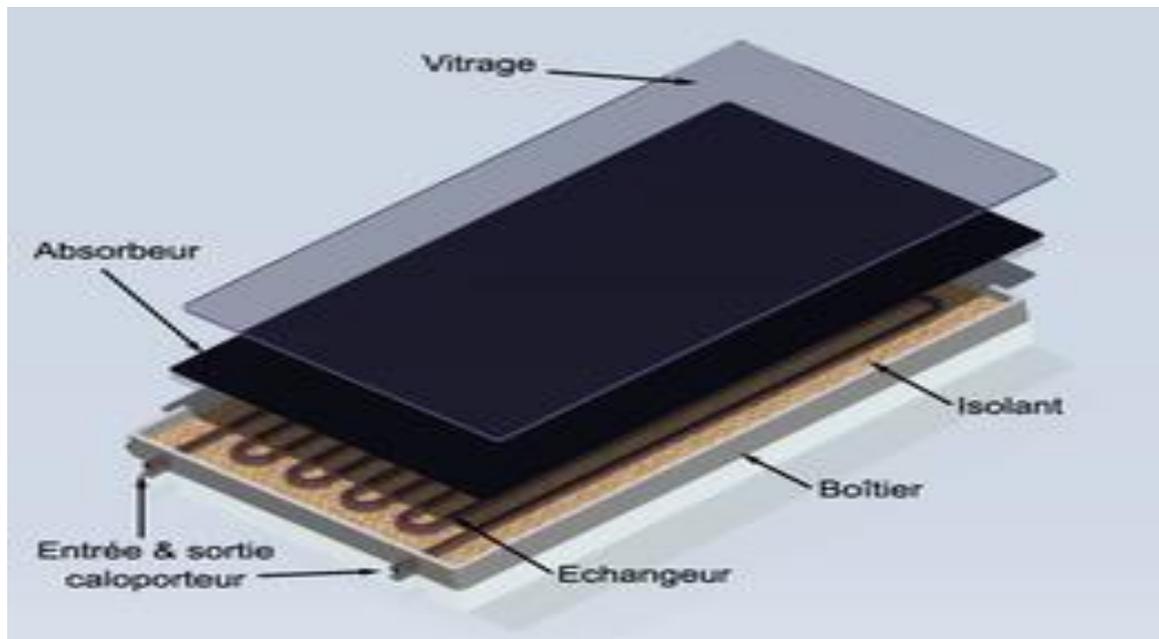


Figure.II.12. Différents composants d'un capteur plan

II.4.1. Absorbeur

L'absorbeur est un élément essentiel des capteurs thermiques qui joue un rôle crucial dans la conversion du rayonnement solaire en chaleur. Il est caractérisé par son coefficient d'absorption solaire α^* (ou absorptivité) qui mesure la proportion du rayonnement solaire absorbé par rapport au rayonnement incident, ainsi que par son coefficient d'émission infrarouge ε (ou émissivité) qui quantifie l'énergie infrarouge émise par l'absorbeur chauffé par rapport à celle d'un corps noir à la même température. Dans les applications de chauffage solaire, la sélectivité, qui correspond au rapport entre le coefficient d'absorption solaire et le coefficient d'émission infrarouge, est recherchée pour obtenir un rendement optimal. Les matériaux couramment utilisés pour fabriquer l'absorbeur sont le cuivre, l'aluminium et parfois des matériaux plastiques. Certains systèmes améliorent leur efficacité en utilisant des revêtements spéciaux.

Les propriétés de quelques matériaux utilisés comme absorbeurs sont représentées sur le tableau II.1.

Tableau.II.1. Propriétés de quelques matériaux utilisés comme absorbeurs [26] [12]

Matériaux	Absorptivité α^*	Emissivité ε	Sélectivité α^* / ε	Température max.
Black nickel	0,88 - 0,98	0,03 - 0,25	3,7 - 32	300°C
Graphitic films	0,876 - 0,92	0,025 - 0,061	14,4 - 36,8	250°C
Black Copper	0,97 - 0,98	0,02	48,5 - 49	250°C
Black chrome	0,95 - 0,97	0,09 - 0,30	3,2 - 10,8	350 - 425°C

Les caractéristiques thermo-physiques de quelques matériaux métalliques sont données par le tableau II.2.

Tableau.II.2. Caractéristiques thermo-physiques de matériaux métalliques [25]

Métal	Conductivité thermique (W/m. k)	Chaleur Massique (J/kg. K)	Masse volumique (kg/m ³)	Diffusivité (10 ⁻⁶ m ² /s)
Cuivre	384	398	8900	108
Acier inoxydable	14	460	7800	04
Aluminium	204	879	2700	86

II.4.2. Couverture des capteurs

La couverture d'un capteur solaire permet au rayonnement solaire non concentré d'entrer dans le capteur. Elle doit être constituée de matériaux transparents pour permettre le passage de la lumière. La couverture transparente est particulièrement avantageuse lorsque le capteur fonctionne à des températures élevées. Elle remplit trois fonctions essentielles :

- Recevoir le rayonnement solaire incident sans réflexion ou diffusion excessive.
- Transmettre la majeure partie du rayonnement reçu.
- Limiter les pertes thermiques par convection et rayonnement.

Le verre présente des inconvénients tels que sa fragilité, son poids élevé et son coût élevé lorsqu'il est utilisé en double vitrage.

Les matériaux plastiques peuvent présenter des inconvénients tels que la dégradation de certaines de leurs propriétés au fil du temps ou un coût élevé.

Le tableau II.3. Récapitule les divers types de verre utilisés :

Tableau.II.3. Caractéristiques optiques de quelques verres [27]

Verre	Réflexion	Absorption	Transmission
Verre clair	8%	9%	83%
Verre basse teneur en Fe ₂ O ₃	8%	2%	90%

II.4.3. Isolation

L'isolation revêt une grande importance dans les applications thermiques de l'énergie solaire, car elle permet de limiter les pertes de chaleur par conduction et convection vers l'environnement, notamment sur les côtés et le bas du capteur (Fig.2.14). On distingue trois types d'isolants : les isolants minéraux, d'origine végétale et organiques.

Un bon isolant doit présenter les caractéristiques suivantes :

- Une faible conductivité thermique.
- Une capacité thermique volumique basse.
- Une résistance thermique adaptée aux températures de fonctionnement.

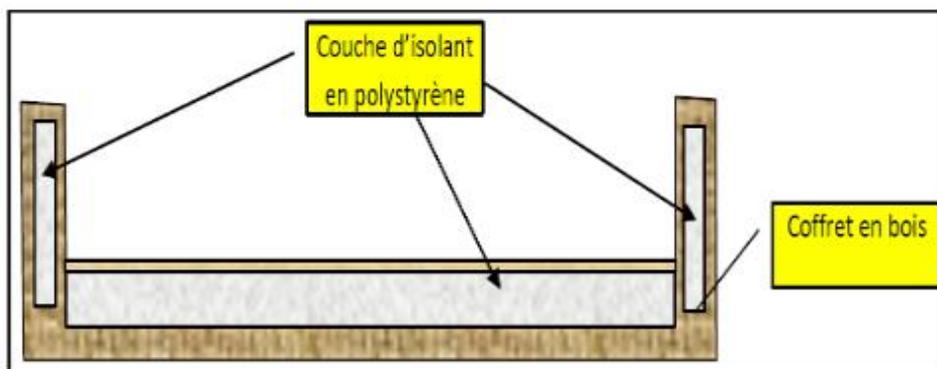


Figure. II.13. Isolation thermique du boîtier

Le Tableau II.4 suivant fournit quelques indications sur ces matériaux.:

Tableu.II.4. Propriétés thermiques de quelques matériaux isolants [25]

Matériau	Conductivité Thermique (W/m. k)	Masse Volumique (kg/m^3)	Chaleur Massique (J/kg. K)	Diffusivité ($10^{-7}\text{m}^2/\text{s}$)
Air (à 20°C)	0.025	1.2	1003	208
Laine de verre	0.036	40	840	10.7
Polystyrène Expansé	0.040	20	1500	13.3
Bois de pin	0.118	500	1210	1.95

II.4.4 Fluide caloporteur

Le fluide caloporteur joue un rôle essentiel dans le transfert de chaleur depuis l'absorbeur vers l'endroit où la chaleur est utilisée. Un bon fluide caloporteur doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Il doit être chimiquement stable, en particulier à des températures élevées lors de la stagnation du capteur.
- Il doit posséder des propriétés antigel adaptées aux conditions météorologiques locales.
- Il doit être anticorrosif en fonction des matériaux présents dans le circuit du capteur.
- Il doit avoir une capacité thermique spécifique élevée et une conductivité thermique élevée pour un transport efficace de la chaleur.
- Il doit être non toxique et avoir un faible impact sur l'environnement.
- Il doit avoir une faible viscosité pour faciliter le pompage.
- Il doit être facilement disponible et économique.

Un compromis satisfaisant par rapport à ces critères est un mélange d'eau et de glycol, similaire au liquide de refroidissement utilisé dans les automobiles. Cependant, il n'est pas rare de trouver des systèmes fonctionnant avec de l'eau pure ou même de l'air, selon l'application.

II.4.5 bilan énergétique

Le bilan énergétique d'un capteur plan est défini par [28] :

- L'énergie solaire absorbée par le capteur (Q^*)
- L'énergie utile emmagasinée dans le fluide caloporteur (Q_U)
- Les pertes thermiques (Q_a) et l'énergie d'inertie thermique de l'installation (Q_t).

Ce bilan thermique est donc noté [28] :

$$Q^* = Q_U + Q_a + Q_t \quad \text{II.1}$$

Le rendement d'un capteur plan est obtenu par le rapport entre l'énergie utile Q_U et la puissance solaire globale (G^*) reçue par le capteur sur une période t [14] :

$$\eta = \frac{\int_0^A Q_U \cdot dt}{\int_0^A G^* \cdot dt} \quad \text{II.2}$$

La puissance totale reçue par le capteur solaire (G^*) est mesurée en watts par mètre carré et peut être consultée dans les atlas de gisement solaire. L'énergie utile produite par le capteur (Q_U) est calculée en utilisant l'équation du bilan énergétique en régime permanent, en supposant que l'énergie d'inertie thermique (Q_t) est négligeable [28].

$$Q_U = Q^* - Q_a \quad \text{II.3}$$

Avec :

$$Q \leq G^* (T_c^* + \alpha_p^*) \quad \text{II.4}$$

T_c^* : coefficient de transmission solaire de la couverture transparente

α_p^* : coefficient d'absorption solaire

$$\text{Et} \quad Q_a = k (T_p - T_a) \quad \text{II.5}$$

K : conductance thermique du capteur

T_p : température de l'absorbeur

T_a : température ambiante

- **Calcul de rendement dans un capteur solaire thermique [26]**

Le rendement d'un capteur est le rapport entre la chaleur utile (Q_3) transmise au fluide et le rayonnement solaire incident (E_0) :

$$\text{Soit l'expression de ce rendement : } \eta = Q_3 / E_0 \quad \text{II.6}$$

Cette chaleur utile Q_3 est définie par le bilan des apports solaires utiles et des pertes thermiques :

$$Q_3 = E_1 - E_2 - Q_1 - Q_2 \quad \text{II.7}$$

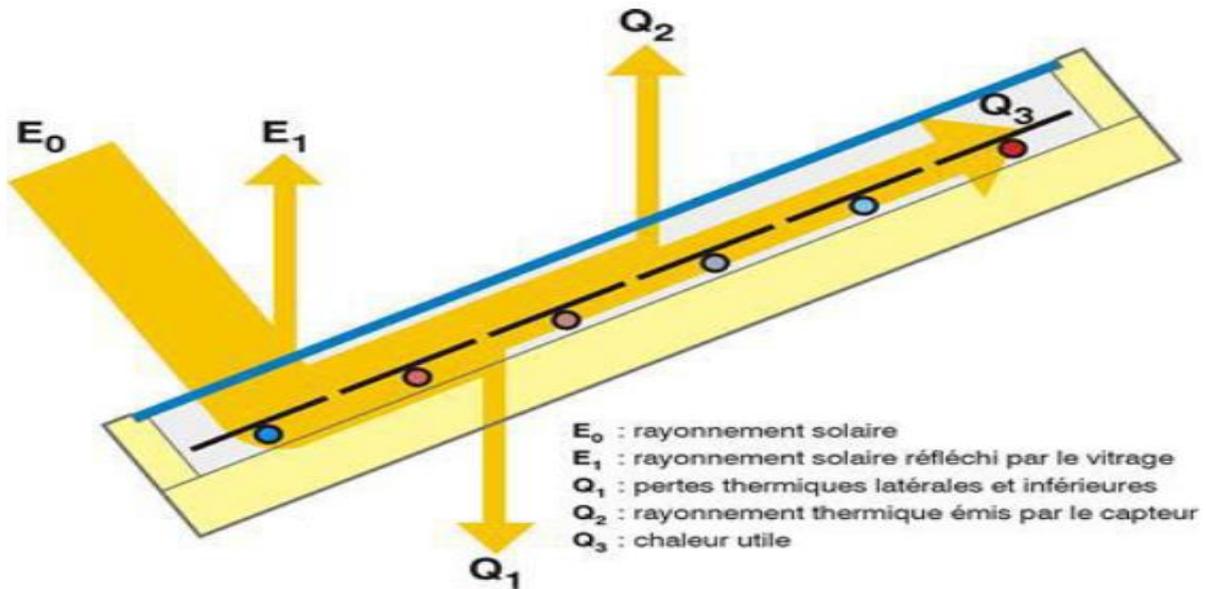


Figure.II.14. Bilan énergétique dans un capteur plan [12]

II.5. Paramètres et caractéristiques le fonctionnement d'un capteur [29]

Les paramètres d'un capteur solaire plan se divisent en deux catégories : les paramètres externes et les paramètres internes.

II.5.1 Paramètres externes

Les paramètres externes, tels que le rayonnement solaire, la température ambiante et la vitesse du vent, ont un impact direct sur les performances du capteur.

II.5.2. Paramètres internes

II.5.2.1. Paramètres géométriques

Les aspects géométriques tels que l'angle d'inclinaison, l'orientation et la surface du capteur, ainsi que les dimensions des différents éléments du capteur.

II.5.2.2. Paramètres de fonctionnement

Les paramètres de fonctionnement, tels que la température d'entrée du fluide caloporteur, le débit massique, la nature du fluide caloporteur et les températures des différents éléments du capteur, sont également pris en compte

Ces paramètres sont essentiels car ils permettent d'optimiser l'efficacité du capteur en atteignant une température de sortie élevée pour le fluide caloporteur, ce qui se traduit par une puissance utile plus élevée, tout en prenant en considération les contraintes économiques.

II. 6. Orientation et l'inclinaison du capteur

L'orientation et l'inclinaison d'un capteur solaire sont des paramètres essentiels qui impactent directement la quantité de rayonnement solaire captée par le capteur. Une orientation optimale vers le sud et un angle d'inclinaison adapté permettent de maximiser l'exposition au rayonnement solaire tout au long de la journée, favorisant ainsi une efficacité maximale de captation de l'énergie solaire.

Ces paramètres jouent un rôle crucial dans divers systèmes solaires tels que les capteurs plans, les capteurs paraboliques, les panneaux photovoltaïques, les maisons solaires et les serres fixes. Chaque type de système a un angle d'inclinaison optimal spécifique qui permet d'optimiser la collecte d'énergie solaire.

En ajustant soigneusement l'orientation et l'inclinaison du capteur solaire, il est possible d'augmenter la quantité d'énergie captée par le capteur, ce qui se traduit par une amélioration globale des performances du système solaire.

II.7. Fiabilité d'un capteur

Les capteurs solaires doivent faire face à diverses contraintes climatiques et de fonctionnement tout au long de leur durée de vie. Il est donc crucial que ces capteurs ne tombent pas en panne lorsqu'ils sont exposés à ces contraintes. Afin d'assurer leur fiabilité et leur durabilité, des tests ont été développés pour reproduire les conditions extrêmes les plus probables auxquelles un capteur peut être confronté. Les normes européennes décrivent de manière précise les conditions devant être simulées lors de chaque test.

Les conditions suivantes doivent être prises en compte :

- Résistance aux hautes températures : Les capteurs doivent être capables de fonctionner efficacement et en toute sécurité même lorsqu'ils sont exposés à des températures élevées.
- Résistance au gel : Les capteurs doivent être capables de résister aux basses températures et aux cycles de gel-dégel sans subir de dommages.
- Résistance aux chocs thermiques : Les capteurs doivent être capables de supporter des changements rapides de température sans se fissurer ou se déformer.

- Bonne tenue de l'étanchéité : Les capteurs doivent être hermétiquement scellés pour éviter les fuites de fluide caloporteur et assurer un fonctionnement efficace.
- Résistance à la charge : Les capteurs doivent être conçus pour supporter des charges mécaniques telles que le vent, la neige ou d'autres contraintes liées à l'environnement.

En respectant ces conditions, les capteurs solaires peuvent être testés et certifiés pour garantir leur fiabilité et leur performance même dans des conditions extrêmes.

II.8. Pertes thermiques dans un capteur solaire

Les pertes thermiques d'un capteur solaire peuvent se produire par convection, conduction et rayonnement, qui sont les trois modes de transfert thermique.

II.8.1. Perte par convection

La perte par convection intervient généralement entre la couverture et l'environnement extérieur, l'absorbeur et la lame d'air, ainsi que la lame d'air et la couverture. Selon A. Benkhelifa (1998), les pertes thermiques augmentent avec l'augmentation de l'émissivité de l'absorbeur, sa température et le coefficient d'échange convectif avec l'air ambiant. En revanche, elles diminuent lorsque la distance entre l'absorbeur et la vitre augmente. Des obstacles fixés à l'absorbeur peuvent réduire les pertes frontales en diminuant la température de l'absorbeur, comme démontré par S. Youcef-Ali (2005). Les travaux expérimentaux d'Ali M. El-Nashar (2006) ont révélé que l'effet de la perte au niveau des tuyaux sur l'efficacité du capteur est faible pendant les périodes de midi, mais important pendant les périodes du matin et de l'après-midi. [31]

II.8.2. Pertes par conduction

Les pertes par conduction se produisent entre l'absorbeur et la vitre lorsque la distance entre eux est très faible, ainsi qu'au niveau de l'isolation arrière et latérale du capteur. [32]

II.8.3. Pertes par rayonnement

Quant aux pertes par rayonnement, les matériaux utilisés comme couverture permettent le passage du rayonnement solaire incident, mais ils sont opaques au rayonnement infrarouge réémis par l'absorbeur lorsque sa température atteint entre 35 et 100 °C (effet de serre). La face interne de la couverture absorbe ce rayonnement infrarouge, ce qui entraîne une augmentation de sa température, puis elle rayonne à son tour, avec la moitié du rayonnement dirigé vers l'extérieur et l'autre moitié vers l'absorbeur. Par conséquent, les pertes par rayonnement sont

réduites de moitié. Il est possible de réduire ces pertes encore davantage en utilisant plusieurs couches de couverture. [32]

II.9. Domaines d'application des capteurs solaires plans

Les capteurs solaires sont largement utilisés dans le monde entier pour la production d'eau chaude sanitaire dans les maisons individuelles. Environ 78 % des installations en service à la fin de 2012 étaient spécifiquement dédiées à cette utilisation.

En plus de la production d'eau chaude sanitaire, les capteurs solaires sont également utilisés dans diverses autres applications. Ils peuvent être intégrés à des systèmes combinés, fournissant à la fois de l'eau chaude sanitaire et contribuant au chauffage des bâtiments. Les capteurs solaires sont également employés pour chauffer les piscines, alimenter des centrales de chauffage solaire, soutenir des processus industriels et même pour la climatisation solaire. De plus, ils jouent un rôle essentiel dans le séchage des produits agroalimentaires et biologiques.

Le séchage est une étape essentielle dans la transformation des produits de l'industrie agroalimentaire, mais il nécessite une quantité importante d'énergie. C'est pourquoi l'utilisation des énergies renouvelables, en particulier l'énergie solaire, est de plus en plus courante pour les séchoirs. Les capteurs solaires sont des composants clés des séchoirs solaires de type indirect. Par conséquent, l'amélioration des performances des capteurs solaires contribue directement à réduire la durée et les coûts des opérations de séchage.

II.10. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons cherché à donner un aperçu des capteurs solaire en montrant les types de capteurs solaires, leurs les composantes et leurs Paramètres et caractéristiques le fonctionnement d'un capteur.

Chapitre III

Procédure expérimentale

III.1. Introduction

Ce chapitre présente une étude comparative de la performance thermique et exégétique de deux types d'absorbeurs pour 2 capteurs solaires d'air : absorbeur plat et le même absorbeur muni de formes trapézoïdales. La première partie du chapitre expose la conception et la construction du collecteur solaire d'air, en détaillant les matériaux utilisés, les dimensions et les spécifications des composants, ainsi que les méthodes de fixation et d'étanchéité mises en place pour garantir une installation durable et robuste.

La deuxième partie de ce chapitre décrit la mise en place des expériences pour évaluer la performance des deux types d'absorbeurs. Des instruments de mesure ont été utilisés pour collecter des données telles que les températures de l'air entrant et sortant, la température de l'absorbeur, la température ambiante et le rayonnement solaire incident. Ces données ont été analysées pour comparer les performances des deux types d'absorbeurs, en termes d'efficacité énergétique et de rendement thermique.

III.2. Description du capteur solaire

Le prototype de notre capteur solaire est similaire à de nombreux autres capteurs réalisés, que ce soit en Algérie ou ailleurs dans le monde. Nous avons réalisé ce projet au sein de notre laboratoire universitaire (ETAP).

Notre choix de conception a impliqué l'utilisation de deux passes d'air (*Fig. III.1*) : le premier passage d'air se fait par l'aspiration de l'air au niveau de la base du capteur, tandis que le deuxième passage d'air traverse la surface de captation, représentée par un absorbeur plat de $0,714 \text{ m}^2$ de surface (*Fig. III. 2a*) et un absorbeur trapézoïdal de $0,92352 \text{ m}^2$ de surface (*Fig. III. 2b*). Les données des absorbeurs sont représentées en détail sur le tableau *III. 1*.

Suite à notre documentation sur les capteurs solaires à air, nous sommes convaincus que notre prototype de capteur solaire sera efficace pour capter et utiliser l'énergie solaire, tout en offrant des avantages en termes de coûts et de durabilité.

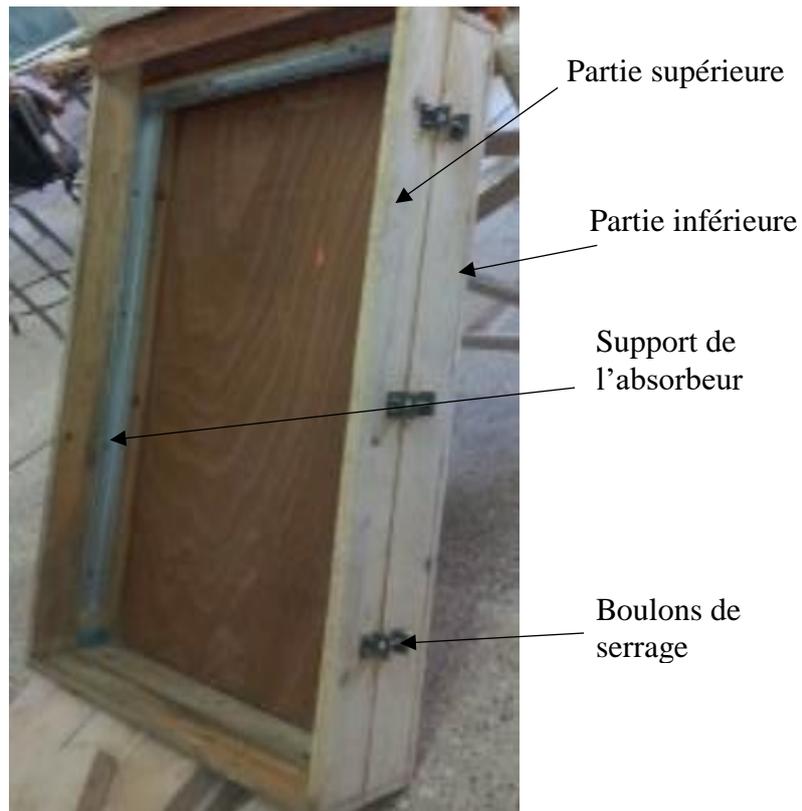


Figure. III.1. Vue générale du capteur solaire à air durant la conception



Figure.III.2a. Capteur solaire à air avec absorbeur plat de dimensions 1.20×0.635



Figure. III.2b. Capteur solaire à air avec absorbeur trapézoïdal de dimensions 1.20×0.7696



Figure.III.3a. Entrée d'air par la partie inférieure du capteur

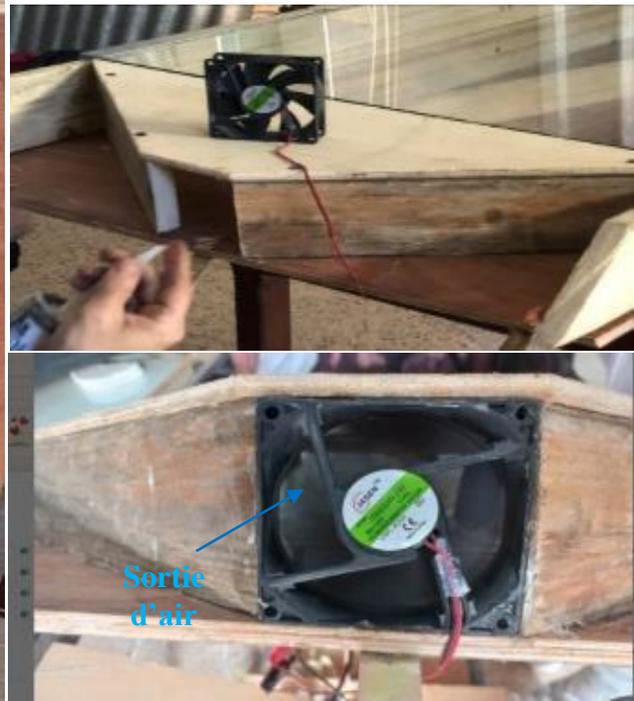


Figure.III.3b. Sortie d'air par la partie supérieure du capteur

- **Principe de fonctionnement du capteur**

Une partie du rayonnement solaire atteignant l'absorbeur est absorbée, celle-ci est convertie en chaleur qui entraîne une élévation de la température de cet absorbeur.

L'énergie accumulée par l'absorbeur est transférée au fluide caloporteur (air) en contact thermique avec lui.

Le principe de fonctionnement du capteur solaire à air repose sur l'absorption d'une partie du rayonnement solaire par l'absorbeur, ce qui entraîne une conversion de cette énergie en chaleur et une élévation de la température de l'absorbeur.

L'énergie thermique accumulée par l'absorbeur est ensuite transférée au fluide caloporteur, qui dans ce cas est de l'air, en contact direct avec l'absorbeur. Cette transmission de chaleur se fait grâce à un échange thermique entre l'air et l'absorbeur, permettant ainsi à l'air de se réchauffer et d'être acheminé vers un espace de chauffage ou un échangeur de chaleur pour être utilisé à des fins de chauffage ou de production d'eau chaude sanitaire.

III.3. Réalisation du capteur solaire

La réalisation d'un capteur solaire efficace nécessite plusieurs étapes importantes :

- Tout d'abord, il est essentiel de rassembler tous les composants et matériaux nécessaires pour le projet.
- Une fois cela fait, la découpe des éléments de bois et de tôle doit être effectuée selon les dimensions du caisson (*Fig. III.4*).



Figure.III.4. Représentation de réalisation de caisson

- Ensuite, il convient de découper et nettoyer le verre de toute poussière avant de le coller sur la partie supérieure du caisson (*Fig. III.5*).



Figure.III.5. Présentation du vitrage à la partie supérieure du caisson

- Une fois terminé, le panneau est placé sur support métallique mobile sur des roues (Fig. III.6)



Figure.III.6. Support de capteur solaire

- Pour assurer une bonne absorption de la chaleur, il est également important de découper une feuille de métal plate et trapézoïdale selon les mesures du caisson, de l'essuyer avec de l'esprit de sel, puis de la peindre en noir mat (*Fig. III.7*).



Figure.III.7. Découpe et peinture des tôles en noir mate

- Sans oublier d'autres outils et matériaux utilisés pour la réalisation du capteur solaire (Figure.III.8).



Figure.III.8. Outils et matériaux utilisés pour la réalisation du capteur solaire

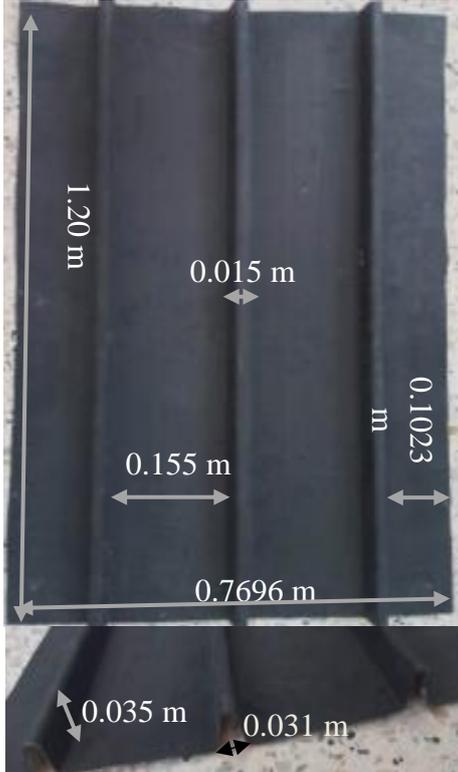
En suivant ces étapes avec soin et précision, on peut assurer un capteur solaire fonctionnel et efficace. La qualité de chaque composant est essentielle pour assurer le bon fonctionnement du système.

III.4. Caractéristiques techniques du capteur solaire à air

Les caractéristiques techniques (thermo-physiques) du capteur solaire à l'air sont représentées sur le tableau III.1 suivant :

Tableau.III.1. Caractéristiques techniques du capteur solaire à air

Désignation	Unité	Nature et dimensions	Image expressive de désignation
<p>Caisson</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nature ➤ Epaisseur ➤ Dimension 	<p>m</p> <p>m</p>	<p>Bois</p> <p>0.18</p> <p>1.30×0.635</p>	
<p>Couvert</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nature ➤ Epaisseur ➤ Dimension ➤ Transmissivité 	<p>m</p> <p>m</p>	<p>Verre ordinaire</p> <p>0.005</p> <p>1.30×0.635</p> <p>0.89</p>	

<p>Absorbeur plat</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nature ➤ Epaisseur ➤ Dimension ➤ Absorptivité 		<p>Tôle</p> <p>0.001</p> <p>1.20×0.595</p> <p>0.94</p>	
<p>Absorbeur trapézoïdale</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nature ➤ Epaisseur ➤ Dimension ➤ Absorptivité 		<p>Tôle</p> <p>0.001</p> <p>1.20×0.7696</p> <p>0.94</p>	 <p>2</p>

III.5. Etalonnage des capteurs

- Pour bien mener nos expériences, la disponibilité de capteurs de température fiables est cruciale. Nous avons donc acheté une vingtaine de capteurs de type K (Fig.III.9) que nous devons étalonner avant de les utiliser.



Figure.III.9. Capteurs type K avec têtes plates

- Pour cela, nous avons repéré chaque capteur par un numéro sur une étiquette et

veillant à ce qu'ils ne touchent pas les parois de la casserole (Fig.III.10).

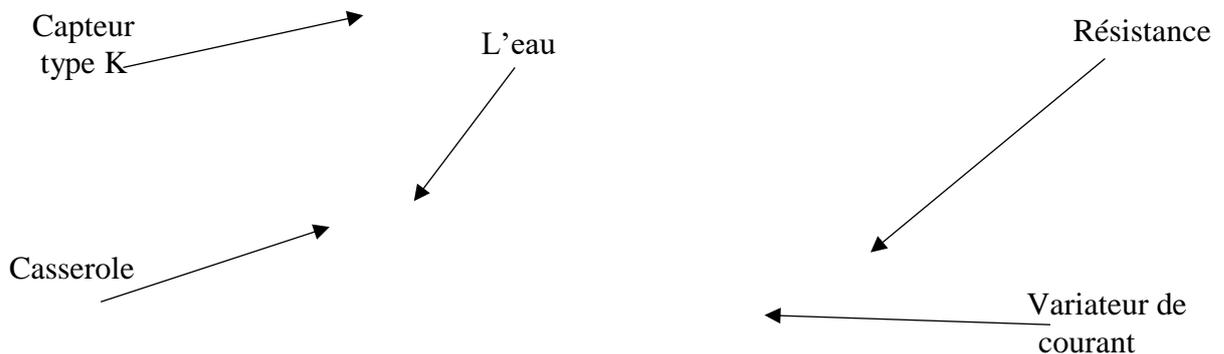


Figure.III.10. Bain d'eau thermocouples

- Nous avons connecté les autres

variable pour chauffer

l'eau (Fig.III.10).

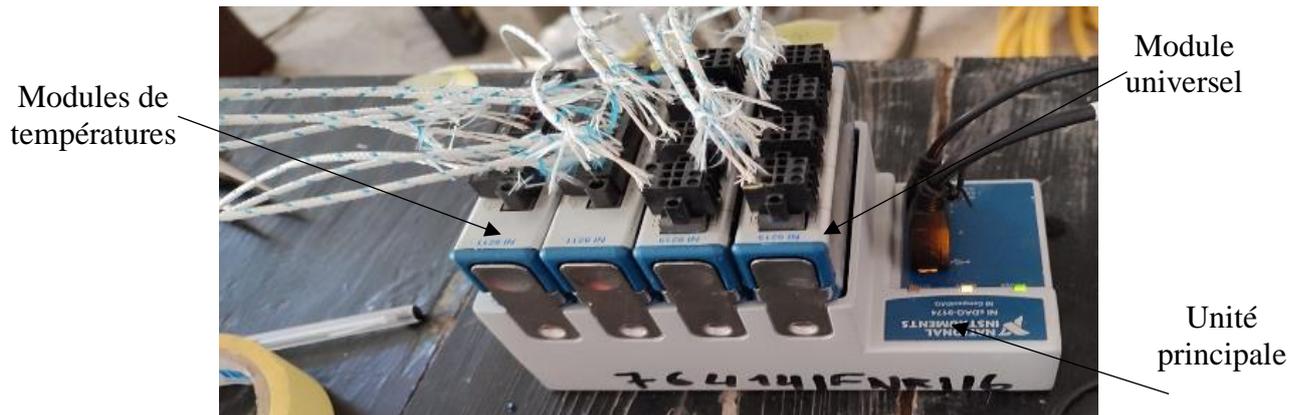


Figure.III.11. Chaîne d'acquisition y compris les modules de type NI (national instruments)

Pendant toute la durée de nos expériences, nous avons utilisé le programme LabVIEW relié d'un côté à un ordinateur et connecté de l'autre côté à la chaîne d'acquisition qui supporte les modules sur lesquels tous les capteurs thermiques sont installés (Fig.III.12). Nous avons également

- Grâce à ce processus rigoureux d'étalonnage et d'enregistrement des températures, nous avons pu mener à bien nos expériences en toute confiance et obtenir des résultats fiables.

Figure.III.12. Représentation des toutes les parties de

III.6. Résultats d'étalonnage

La Fig. III.13 montre l'évolution temporelle des différents capteurs de température destinés à nos expériences. On remarque durant toute l'expérience, que le capteur thermique n° 13 diverge par rapport aux autres capteurs, ce qui nous pousse à l'omettre des expériences à cause de cette défaillance.

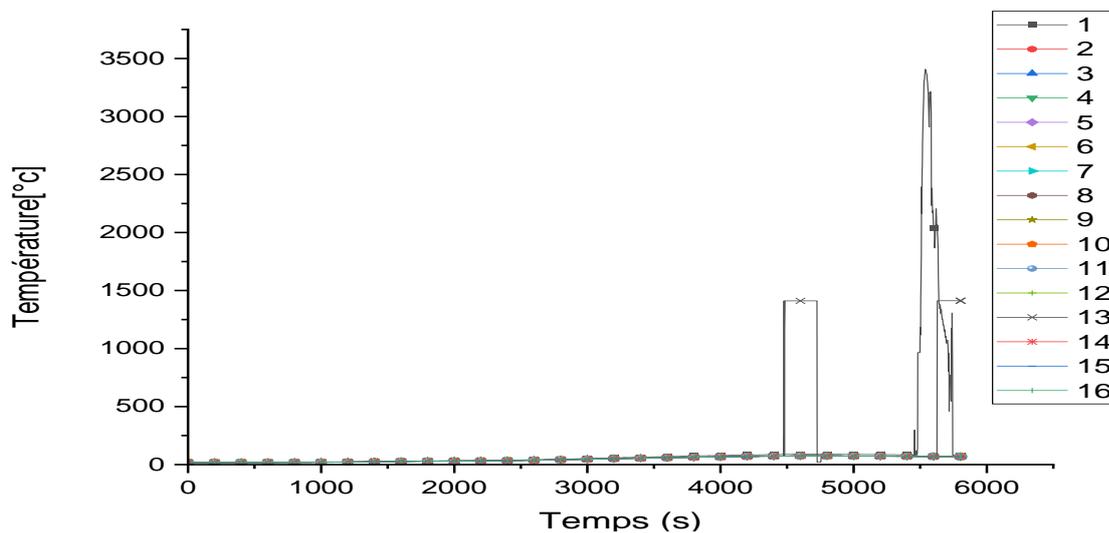


Figure.III.13. Evolution temporelle des capteurs de température destinés aux expériences

La Fig. III.14 montre la même évolution temporelle des différents capteurs de température sans le capteur 13. Nous remarquons également que le capteur n°1 diverge après 1700 s (28min) à partir de 32 °C. Ce qui permet de le retirer aussi des expériences.

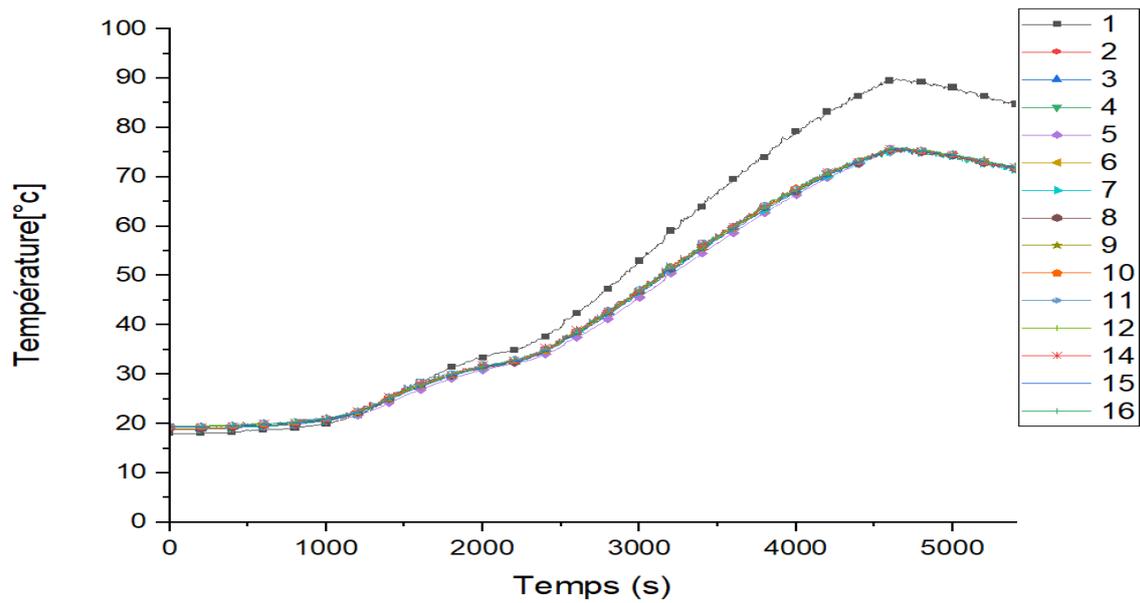


Figure.III.14.

capteur 13

En poursuivant le même processus d'étalonnage, nous remarquons sur la Fig. III.15 que le capteur

capteurs. Par conséquent, Nous avons décidé de l'exclure de l'expérience.

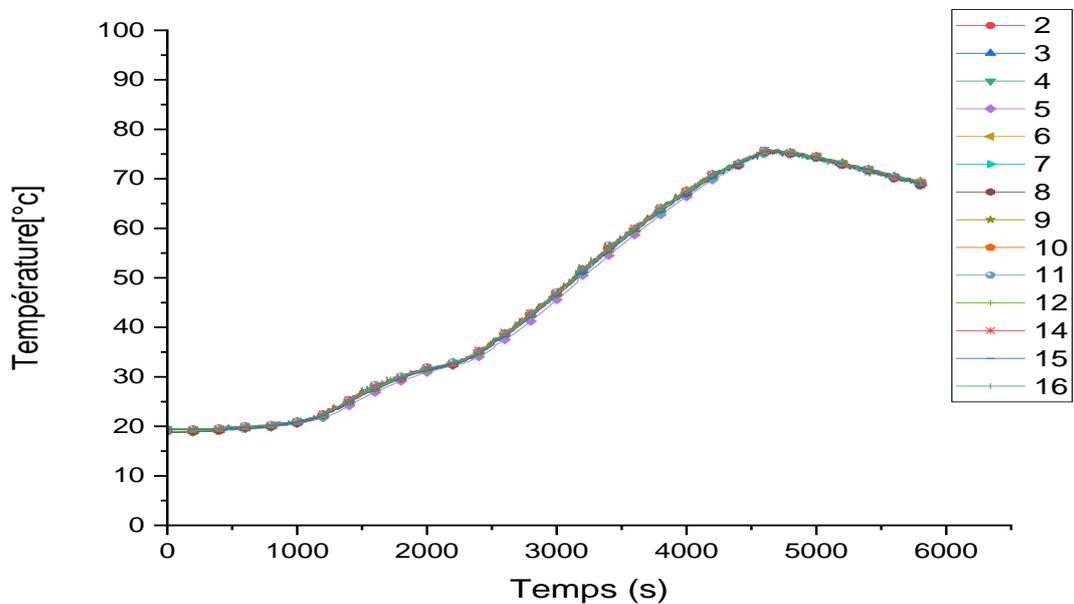


Figure.II.15. Évolution

et le N°1.

En conclusion, nous avons omis les capteurs 1, 5 et 13 des expériences et nous avons gardé le reste des capteurs (13 capteurs étalonnés) pour les placer sur le capteur et réaliser les expériences.

III.7. Positions des thermocouples

Nous avons travaillé sur l'emplacement de plusieurs capteurs thermiques pour améliorer la mesure de la température sur le capteur solaire. Ci-dessous sont représentés les différents emplacements des thermocouples.

- Deux capteurs thermiques pour mesurer la température de l'air intérieur et extérieur, un troisième capteur pour mesurer la température de l'air ambiant.
- Trois autres capteurs pour mesurer la température au milieu, en haut et en bas de l'absorbeur
- Enfin, deux capteurs thermiques sont placés sur le verre, l'un à l'extérieur et l'autre à l'intérieur.

III.8. Réalisation d'une source thermique artificielle

Pour chauffer notre panneau solaire, nous avons décidé de fabriquer une source thermique artificielle au laboratoire aux dimensions du panneau solaire. La fabrication exige à suivre les étapes suivantes :

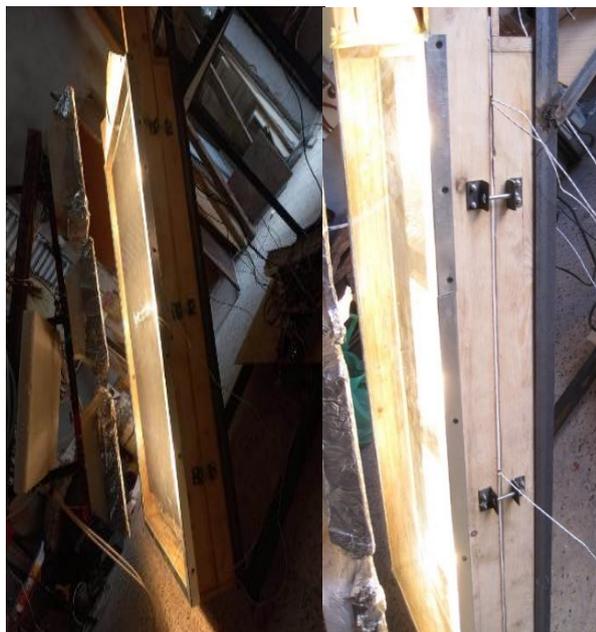
1. **Choix d'une source de lumière** : Nous aurons besoin d'une source de lumière très brillante et intense. Pour se fait, nous avons utilisé des lampes halogènes de 100 W chacune de puissance pour simuler le rayonnement solaire.
2. **Montage de la source de lumière** : Il faut placer la source de lumière à une distance appropriée du panneau solaire pour fournir une intensité lumineuse suffisante.
3. **Réglage de la température** : Pour chauffer le panneau solaire, nous devons ajuster la température de la source de lumière en fonction de la quantité de chaleur que nous souhaitons produire. On peut utiliser un thermomètre pour mesurer la température de la source de lumière et ajuster en conséquence. Or cette démarche est négligée puisque nous avons contrôlé les choses par un solarimètre.
4. **Orientation de la source de lumière** : Il faut orienter la source de lumière de manière à ce que les rayons lumineux atteignent directement le panneau solaire pour une efficacité maximale.

5. **Mesure de la température** : Il faut utiliser un thermomètre pour mesurer la température du panneau solaire et ajuster la distance de la source de lumière et la température en conséquence pour atteindre la température souhaitée.

Il est important de noter (Fig. III.17) que cette méthode n'est pas un moyen de créer un véritable soleil artificiel, mais plutôt de simuler les conditions solaires pour de simples expériences de laboratoire. De plus, nous avons pris toutes les précautions nécessaires pour travailler avec des sources de lumière intenses et chaudes pour éviter les accidents.



Figure.III.16. Représentation de montage de source thermique



**Figure.III.17. thermique
panneau solaire**

Après la réalisation du capteur et de la source thermique artificielle, la deuxième étape consiste à tester et réaliser les expériences. Ces dernières se reposent sur le choix entre les deux types d'absorbeur (plat et trapézoïdal) Fig.III. 18 et Fig. III. 19 et le choix du meilleur écart entre l'absorbeur et le vitrage. L'arrêt des expériences est fixé lorsque le régime stationnaire est atteint Fig.III.20.



Figure.III.19. Expérience d'un absorbeur trapézoïdale à 16 cm de distance entre le vitrage et la source

Figure.III.18. Expérience d'un absorbeur plat à 16 cm de distance entre le vitrage et la source

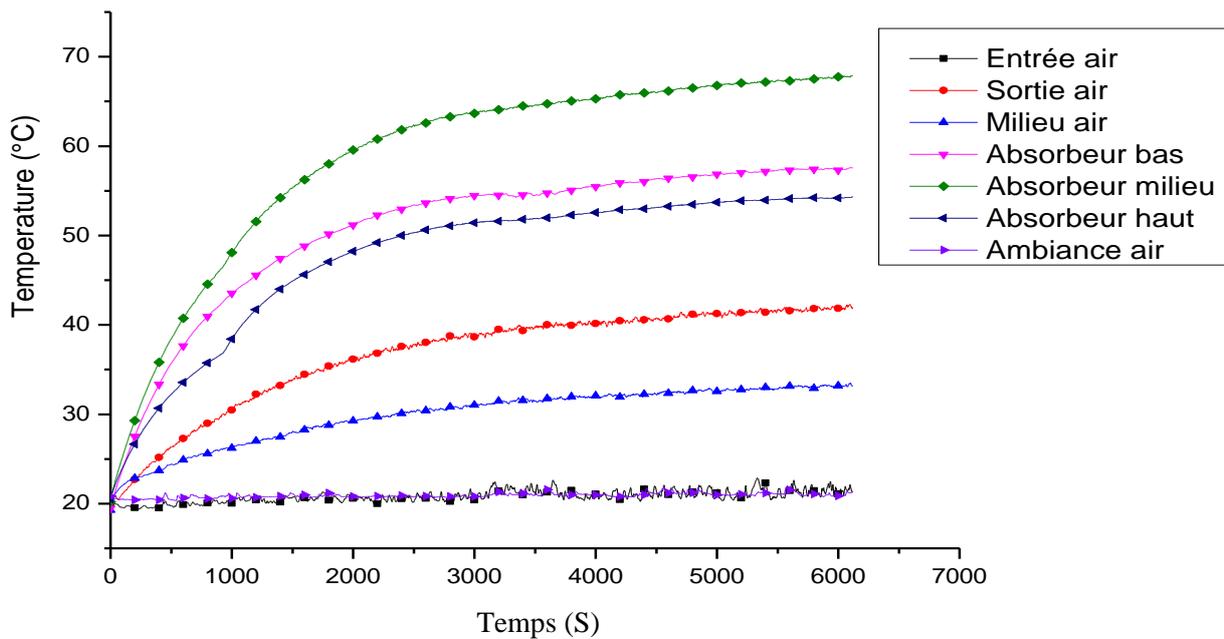


Figure. III.20. Exemple de l'évolution temporelle de différentes températures durant un premier essai

III.9. Instruments de mesures utilisés

III.9.1. Solarimètre

Un solarimètre (Fig.III.21) est un instrument de mesure utilisé pour quantifier l'énergie solaire dans une zone donnée. Il mesure la quantité de rayonnement solaire reçue par unité de surface pendant une période donnée. Les solarimètres sont couramment utilisés pour évaluer la production d'énergie solaire d'un panneau solaire ou d'une centrale solaire. [34]

Tableau.III.2. Caractéristiques techniques du solarimètre utilisé [34]

Caractéristiques techniques d'un solarimètre (Amprore Solar-100)	
Plage de mesure : généralement de 0 à 2000 Watt par mètre carré (W/m ²)	Précision : ± 5 % à ± 10 %
Résolution : généralement de 1 W/m ²	Unités de mesure : Watt par mètre carré (W/m ²), kilowatt par mètre carré (kW/m ²) ou BTU par heure par pied carré (BTU/h.ft ²)
Affichage : écran LCD qui affiche la mesure en temps réel	Alimentation : généralement des piles ou une batterie rechargeable



**Figure.III.21. Solarimètre utilisé
(Amprobe Solar-100)**

III.9.2. Anémomètre

Pour mesurer la vitesse de l'air, nous avons utilisé un anémomètre à effet hall (Fig. III.22). Il mesure la vitesse de l'air tout en utilisant la force exercée par le vent sur un ensemble de coupelles qui tournent autour d'un axe vertical. Cette rotation est utilisée pour générer une tension électrique proportionnelle à la vitesse de l'air. Cependant, la mesure de la vitesse de l'air donne directement le débit volumique de l'air en réglant les données de la surface [35] (le diamètre) sur l'appareil. Les caractéristiques de l'appareil ont donné par le tableau III.3 :



Figure. III.22. Anémomètre

Tableau. III.3. Caractéristiques techniques de l'anémomètre [35]

Plage de mesure de vitesse du vent : 0.4 à 30 m/s	Résolution du débit volumique : 0,001 à 100 m ³ /min
Plage de mesure de température : 0 à 60 °C	Résolution (anémomètre) : 0.01 m/s
Il mesure la vitesse de l'air en m/s, km/h, m/min, miles/h	Il mesure le débit-volume en CCM (m ³ /s), CFM (pieds par minute)

III.8.3. Contrôleur XM-18D

La température et l'humidité de l'air sont mesurées à l'entrée et à la sortie de l'air avec contrôleur XM-18D (Fig. III. 23) dont les caractéristiques sont représentées sur le tableau III.4.

Tableau. III.4. Caractéristiques techniques de contrôleur XM-18D [36]

Plage de température : 0-99°C	Précision de température : ±0.1°C
Plage d'humidité : 0 à 99% HR	Précision d'humidité : ±3%HR
Température ambiante : -10 à 60°C	Tension de fonctionnement : AC160-240V 50Hz



Figure.III.23. Contrôleur XM-18D

III.8.4. Contrôleur de tension et d'ampérage

Le contrôleur de tension et d'ampérage (WANPTEK KPS3010D) (Figure.III.24) est un appareil électrique à courant continu qui fournit jusqu'à 30 Volt et 10 Ampère de courant. Il est conçu pour être utilisé dans une large gamme d'applications, telles que les laboratoires, les ateliers de réparation, les écoles et les usines. [37]

Ces contrôleurs sont équipés d'un écran LCD qui affiche la tension et le courant de sortie en temps réel. Ils sont également dotés de fonctions de protection, telles que la protection contre les surtensions, les surcharges et les court-circuit. [37]

Pour utiliser ces contrôleurs, ils doivent être branchés à une source d'alimentation à courant alternatif. Ensuite, la tension de sortie peut être réglée en utilisant les boutons de réglage de tension, et de courant de sortie. [37]

Les caractéristiques techniques principales du contrôleur de tension et d'ampère WANPTEK KPS3010D sont représentées sur le tableau III.5 suivant :

Tableau. III.5. Caractéristiques techniques du contrôleur de tension et d'ampère WANPTEK KPS3010D [37]

Tension de sortie : 0-30 volts	Courant de sortie : 0-10 ampères
Puissance de sortie maximale : 300 watts	Régulation de la tension : $< 0,01\% + 3\text{mV}$
Régulation du courant : $< 0,1\% + 3\text{mA}$	Tension d'entrée : $220\text{V} \pm 10\%$ 50Hz / 60Hz
Affichage : écran LCD à deux chiffres	Fonctions de protection : protection contre les surtensions, les surcharges et les court-circuit
Dimensions : 215 mm x 110 mm x 165 mm	Poids : 2,8 kg



Figure.III.24. Contrôleur de tension et d'ampérage (WANPTEK KPS3010D)

III.9. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné et présenté les diverses étapes nécessaires à la fabrication d'un capteur solaire. Nous avons toutefois été confrontés à des difficultés, en particulier le manque de matériel flagrant qui a entravé notre progression. Les résultats de nos expériences seront présentés dans le chapitre suivant.

Chapitre IV

Résultats et discussions

IV.1. Introduction

Le chapitre précédent a exposé en détail la configuration expérimentale et la méthodologie utilisées pour étudier les performances énergétiques et exergetiques d'un capteur solaire à air comportant un absorbeur plat et trapézoïdal. Ce chapitre se concentre sur la présentation exhaustive des résultats et de la discussion des différentes expériences. L'étude a pour but d'examiner les effets de l'écart des absorbeurs via le vitrage et de la géométrie sur l'efficacité énergétique et exergetique du capteur. Plus spécifiquement, l'absorbeur plat a été testé selon quatre écarts différents du vitrage (3 cm, 6 cm, 9 cm et 12 cm), tandis que l'absorbeur trapézoïdal a été testé à trois écarts différents (6 cm, 9 cm et 12 cm). Les résultats sont analysés et discutés en mettant l'accent sur l'identification de l'écart optimal et de la géométrie des plaques pour une efficacité maximale du capteur. L'analyse explore également la relation entre l'efficacité énergétique et exergetique, ainsi que les implications pour la conception et la performance des capteurs solaires à air. Dans l'ensemble, les résultats et la discussion présentés dans ce chapitre fournissent des informations précieuses sur les performances des capteurs solaires à air et offrent une base pour les recherches futures dans ce domaine.

Le capteur solaire a été placé devant la source de lumière fabriquée et discutée précédemment sous forme d'une source artificielle constituée de trois supports disposés en ligne et comportant chacun 12 lampes de 100 W chacune. Leur rôle est de fournir une intensité de rayonnement constante. Cependant, malgré les conditions contrôlées, il y avait de légères variations et des changements de rayonnement qui devaient être pris en compte dans l'analyse. Pour garantir aussi des résultats précis, le débit d'air à la sortie et le rayonnement sont mesurés toutes les 5 minutes pendant l'expérience.

Les expériences comprenaient le calcul d'énergie et d'exergie récupérées par l'air ainsi que l'efficacité exergetique pour l'absorbeur plat et trapézoïdal selon les différents écarts.

Les mesures effectuées durant l'expérience ont fourni des informations précieuses sur l'efficacité effectuées de l'absorbeur plat et trapézoïdal à différents écarts. La section suivante détaillera des résultats et fournira une analyse complète des données recueillies.

IV.2. Analyse de performance thermique

IV.2.1. Analyse énergétique

Le gain de chaleur utile (Q_u) est donné par [38, 39] :

$$Q_u = \dot{m} C_p (T_{out} - T_{in}) \quad (1)$$

Où :

C_p = chaleur spécifique (J/kg·°C)

$$C_p = 1.0057 + 0.000066 (T_m - 20) \quad (2)$$

L'efficacité thermique (η_{Th}) est définie comme le rapport du taux de gain de chaleur utile de l'air traversant le capteur à l'énergie solaire incidente sur la surface de l'absorbeur

$$\eta_{Th} = \frac{Q_u}{I S} \quad (3)$$

Où :

S : Surface de la plaque absorbante (m^2).

I / Rayonnement total incident sur le radiateur (W/m^2).

IV.2.2. Analyse exergetique

L'exergie est une mesure du travail utile maximal qui peut être obtenu à partir d'un système thermodynamique et est liée à la qualité de l'énergie dans le système. Dans un capteur solaire, l'exergie est liée à la capacité du capteur à convertir le rayonnement solaire en énergie thermique utile. L'efficacité d'un capteur solaire peut être exprimée en termes d'efficacité exergetique.

Un capteur solaire à haut rendement exergetique est capable de convertir une grande partie du rayonnement solaire entrant en énergie thermique utile.

La variation d'entropie de l'air est dérivée des lois principales de la thermodynamique. La deuxième loi de la thermodynamique donne,

$$\Delta s = C_p \ln \frac{T_{out}}{T_{in}} - R \ln \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (4)$$

Le changement d'enthalpie d'air est donné :

$$\Delta h = C_p (T_{out} - T_{in}) \quad (5)$$

La quantité d'exergie reçue par l'absorbeur est :

$$EX_{absorbeur} = Q_{solaire} \cdot \eta_{carnot} = \alpha \cdot \tau \cdot I \cdot S \left(1 - \frac{T_{\infty}}{T_s}\right) \quad (6)$$

L'exergie reçue par l'air s'obtient :

$$EX_{air} = \dot{m} (\Delta h - T_{\infty} \Delta s) \quad (7)$$

L'efficacité exergetique est définie par :

$$\eta_{EX} = \frac{EX_{air}}{EX_{absorbeur}} = \frac{\dot{m} (\Delta h - T^\infty \Delta S)}{\alpha \cdot \tau \cdot I \cdot S \left(1 - \frac{T^\infty}{T_S}\right)} \quad (8)$$

IV.3. Résultats et discussions

IV.3.1. Evolution des températures durant les expériences

La Fig.IV.1 représente l'évolution des différentes températures dans le capteur solaire pour l'absorbeur plat situé à 9 cm du vitrage. Cette analyse complète des mesures de température fournit des informations précieuses sur le comportement thermique du système, ainsi qu'une base pour comprendre les mécanismes de transfert de chaleur et les variations de température à l'intérieur du capteur. On peut relever les points suivants :

- Initialement, au début de l'expérience, la température à l'entrée du panneau est identique à la température ambiante. Toutefois, au fil du temps, la température d'entrée commence à augmenter, ce qui indique l'influence de l'absorbeur sur cette augmentation. Cette observation peut être attribuée à la capacité de l'absorbeur à absorber le rayonnement solaire et à transférer la chaleur au fluide en circulation.

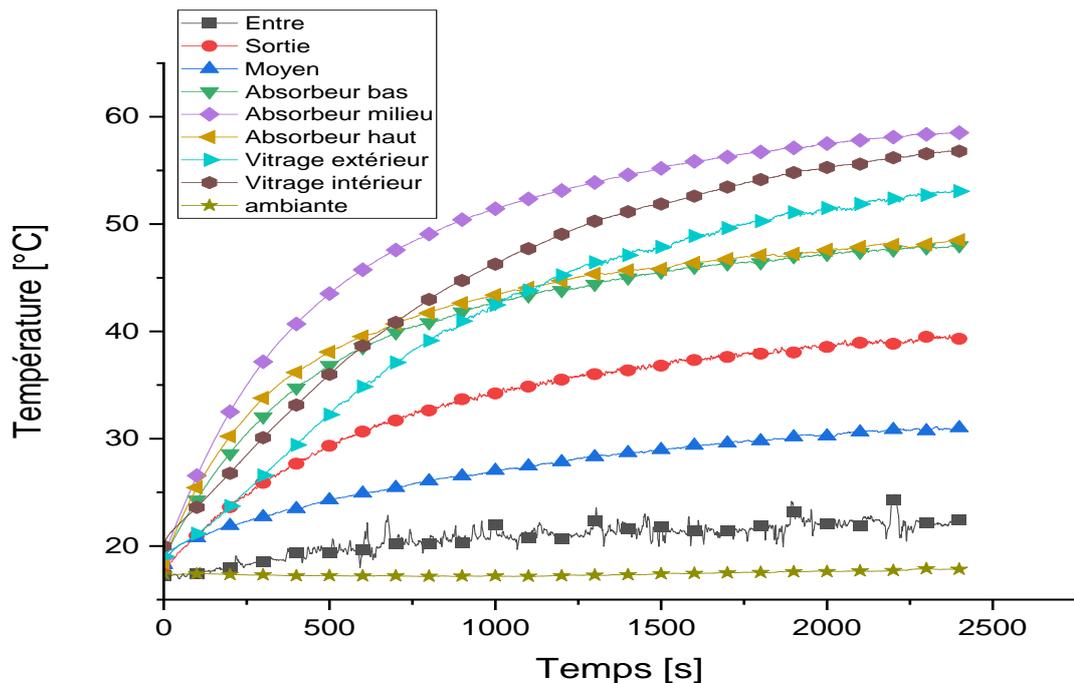


Figure.IV.1. Évolution temporelle des différentes températures du capteur solaire pour l'absorbeur plat situé à 9 cm du vitrage

- De plus, on enregistre une augmentation similaire des deux températures extérieure et intérieure du vitrage. En effet, à partir de 500 s, la différence entre les deux surfaces reste constante à 4 °C jusqu'à la fin de l'expérience.
- Cette disparité de température est principalement attribuable aux pertes de chaleur qui se produisent à la surface extérieure du capteur en raison de son contact direct avec l'environnement. Par contre, la surface vitrée intérieure subit des pertes moins importantes en raison de l'effet de serre généré à l'intérieur du capteur, où la chaleur est emprisonnée et retenue.
- L'analyse des températures révèle une différence significative entre la section médiane de l'absorbeur et les sections supérieure et inférieure. Durant l'évolution, la section centrale reste toujours supérieure par rapport aux sections supérieure et inférieure pour atteindre une température maximale de 58°C à la fin de l'expérience, tandis que les sections supérieure et inférieure affichent une différence de température de 10°C. Cette variation de température peut être attribuée à l'effet de refroidissement provoqué par l'entrée d'air reliée à la partie supérieure de l'absorbeur. Lorsque la température de l'air entrant diffère de la température ambiante, il contribue à refroidir la section supérieure, entraînant ainsi une température inférieure par rapport à la section médiane.
- Par ailleurs, l'évolution de la température de l'air entre la partie supérieure et inférieure de l'absorbeur démontre une augmentation similaire. Cette constatation peut être attribuée à la distance équivalente entre les deux sections, favorisant ainsi les caractéristiques de transfert de chaleur et une distribution de température comparables.

IV.3.2. Evolution des températures de l'absorbeur

Lors de l'analyse des performances du capteur solaire, la répartition de la température dans l'absorbeur revêt une importance capitale. En effet, la température de l'absorbeur joue un rôle essentiel dans sa capacité à convertir efficacement l'énergie solaire en chaleur utilisable. En procédant à la mesure et à l'analyse des profils de température de l'absorbeur, des informations précieuses peuvent être obtenues quant à son comportement thermique ainsi que les performances des différentes configurations d'absorbeur. Dans le cadre de cette étude, notre attention s'est portée sur l'examen des variations de température dans les absorbeurs plats et trapézoïdaux, tout en utilisant de différents écarts entre l'absorbeur et le vitrage. Ces mesures nous ont permis de comparer et d'évaluer la distribution de température ainsi que les performances des deux types d'absorbeurs.

La Fig. IV.2 montre l'évolution temporelle des températures moyennes de l'absorbeur plat, à des distances de 3, 6, 9 et 12 cm du vitrage. On observe que la température de l'absorbeur situé à 6 cm du vitrage augmente de manière significative dès le début de l'expérience et dépasse les autres distances, atteignant un maximum de 55°C à la fin de l'expérience. En ce qui concerne les autres distances, les températures suivent une évolution similaire, atteignant respectivement 49, 42 et 47°C à la fin de l'expérience pour les distances de 3, 9 et 12 cm.

La Fig.IV.3 montre une comparaison des températures entre l'absorbeur plat et l'absorbeur trapézoïdal, pour des écarts de 6, 9 et 12 cm par rapport au vitrage. Les résultats révèlent que les absorbeurs trapézoïdaux, avec des écarts de 12 et 9 cm, enregistrent des températures plus élevées que celles des absorbeurs plats pour les mêmes écarts. Toutefois, il est important de souligner que l'absorbeur plat situé à 6 cm du vitrage affiche des températures supérieures aux autres écarts dès le début de l'expérience, atteignant un maximum de 55°C à la fin. Cela représente une différence de 4°C par rapport à l'absorbeur trapézoïdal pour le même écart.

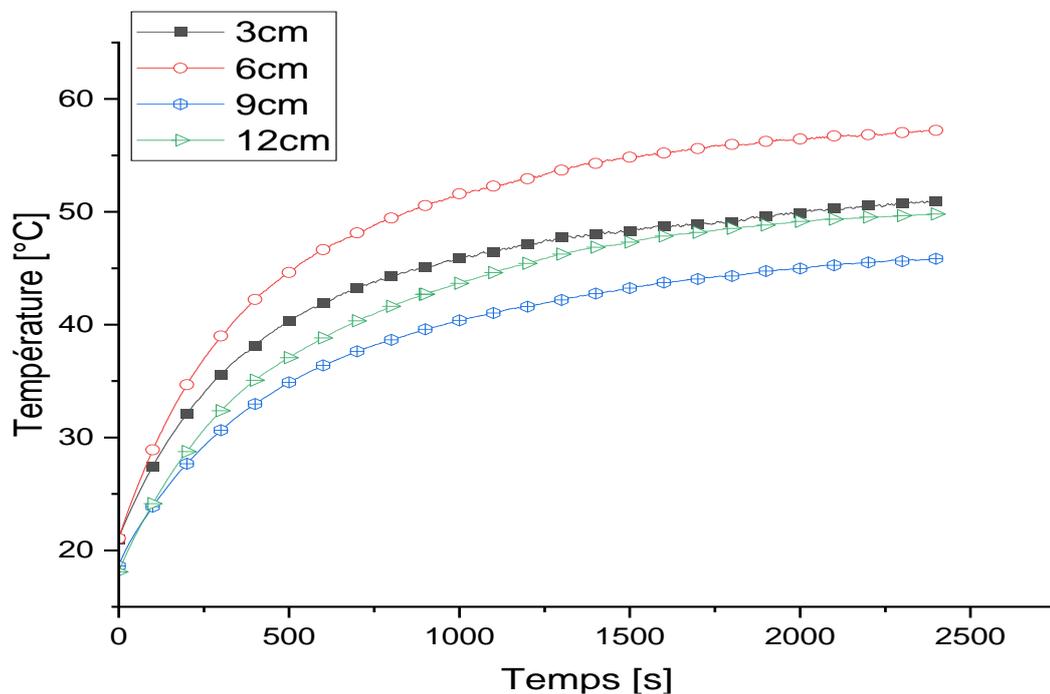


Figure.IV.2. Évolution temporelle des températures moyennes de l'absorbeur plat pour les écarts 3, 6, 9 et 12 cm du vitrage

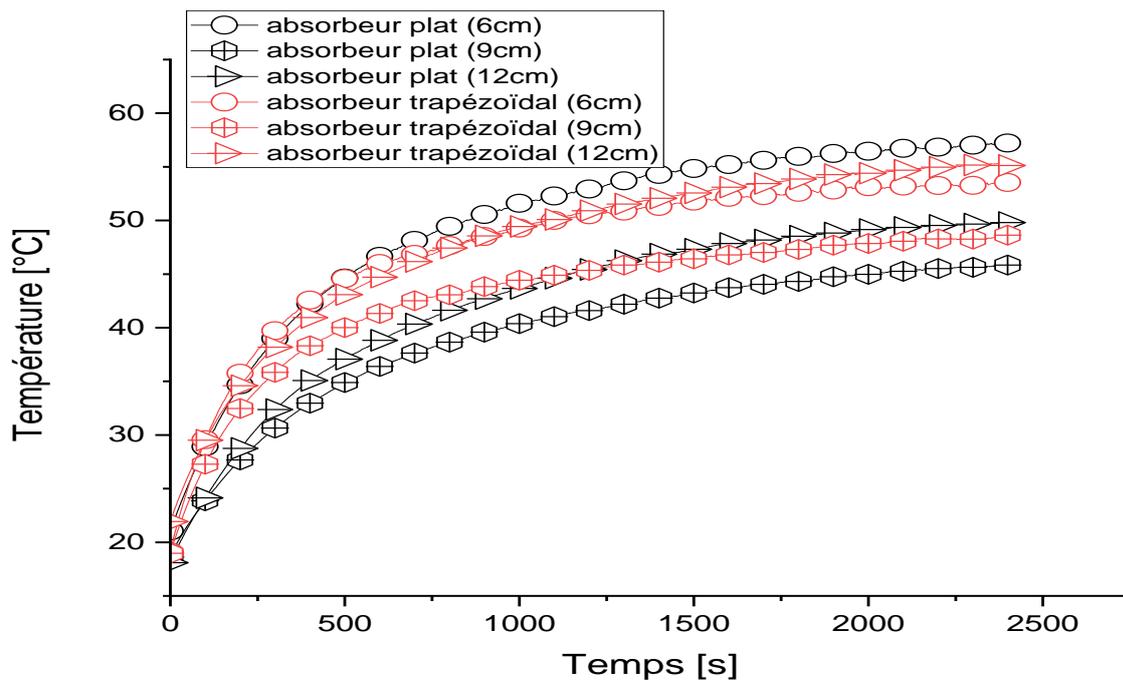


Figure.IV.3. Évolution temporelle des températures de l'absorbeur plat et trapézoïdal pour les écarts 3, 6, 9 et 12 cm du vitrage

IV.3.3. Différence de température entre les passages d'air

Il est important de noter que le déplacement de l'absorbeur par rapport au vitrage entraîne une augmentation de la surface de la partie inférieure du panneau et, en même temps, une diminution de la partie supérieure. En d'autres termes, déplacer l'absorbeur de 3, 6, 9 ou 12 cm du vitrage entraîne respectivement un déplacement de 15, 12, 9 ou 6 cm de la partie inférieure située sous l'absorbeur.

L'objectif de l'expérience est d'étudier la distribution et la variation des températures dans le capteur solaire en mesurant les températures dans la partie inférieure et supérieure du capteur pour chaque écart d'absorbeur. Les résultats obtenus offrent un aperçu de l'impact de l'écartement de l'absorbeur sur les profils de température.

En conclusion, cette étude met en évidence l'importance de la position de l'absorbeur par rapport au vitrage et son effet sur la répartition de la température dans le capteur solaire. Ces résultats sont précieux pour comprendre et optimiser les performances du système de captage solaire.

La Fig. IV.4 présente l'évolution temporelle de la différence de température entre les deux passages d'air de l'absorbeur plat, à des distances de 3, 6, 9 et 12 cm du vitrage. Lors de la mesure de la différence de température entre les deux côtés, le côté inférieur enregistre à la fin de l'expérience une température maximale respective de 6 ; 7,7 ; 8,4 et 9,6°C. De même, le côté

supérieur enregistre également une température maximale respective de 9°C, 11,3°C, 8,4°C et 9,3°C à la fin de l'expérience.

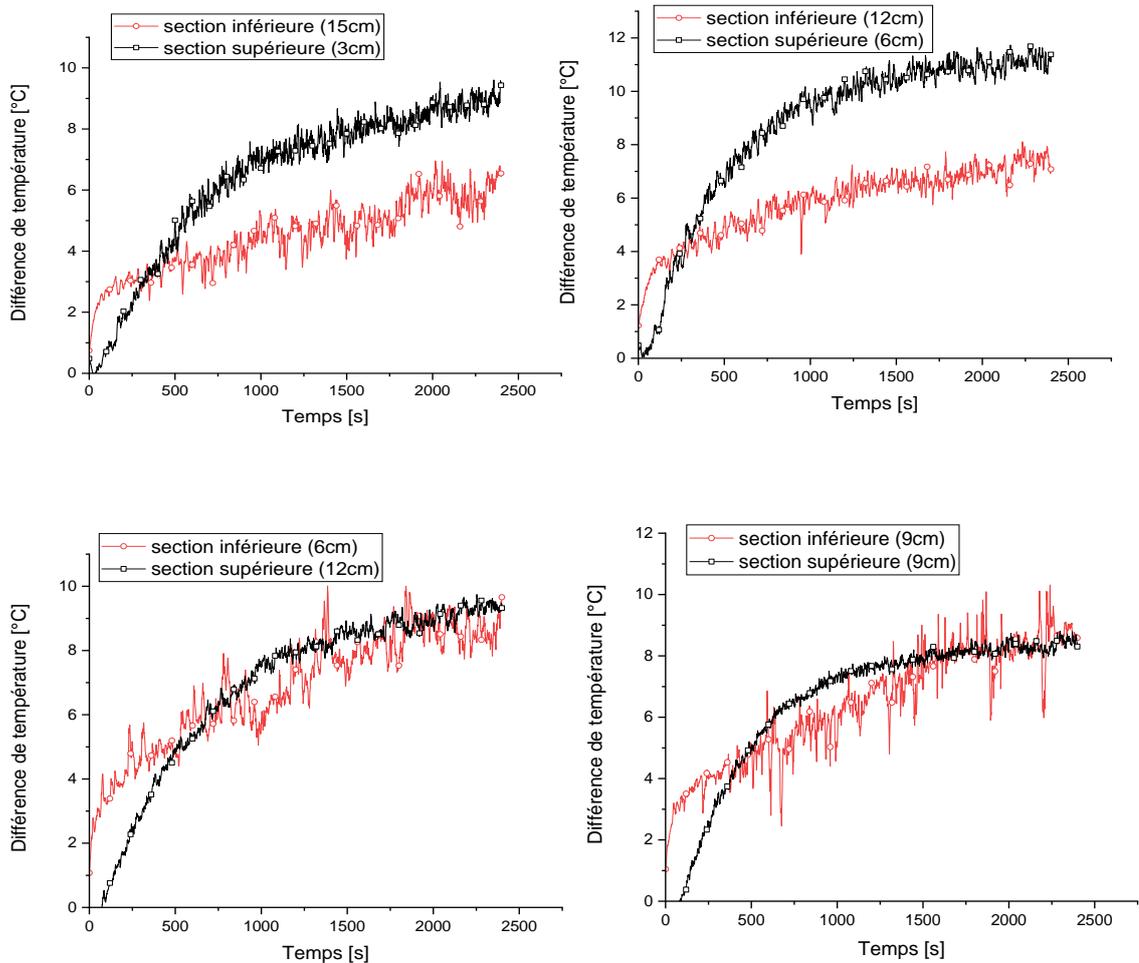


Figure.IV.4. Evolution temporelle des différences de température entre les deux passages d'air de l'absorbeur plat

La comparaison entre l'absorbeur trapézoïdal et l'absorbeur plat dans la Fig.IV.5 révèle des informations intéressantes sur leurs performances respectives. A une distance de 6 cm du vitrage, l'absorbeur trapézoïdal se distingue nettement de l'absorbeur plat, présentant une différence de température remarquable de 13 °C dans sa partie supérieure. Toutefois, il convient de noter que la partie inférieure de l'absorbeur trapézoïdal affiche une différence de température légèrement inférieure, avec une augmentation modeste de 3 °C de moins par rapport à l'absorbeur plat.

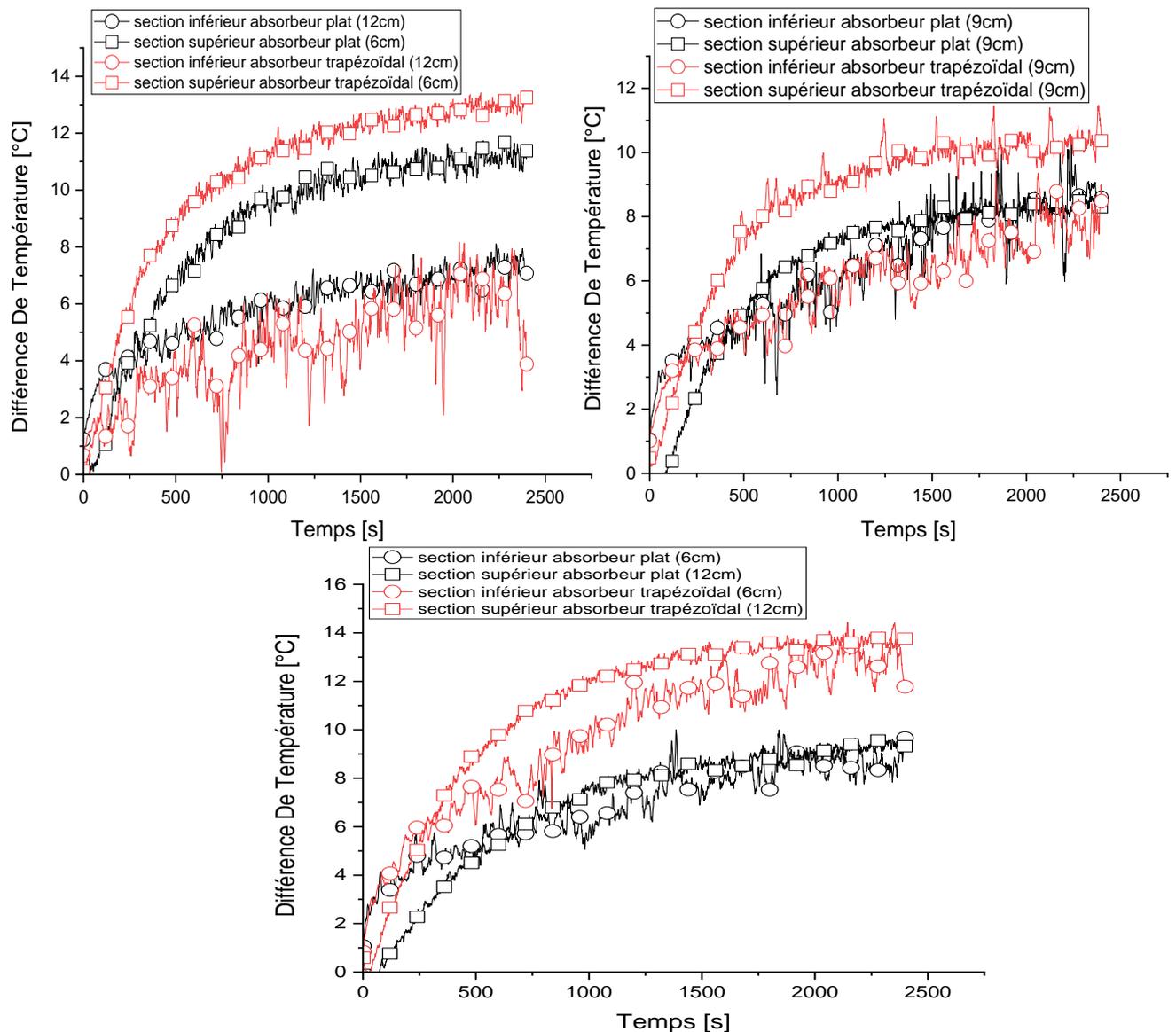


Figure.IV.5. Evolution temporelle des différences de température entre les deux passages d'air pour l'absorbeur plat et trapézoïdal

A la distance de 9 cm du vitrage, la partie supérieure de l'absorbeur trapézoïdal démontre sa supériorité par rapport à la partie supérieure de l'absorbeur plat, avec une différence de température significative de 10 °C. De manière intéressante, la partie inférieure de l'absorbeur trapézoïdal présente des valeurs de température similaires à celles de l'absorbeur plat des deux côtés.

Lorsqu'on examine l'écart de 12 cm, on constate les avantages évidents de l'absorbeur trapézoïdal, car il surpasse l'absorbeur plat des deux côtés. Les différences de température observées sont de 13 °C pour la partie supérieure et de 11 °C pour la partie inférieure, mettant en évidence les performances améliorées de la conception trapézoïdale.

L'évolution de la température dans le panneau révèle des observations intéressantes, notamment en ce qui concerne la différence de température entre les parties supérieure et inférieure. Dans un premier temps, il est remarqué que la partie inférieure présente une différence de température plus élevée au début de l'expérience. Ce phénomène peut être attribué au fait que la perte de chaleur est relativement plus faible sur la face inférieure, principalement en raison de la présence du vitrage qui agit comme une barrière thermique. Au début de l'expérience, lorsque l'absorbeur commence à absorber le rayonnement solaire, il chauffe l'air des deux côtés de manière similaire.

Cependant, la face supérieure, étant en contact direct avec le vitrage, subit un transfert de chaleur avec le milieu extérieur. Par conséquent, l'air qui circule initialement travaille pour chauffer le vitrage qui est relativement plus froid, ce qui entraîne une augmentation plus lente de la température sur la face supérieure pendant les premières étapes de l'expérience.

Au fur et à mesure que l'expérience progresse, nous observons une inversion du modèle de différence de température, avec le côté supérieur présentant finalement la plus grande différence de température par rapport au côté inférieur. Cette inversion peut être attribuée à l'effet de serre à l'intérieur du panneau solaire. Les températures en augmentation sur le côté supérieur témoignent l'effet cumulatif du réchauffement à l'intérieur du système. En revanche, la différence de température du côté inférieur continue d'augmenter de manière régulière, ce suggérant une perte de chaleur comparativement plus faible de ce côté pendant la période expérimentale. Dans le cas de la plaque trapézoïdale, on observe un avantage notable.

La conception trapézoïdale de l'absorbeur présente des avantages en termes de temps nécessaire pour atteindre la différence de température maximale par rapport à la configuration d'absorbeur plat. Cette réduction du temps peut être attribuée à plusieurs facteurs, notamment la présence de surfaces de contact plus importantes grâce aux ailettes et aux perturbations induites par la forme trapézoïdale de l'absorbeur. Ces caractéristiques favorisent le transfert de chaleur amélioré et facilitent une progression plus efficace des températures, ce qui permet d'atteindre plus rapidement les différences de température désirées.

IV.3. 4. Différence de température des deux capteurs solaires

La différence de température entre l'entrée et la sortie du capteur solaire est un facteur crucial pour déterminer ses performances. Dans cette étude, nous avons mesuré la différence de température pour l'absorbeur plat et trapézoïdal selon différents écarts, à savoir, 3, 6, 9 et 12 cm pour l'absorbeur plat et 6, 12, 9 cm pour l'absorbeur trapézoïdal.

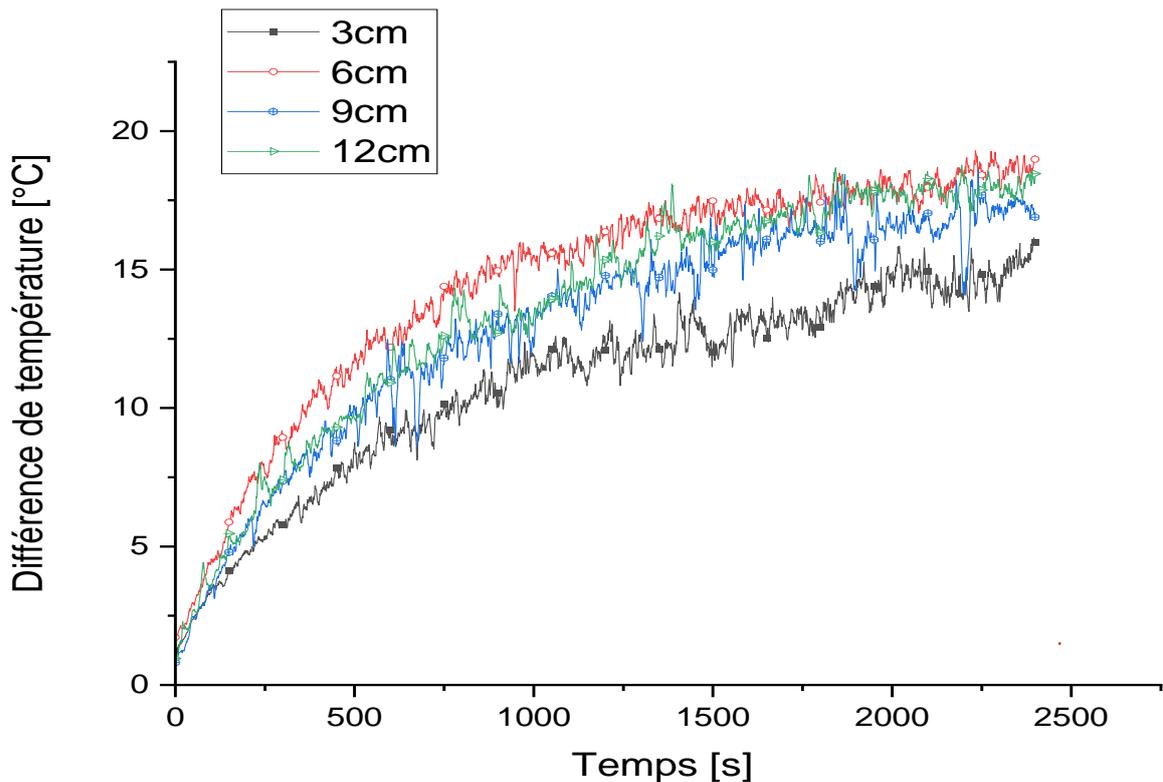


Figure. IV.6. Evolution temporelle des différences de température pour les écarts 3. 6. 9 et 12 cm de l'absorbeur plat

La Fig. IV.6 et représente l'évolution temporelle des différences de température entre l'entrée et la sortie du panneau à absorbeur plat selon les écarts 3, 6, 9 et 12 cm et. Les expériences montrent les différences de températures augmentent au fil du temps pour atteindre à la fin de l'expérience 19, 18, 16 et 15 °C respectivement pour les écarts 3, 6, 9 et 12.

Nous avons constaté à travers les mêmes expériences que l'écart 6 cm de l'absorbeur plat assure une différence de température plus élevée par rapport aux autres écarts. Certes, après 320 s, ($\Delta T = 9$ °C pour 6 cm), la courbe prend de l'ampleur et surpasse les autres écarts jusqu'à la fin de l'expérience pour atteindre 19 °C.

Nous remarquons aussi que les écarts 12 et 9 cm de l'absorbeur plat enregistrent des différences de température approximativement égale mais inférieure à celle de 6 cm pour un maximum de 19 % aux alentours de 960 s. L'écart de 3 cm enregistre une différence de température la plus basse relativement égale à un maximum de 20 % à 1660 s.

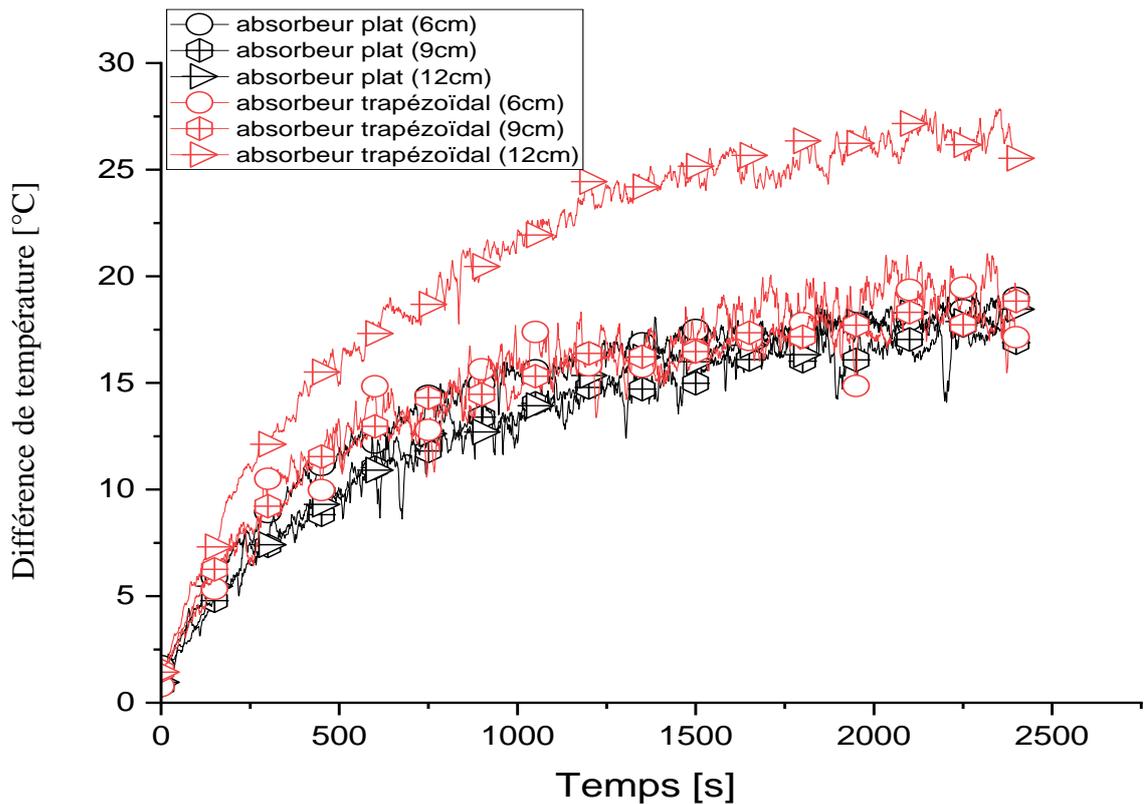


Figure. IV.7. Evolution temporelle des différences de température pour les écarts 6, 9 et 12 cm de l'absorbeur plat et trapézoïdale

Pour comparer les deux types d'absorbeurs, la Fig. IV.7 montre une comparaison de différences de température entre l'absorbeur plat et l'absorbeur trapézoïdal à 6, 9 et 12 cm. Les résultats révèlent que l'écart 9 cm de l'absorbeur trapézoïdal enregistre une différence de température similaire à celle de l'absorbeur plat, alors que l'écart 6 cm de l'absorbeur trapézoïdal assure une légère augmentation de cette différence de température de 7% par rapport à l'absorbeur plat. L'écart de 12 cm de l'absorbeur trapézoïdal assure une meilleure différence de température de 25 °C par rapport à l'absorbeur plat avec un écart de 6 cm, soit une augmentation de 20 %.

Remarque : Il convient de souligner que l'écart de 3 cm entre l'absorbeur trapézoïdal et le vitrage a entraîné un frottement excessif, causant ainsi la casse de ce dernier. Cette situation nous a contraints à retirer l'absorbeur de l'expérience.

IV.3.5. Comparaison de la production d'énergie

Dans n'importe quel système de production d'énergie calorifique, il est important de la calculer et de la quantifier pour évaluer les performances du capteur utilisé et optimiser sa conception. L'équation (4.1) représente la quantité d'énergie (sous forme de puissance) gagnée par l'air entre l'entrée et la sortie du panneau pour les deux types d'absorbeur.

Les Figures IV.8 et IV.9 présentent respectivement l'évolution temporelle de la production d'énergie à travers l'absorbeur plat pour les écarts de 3, 6, 9 et 12 cm, et à travers l'absorbeur trapézoïdal pour les écarts de 6, 9 et 12 cm. Nous pouvons observer que l'énergie produite augmente de manière exponentielle avec le temps, atteignant à la fin 660, 620, 580 et 450 kW respectivement pour les écarts de 6, 12, 9 et 3 cm de l'absorbeur plat, et 920, 680 et 650 kW respectivement pour les écarts de 12, 6 et 9 cm de l'absorbeur trapézoïdal.

Temps (s)

Figure. IV. 8 Evolution temporelle la production d'énergie de l'absorbeur plat pour les écarts 3, 6, 9 et 12cm

Temps (s)

Figure. IV. 9. Evolution temporelle de la production d'énergie de l'absorbeur trapézoïdal pour les écarts 6, 9 et 12cm

La comparaison de la production d'énergie pour l'écart 6 cm de l'absorbeur plat et les écarts 6, 9 et 12 cm de l'absorbeur trapézoïdal est illustrée sur la Fig. IV. 10. Les résultats obtenus confirment les observations précédentes sur les différences de température. En effet, les trois valeurs de production d'énergie enregistrées par l'absorbeur trapézoïdal dépassent celles de l'absorbeur plat, atteignant respectivement 3, 10 et 34 % pour les écarts de 6, 9 et 12 cm à la fin de l'expérience.

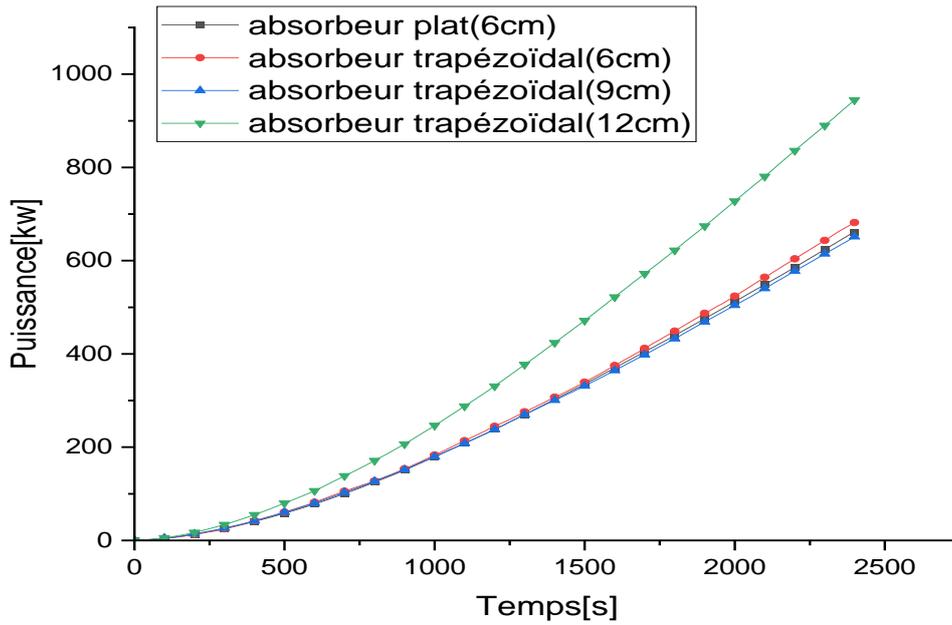


Figure. IV. 10. Comparaison d'énergie pour l'absorbeur plat de 6 cm et l'absorbeur trapézoïdal de 6, 9 et 12 cm

IV.3.6. Analyse de l'efficacité thermique du capteur solaire

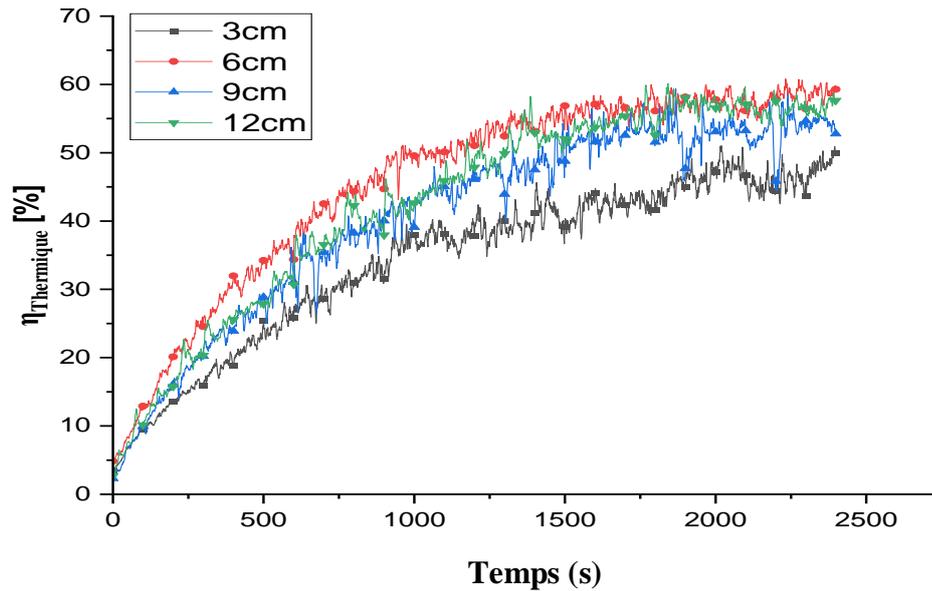


Figure. IV.11. Evolution temporelle de l'efficacité de l'absorbeur plat pour les écarts 3, 6, 9 et 12 cm)

Outre l'analyse de la production d'énergie du capteur solaire thermique, nous avons évalué l'efficacité globale du système. Pour ce faire, nous avons calculé la quantité d'énergie produite par le capteur solaire et l'avons divisé par la quantité de rayonnement solaire reçue sur la surface

du capteur. Un rendement plus élevé indique que le panneau est capable de convertir un plus grand pourcentage de rayonnement solaire en énergie utilisable.

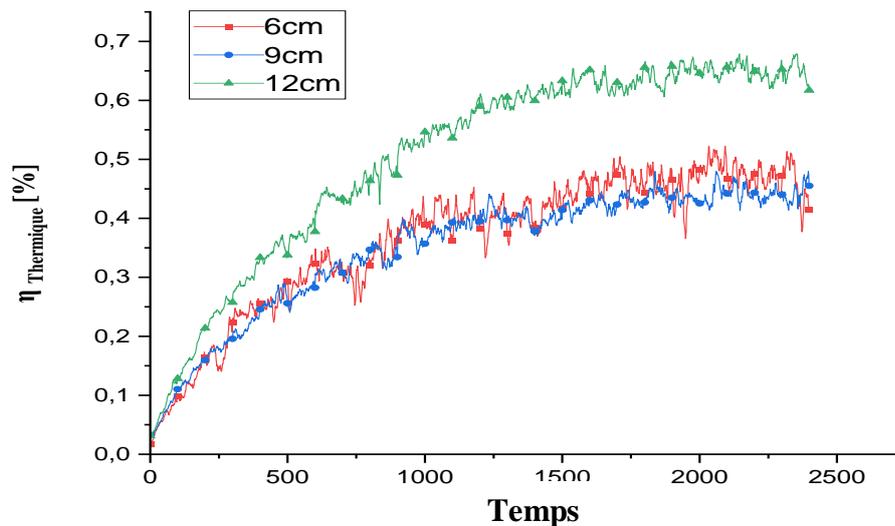


Figure. IV.12. Evolution temporelle de l'efficacité de l'absorbeur trapézoïdal pour les écarts 6, 9 et 12 cm

Les Fig. IV.11 et IV. 12 illustrent l'évolution temporelle de l'efficacité du panneau solaire à absorbeur plat pour les écarts 3, 6, 9 et 12 cm et à absorbeur trapézoïdal pour les écarts 6, 9 et 12 cm. Les résultats expérimentaux ont révélé des efficacités thermiques de 59, 57, 52 et 47 % respectivement pour les écarts 6, 12, 9 et 3 cm pour le plat et 77, 41 et 45 % respectivement pour les écarts 12, 6 et 9 cm pour le panneau solaire à absorbeur trapézoïdal à la fin de l'expérience.

Sur la base de la comparaison des absorbeurs les plus performants. La Fig. IV. 13 montre bien que le panneau solaire à absorbeur trapézoïdal à 12 cm d'écart, enregistre une efficacité plus élevée tout au long de l'expérience et surpassant à la fois l'absorbeur plat sur tous les écarts.

En conclusion, les résultats obtenus mettent en évidence que l'absorbeur trapézoïdal avec un écart de 12 cm est plus performant pour la conversion du rayonnement solaire incident en énergie utilisable. Par conséquent, il s'avère être un choix judicieux pour les applications solaires thermiques

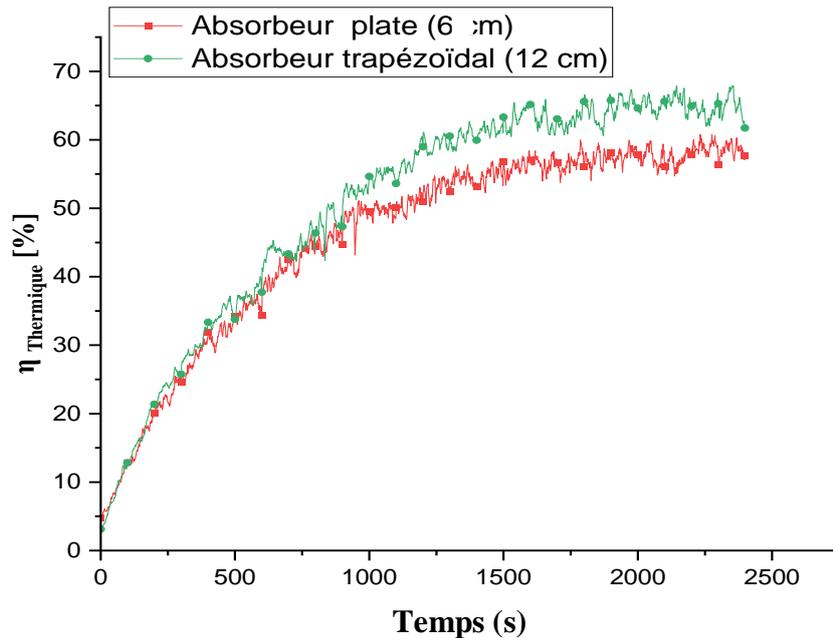


Figure. IV.13. Comparaison des efficacités pour l'absorbeur plat à l'écart de 6 cm et l'absorbeur trapézoïdal à l'écart de 12 cm

L'absorbeur trapézoïdal montre une meilleure performance que l'absorbeur plat en raison de sa conception. La forme trapézoïdale offre une plus grande surface avec laquelle le fluide entre en contact, augmentant le transfert de chaleur entre l'absorbeur et le fluide. Ce transfert de chaleur accru, conduit à une efficacité thermique plus élevée et, en fin de compte, à de meilleures performances.

IV.3.7. Analyse de l'exergie et de l'efficacité exergetique

L'efficacité exergetique et la perte exergetique sont des paramètres importants qui déterminent les performances d'un capteur solaire. L'efficacité exergetique est une mesure de la quantité de travail utile qui peut être obtenue à partir de l'énergie collectée, tandis que la perte exergetique représente la quantité d'énergie perdue pendant le processus de conversion. Dans cette partie, nous avons étudié l'efficacité exergetique et la perte exergetique d'un capteur solaire à double passe avec un absorbeur plat et trapézoïdal.

Les expériences ont été menées selon différents écarts des absorbeurs et les mesures ont été prises à la fois sur l'efficacité exergetique et la perte exergetique. Comme le montre Fig.IV.14, la perte d'exergie pour les différents écarts de l'absorbeur plat varie considérablement et peut atteindre un maximum de 56 W pour l'écart 6 cm de l'absorbeur plat. La perte minimale est d'environ 50 W aux écarts 3 et 12 cm.

Figure.IV.14. Variation

cm.

La Fig. IV. 15 montre l'efficacité exergetique correspondante pour les différents écarts de l'absorbeur plat, qui varie d'un minimum de 19 % à l'écart 3 cm à un maximum de 25 % aux écarts 6 cm et 12 cm. L'écart 9 cm présente un rendement exergetique d'environ 21 % et une perte d'exergie d'environ 52 W.

Figure. IV.15. Variation de l'efficacité exergetique

cm.

Pour l'absorbeur trapézoïdal, la Fig.IV.16 montre la perte d'exergie pour les trois écarts. La perte d'exergie la plus élevée est atteinte à l'écart 6 cm autour de 78 W, tandis que la perte minimale était d'environ 48 W à 12 cm d'écart. La Fig.IV.17 illustre l'efficacité exergetique correspondante pour les trois écarts de l'absorbeur trapézoïdal. L'efficacité exergetique la plus élevée est atteinte 12 cm d'écart autour de 49 %, tandis que l'efficacité minimale était d'environ 18 % à 6 cm d'écart. L'écart 9 cm avait un rendement exergetique d'environ 19 % et une perte d'exergie d'environ 68 W. On peut observer que l'absorbeur trapézoïdal avait une efficacité exergetique plus élevée que l'absorbeur plat à 12 cm d'écart, comme le montre la Fig.IV.17. Cela pourrait être attribué à la plus grande surface de l'absorbeur trapézoïdal, qui permet une plus grande absorption du rayonnement solaire.

Figure.IV.16. Variation d'exergie

cm

Les résultats obtenus pour les surfaces d'absorbeur plat et trapézoïdal dans le panneau solaire à double passe peuvent s'expliquer par le comportement du flux de fluide et du transfert de chaleur à l'intérieur du panneau. La surface plane est plus facile à fabriquer et à installer, mais son efficacité est plus faible par rapport à la surface trapézoïdale. La surface trapézoïdale a une surface plus grande et une géométrie plus complexe, ce qui peut entraîner un meilleur transfert de chaleur et un débit de fluide.

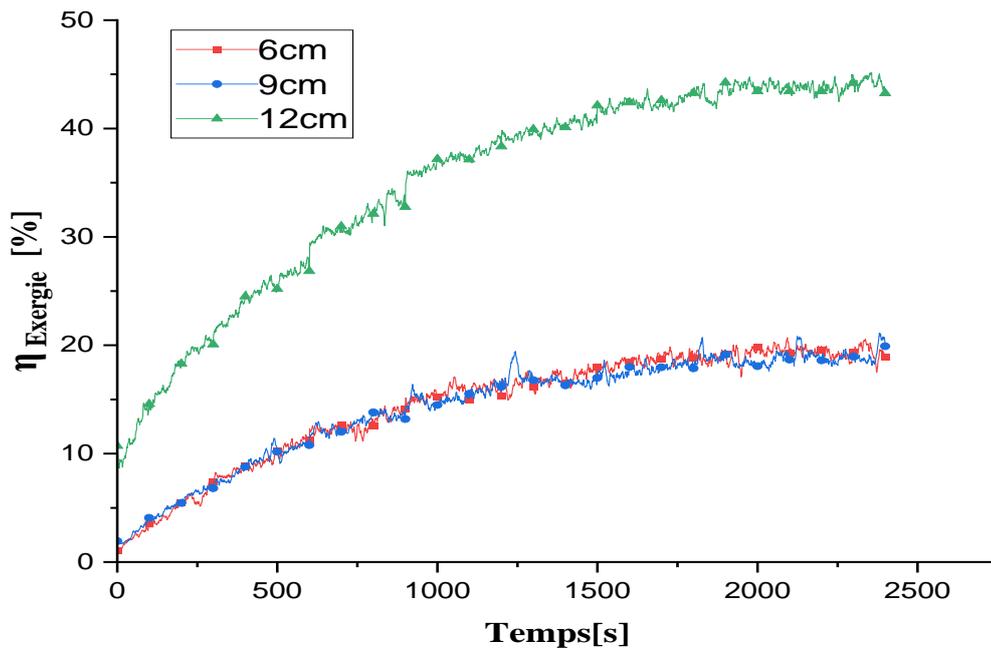


Figure. IV. 17. Variation de l'efficacité exégétique pour l'absorbeur trapézoïdal selon les écarts 6, 9 et 12 cm

La perte d'exergie plus élevée observée pour 6 cm d'écart de la surface d'absorbeur plat et qui peut être attribuée au motif d'écoulement à l'intérieur du panneau. Le flux de fluide près du milieu du panneau est plus lent par rapport aux bords, ce qui peut entraîner un gradient de température à travers le panneau et une perte d'exergie plus élevée. D'un autre côté, l'efficacité d'exergie plus élevée observée pour les écarts de 6 cm et 12 cm de la surface de l'absorbeur plat, cela peut être attribuée au fait que le flux de fluide près des bords du panneau est plus rapide, ce qui peut entraîner un meilleur transfert de chaleur et plus efficace conversion de l'énergie.

IV.4. Conclusion

Les résultats expérimentaux ont permis de constater que l'écart de l'absorbeur via le vitrage a un impact significatif sur les performances du système de capteurs solaires. Plus précisément, pour les absorbeurs plats et trapézoïdaux, l'efficacité énergétique et exergétique étaient maximales lorsque l'absorbeur était placé au base du panneau. Cette observation s'explique par le fait que l'intensité du rayonnement solaire est la plus élevée à cet écart, entraînant ainsi une conversion d'énergie thermique plus importante de l'énergie solaire par l'absorbeur.

Les résultats expérimentaux ont révélé que l'écart de l'absorbeur via le vitrage avait une incidence sur les pertes d'exergie du système de capteurs solaires. En effet, pour les absorbeurs plats et trapézoïdaux, les pertes d'exergie étaient les plus faibles lorsque l'absorbeur était placé à la base du panneau. Cette observation s'explique par le fait que la partie inférieure du panneau est plus froide que la partie supérieure, ce qui entraîne une différence de température plus importante entre l'absorbeur et l'environnement, et donc une moindre destruction d'exergie.

Il est important de souligner que la performance globale du système de capteurs solaires est influencée par plusieurs facteurs, tels que la conception du capteur, le type d'absorbeur, le fluide utilisé et les conditions de fonctionnement. Par conséquent, des recherches et une optimisation plus poussée de ces facteurs peuvent permettre d'améliorer l'efficacité et de réduire les pertes d'exergie dans le système de capteurs solaires. Des efforts continus dans ce sens sont nécessaires pour maximiser les avantages de cette technologie propre et renouvelable.

Les résultats de ces expériences mettent en évidence l'impact significatif de l'écart de l'absorbeur via le vitrage sur les performances du système de capteurs solaires. Ajuster la position de l'absorbeur pourrait ainsi améliorer l'efficacité énergétique et exergétique, ainsi que réduire la perte d'exergie dans le système. Ces résultats soulignent l'importance de l'optimisation des paramètres du système pour maximiser l'utilisation de l'énergie solaire comme source d'énergie renouvelable.

Conclusion générale

Conclusion Générale

Conclusion générale

Dans ce projet de fin d'étude axé sur les capteurs solaires, nous avons mené des expériences complètes pour étudier les performances et l'efficacité de différentes conceptions d'absorbeurs, en particulier des absorbeurs plat et trapézoïdaux. Cependant, pour améliorer notre étude, nous pourrions envisager les améliorations suivantes :

1. Les expériences se sont déroulées selon un débit fixe
2. Evaluation de l'impact de l'écart fixe entre le vitrage et l'absorbeur qui a permis de déterminer l'écart optimal qui maximise l'efficacité du capteur
3. Mesure de l'efficacité énergétique en quantifiant la quantité d'énergie solaire captée par le capteur et en la comparant à l'énergie utilisée pour faire fonctionner le système.
4. Evaluer les performances du capteur solaire qui ont permis de déterminer l'efficacité globale du capteur et d'identifier des moyens d'optimisation énergétique.
5. Evaluation de l'exergie et du rendement exergétique.

Pour garantir des résultats précis et fiables, nous avons répété trois fois les expériences afin d'assurer la cohérence et valider les résultats. Cependant, il est important de noter que nous avons été confrontés à certains défis en raison de la disponibilité limitée des matériaux, ce qui a affecté la portée de notre étude. Néanmoins, nous avons exploité au maximum les ressources disponibles et effectué des analyses approfondies à partir des données obtenues.

Un aspect important de notre configuration expérimentale était l'inclusion d'une source thermique pour fournir un apport de rayonnement fixe. Cela nous a permis de contrôler et de standardiser la source de chaleur, garantissant des conditions constantes tout au long des expériences. De plus, un débit d'air fixe a été maintenu pour simuler des conditions de fonctionnement réalistes et faciliter des mesures de température précises.

Tout au long des expériences, nous avons fait varier l'écart entre le vitrage et l'absorbeur pour examiner son influence sur la répartition des températures et les performances globales. Des absorbeurs plats et trapézoïdaux ont été étudiés, chacun avec ses propres caractéristiques. Notamment, l'absorbeur trapézoïdal qui a présenté des performances supérieures à celles de l'absorbeur plat, présentant des différences de température plus élevées à des positions spécifiques.

L'étude expérimentale que nous avons réalisée nous a permis de tirer les conclusions suivantes

Conclusion Générale

- L'écart de 6 cm entre l'absorbeur plat et le vitrage a généré une différence de température significative, atteignant 19 °C à la fin de l'expérience. Les écarts de 12 cm et de 9 cm ont également enregistré des différences de température similaires, mais inférieures à celle de 6 cm, avec un maximum de 19 % à 960 s.
- Pour l'absorbeur trapézoïdal, l'écart de 9 cm avec le vitrage a enregistré une différence de température supérieure à celle de l'absorbeur plat, tandis que l'écart de 6 cm a présenté une légère augmentation de cette différence de température.
- L'absorbeur trapézoïdal avec l'écart de 12 cm a enregistré une différence de température supérieure de 25 °C par rapport à l'absorbeur plat à 6 cm d'écart.

L'efficacité exergetique de l'absorbeur plat varie en fonction des différents écarts, avec un minimum de 19 % à 3 cm et un maximum de 25 % à 6 cm et 12 cm.

La perte d'exergie la plus élevée est observée avec l'écart de 6 cm, atteignant environ 78 W, tandis que la perte minimale était d'environ 48 W avec un écart de 12 cm d'écart.

- Pour l'absorbeur trapézoïdal présente une efficacité exergetique maximale d'environ 49 % à un écart de 12 cm, tandis que l'efficacité minimale est d'environ 18 % à l'écart de 6 cm.

Nos résultats ont mis en évidence l'importance de l'écart entre le vitrage et l'absorbeur. En ajustant précisément ce paramètre, nous avons réussi à optimiser le transfert et l'absorption de chaleur, ce qui a conduit à une améliorer des performances des deux types d'absorbeurs.

En conclusion, ce projet de fin d'étude a mis en évidence les performances des capteurs solaires en fonction de l'écart entre le vitrage et l'absorbeur, en utilisant des conceptions d'absorbeurs plats et trapézoïdaux. Malgré les contraintes liées à la disponibilité des matériaux, nos expériences ont généré des connaissances précieuses.

Nous recommandons aux futurs chercheurs, notamment aux étudiants en master, d'approfondir les possibilités de recherche dans ce domaine. Des pistes d'investigation potentielles pourraient inclure la modification de l'inclinaison de l'absorbeur, l'ajustement de l'angle de l'absorbeur, l'étude de l'impact de la variation du rayonnement provenant de la source thermique, ainsi que l'évaluation de l'influence des forces de convection en comparant la convection naturelle et forcée.

Ces avenues de recherche permettraient d'élargir notre compréhension des capteurs solaires et d'explorer des aspects clés pour optimiser leur efficacité et leur performance.

En poursuivant nos efforts, les recherches futures peuvent apporter une contribution significative à l'avancement de la technologie des capteurs solaires, ouvrant la voie à des systèmes énergétiques plus efficaces et durables. Nous aspirons à ce que nos découvertes

Conclusion Générale

stimulent et orientent les chercheurs dans leur exploration de solutions novatrices pour exploiter pleinement le potentiel de l'énergie solaire.

En poursuivant nos efforts, les recherches futures peuvent apporter une contribution significative à l'avancement de la technologie des capteurs solaires, ouvrant la voie à des systèmes énergétiques plus efficaces et durables. Nous espérons que nos découvertes stimulent et orientent les chercheurs dans leur exploration de solutions novatrices pour exploiter pleinement le potentiel de l'énergie solaire.

Références bibliographiques

Références

- [1] **ABABSA Dalila**. Optimisation Du Rendement D'un Capteur Solaire Par Minimisation Des Pertes Convectives .2010
- [2] **Omojaro AP, Aldabbagh LBY**. Experimental performance of single and double pass solar air heater with fins and steel wire mesh as absorber. *Appl Energy* 2010;87:3759–65
- [3] **Suhaib J. Shbailat . Al-** Energy and Exergy Analysis of Solar Air Collector with Perforating Corrugated Absorber Plate Esraa University College
- [4] **Tyagi VV, Pandey AK, Giridhar G, Bandyopadhyay B, Park SR, Tyagi SK** (2012) Comparative study based on exergy analysis of solar air heater collector using thermal energy storage. *Int J of Energy Research* 36:724–736.
- [5] **Darici1 & Anil Kilic1** .Comparative study on the performances of solar air collectors with trapezoidal corrugated and flat absorber plates Selçuk Received: 11 April 2019 /Accepted: 6 January 2020 /Published online: 24 January 2020
- [6] **D.V.N.Lakshmia*, Apurba Layekb, P. Muthu Kumarc** - Performance analysis of trapezoidal corrugated solar air heater with sensible heat storage material.
- [7] **S. Oudjedi1, A. Boubghal, W. Braham Chaouch, T. Chergui et A. Belhamri**. “Etude paramétrique d’un capteur solaire plan à air destiné au séchage (Partie: 2)”. *Revue des Energies Renouvelables SMSTS’08 Alger* (2008) 255 – 266.
- [8] **K. Sopian, Supranto, W.R.W. Daud, M.Y. Othman,V.B. Yatimc**. “Thermal performance of the double-pass solar collector with and without porous media”. *Renewable Energy* 18 (1999) 557±564
- [9] **Singh Yadav Anil, Bhagoria JL**. A CFD based thermo-hydraulic performance analysis of an artificially roughened solar air heater having equilateral triangular sectioned rib roughness on the absorber plate. *Int J Heat Mass Transf* 2014;70:1016–39.
- [10] **Krishnananth SS, Kalidasa Murugavel K**. Experimental study on double pass solar air heater with thermal energy storage. *J King Saud Univ – Eng Sci* 2013;25:135–40
- [11] **Deniz Alta , Emin Bilgili , Ertekin , Yaldiz Osman**. Experimental investigation of three different solar air heaters: energy and exergy analyses. *Appl Energy* 2010;87:2953–73
- [12] **Donatien Njomo**. Étude théorique du comportement thermique d'un capteur solaire plan à air à couverture combinée plastique-vitre 1998-
- [13] **Adnane Labed. Moumni Nouredine . Adel Benchabane . Kamel Aoues** Performances thermiques et pertes de charges de différentes configurations de capteurs solaires plans à air Etude expérimentale dans la région de Biskra, Algérie Université de Biskra
- [14] **S. BABU SASI KUMAR and M. CHINNAPANDIAN**,« The performance study of a solar flat plate type air collector with natural and forced convection»,*Journal of Industrial Pollution Control* 33(2) PP 1155-1162. INDIA. 2017

Références

- [15] **Duffie, John A., and William A. Beckman.** Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley, 2013.
- [16] "Thermal performance of unglazed flat plate solar collectors" de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), publié en 2012.
- [17] **Kalogirou, Soteris A.** Solar Thermal Collectors and Applications. Academic Press, 2013.
- [18] **Vajen, Klaus** (Ed.). Solar Thermal Energy Utilization: German Studies on Technology and Application. Springer, 2013.
- [19] <https://direns.mines-paristech.fr/Sites/Thopt/fr/co/capteurs-solaires.html>, consulté le 16/02/2023 à 19 :20
- [20] **Kalogirou, S. A.** (2004). Concentrating solar power technology: Principles, developments and applications. *Renewable Energy*, 27(4), 573-582.
- [21] **Price, H., Kearney, D., Zarza, E., & Cohen, G.** (2002). Parabolic Trough Solar Collectors. *Solar Energy*, 73(4), 395-408.
- [22] **Kumar, S., Reddy, K. S., & Kumar, N. S.** (2013). Solar thermal power plants: A review of concentrated solar power technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 672-686.
- [23] **Lovegrove, K., & Stein, W.** (2012). Linear Fresnel Reflectors. *Solar Energy*, 86(5), 1289-1314
- [24] **Abderrahmane CHETTIR**, Etude thermique d'un capteur solaire à air muni des chicanes, Université Mohamed KHIDER Biskra, mémoire, 8 juillet 2019
- [25] Mr. **ZINEDDINE Mohammed Salah** et Mr. **BOUCHENA Haroun**, Etude théorique d'un capteur solaire plan à air, Université DRAIA AHMED-ADRAR-, mémoire, 2021
- [26] **AISSAOUI WERIDA** et **SOUIADIA HABIBA**, Etude expérimentale d'un capteur solaire plan à air, mémoire, Université Mohamed boudiaf-m'sila, 2019, 71p
- [27] **AGHILAS BRAHIMI**, Etude de performances d'un capteur solaire plan à eau, UNIVERSITE DE LORRAINE, mémoire, Février 2016
- [28] https://fr.solarpedia.net/wiki/index.php?title=Capteur_solaire_plan >Le fluide caloporteur >Bilan énergétique, consulté le 18/02/2023 à 18 :54
- [29] **AYCHI OMER ABDELWAHID** et **GASMI MASSOUD**, Etude de l'effet des paramètres sur les performances d'un capteur solaire plan à fluide liquide dans le site d'Ouargla, Université KASDI MERBAH Ouargla, mémoire, 09/07/2019
- [30] Mr **SAAD AREZKI** et Mr **DAMOUS HAKIM**, Etude et conception d'un chauffe-eau solaire, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, mémoire, 2018
- [31] **NADJI NEDJEMEDDINE**, Étude des performances d'un capteur solaire plan à conversion thermique, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA, mémoire, 2018
- [32] **ABABSA DALILA**, Optimisation Du Rendement D'un Capteur Solaire Par Minimisation Des Pertes Convectives, Université EL-HADJ LAKHDAR-BATNA-, mémoire, 2010

Références

- [33] **SIAD REDOUANE et DJOUHRI SLIMAN**, Amélioration de l'efficacité thermique d'un capteur solaire à air avec système de stockage d'énergie thermique, mémoire, Université KASDI MERBAH d'Ouargla, 15/06/2021
- [35] <http://www.distrimesure.com/fr/luxmetres-solarimetres-testeurs-de-lampes/4312-solar-100-solarimetre-amprobe-solar-100.html>
- [35] <http://www.davisinstruments.com/resources/wether-instruments-anemometres-wind-anees/>
- [36] <http://www.sailifo.com/product/XM-18D-digital-temperature-controller.html>
- [37] <https://www.wanptek.com/wp-content/uploads/2021/02/kps3010D-Product-Documentation.pdf>
- [38] **Wissam Hashim Khalil, H.K. Dawood, Zain Alabdeen Hussein Obaid**. Exergy analysis of single-flow solar air collectors with different configurations of absorber plates, 2019
- [39] **Mohammed S. Fahmi¹, Wissam H. Khalil¹, Amer J. Shareef²**. Energy and Exergy Analysis of a Finned-Plate Double Pass Solar Air Heater with Different Arrangement, 2020.

Résumé

ملخص

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو مقارنة أداء الطاقة والإجهاد لمجمع شمسي قائم على الهواء لنوعين من ماصات الطاقة الشمسية: ماص مسطح وامتصاص شبه منحرف. تم فصل هذين النوعين المدروسين على فجوات مختلفة عن الزجاج ، مع معدل تدفق هواء جماعي ثابت وإشعاع. أجريت التجارب في نفس الظروف البيئية باستخدام مواد متطابقة. أظهرت النتائج أن جهاز الامتصاص شبه المنحرف تفوق على جهاز الامتصاص المسطح من حيث الكفاءة الحرارية. ومع ذلك ، سجلت الفجوة 12 سم بين الماص شبه المنحرف والزجاج كفاءة حرارية قصوى بلغت 61٪ ، بينما سجلت الفجوة 6 سم بين الماص المسطح والزجاج كفاءة قصوى بلغت 59٪. كانت الكفاءة الشاقة للممتص شبه المنحرف أعلى بكثير من تلك الخاصة بالممتص المسطح ، حيث وصلت إلى 43٪ مقارنة بـ 25٪ فقط للممتص المسطح باستخدام الفجوات المذكورة أعلاه. كشفت الدراسة أيضًا أن الشكل شبه المنحرف يزيد من مساحة سطح التبادل ، مما يسمح بامتصاص أكبر للإشعاع الشمسي ، ويؤدي إلى اضطراب الهواء في مجال التدفق ، مما يعزز الأداء المفرط للمجمع الشمسي. يمكن أن توفر هذه النتائج رؤى قيمة لتصميم وتحسين مجمعات الطاقة الشمسية لتحسين أدائها الحراري والحيوي

كلمات مفتاحية: مجمع الهواء الشمسي، ممتص مسطح، ممتص شبه منحرف، اختلاف درجة الحرارة، كفاءة الأداء الاكزرجي، كفاءة الأداء الطاوقية

Abstract

The main objective of this study is to compare the energy and exergy performances of an air-based solar collector for two types of solar absorbers: a flat absorber and a trapezoidal-shaped absorber. These two studied types are spaced at different gaps from the glazing, with constant mass airflow rate and radiation. The experiments were conducted under the same environmental conditions using identical materials. The results showed that the trapezoidal absorber outperformed the flat absorber in terms of thermal efficiency. However, the 12 cm gap between the trapezoidal absorber and the glazing recorded a maximum thermal efficiency of 61%, while the 6 cm gap between the flat absorber and the glazing recorded a maximum efficiency of 59%. The exergetic efficiency of the trapezoidal absorber was significantly higher than that of the flat absorber, reaching 43% compared to only 25% for the flat absorber using the aforementioned gaps. The study also revealed that the trapezoidal shape increases the exchange surface area, allowing for greater absorption of solar radiation, and induces air turbulence in the flow field, which enhances the exergetic performance of the solar collector. These results could provide valuable insights for the design and optimization of solar collectors to improve their thermal and exergetic performances

Keywords: solar air collector, flat absorber, trapezoidal absorber, temperature difference, exergy efficiency, energy efficiency.

Résumé

L'objectif principal de la présente étude est de comparer les performances énergétique et exergetique du capteur solaire à air pour deux types d'absorbeurs solaires: absorbeur plat avec le même absorbeur équipé de formes trapézoïdales. Ces deux types étudiés, sont espacés du vitrage à différents écarts pour un débit d'air massique et un rayonnement constants. Les expériences ont été menées dans les mêmes conditions environnementales avec les mêmes matériaux. Les résultats ont montré que l'absorbeur trapézoïdal était plus performant que l'absorbeur plat en termes d'efficacité thermique. Cependant, l'écart de 12 cm entre l'absorbeur trapézoïdal et le vitrage a enregistré une efficacité thermique maximale de 61%, tandis que l'écart de 6 cm entre l'absorbeur plat et le vitrage a enregistré une efficacité maximale de 59%. L'efficacité exergetique de l'absorbeur trapézoïdal était significativement supérieure à celle de l'absorbeur plat, atteignant 43% via seulement 25% pour l'absorbeur plat selon les écarts cités précédemment. L'étude a également révélé que la forme trapézoïdale augmente d'une part la surface d'échange permettant une plus grande absorption du rayonnement solaire ; et induit d'autre part, une turbulence de l'air dans le champ d'écoulement, ce qui améliore les performances exergetiques du capteur solaire. Ces résultats pourraient fournir des informations précieuses pour la conception et l'optimisation des capteurs solaires afin d'améliorer leurs performances thermiques et exergetiques.

Mots clés : capteur solaire à air, absorbeur plan, absorbeur trapézoïdal, différence de température, efficacité exergetique, efficacité énergétique.