

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA

Faculté Des Hydrocarbures ,Des Energies Renouvelables ,Des Sciences De La
Terre Et De L'univers



Département des énergies renouvelables

Mémoire

Présenté pour l'obtention d'un diplôme de

Master

Spécialité : Génie Mécanique

Option :Energies Renouvelables en mécanique

Présenté par :

Ilham ROUAI

Mohamed-Lamine BERREKBIA

Thème

*Étude d'un système hybride de ventilation et de
refroidissement naturels dans les régions arides.*

Soutenu publiquement, le 16/06/2023 devant le jury composé de :

M/Hichem NECIB

M/Chouaib AMMARI

M/Amer ROUAG

Univ.Ouargla

Univ.Ouargla

Univ.Ouargla

Président

Examineur

Encadreur

2022/2023

إهداء

الحمد لله و كفى و الصالة و السالم على الحبيب المصطفى و من وفى أما بعد :
الحمد لله الذي وفقني لتثمين هذه الخطوات في مسيرتي الدراسية بهذه المنكرة ثمرة الجيد و النجاح، و بفضل تعالى و بدعاء الوالدين، والتي أهديتها إلى
والدي الكريمين (رواي عابدين , فرتوني سليمة) حفظهما الله و أداميهما نورا لدربي.
و لكل العائلة الكريمة التي ساندتني و لا تزال من أخوات و إخوة حفظهم الله و وفقهم .
مونية, هناء, مارية, ايناس, ورد الجوري, يوسف
وأسأل الله أن يجعله نبراسا لكل طالب علم.
رواي إلهام

إهداء

إلى والداي الأعزاء على كل تضحياتهم و محبتهم و دعمهم و صلواتهم
إلى إخوتي و أخواتي على تشجيعهم الدائم و دعمهم المعنوي, إلى أصدقائي
الذين كانوا سندا لي
Merci d'être toujours là pour moi
بركبة محمد لمين

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné la volonté et force pour accomplir ce travail.

Nous tenons à remercier notre encadrant, le Dr Amar Rouag, pour ses nombreux conseils, ses encouragements et son aide qu'il nous a apportés.

Nous tenons également à remercier les membres de jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

Nous tenons à remercier les professeurs Abdessamia Hadjadj et Djamel Balatrache pour leurs conseils et leur aide dans la réalisation de ce projet.

Nous tenons également à remercier le personnel du Laboratoire 15, M. Djamel Mazar et M. Abdel-Hamide Malki de nous avoir permis de réaliser l'expérience au niveau du laboratoire et d'avoir ouvert la porte à le laboratoire à tout moment.

Nous tenons également à remercier l'équipe d'encadrement de la Direction des Energies Renouvelables pour l'aide qu'elle nous a apportée.

Nous remercions également le chef du département des énergies renouvelables, le Dr Djamel Benmenine, pour nous avoir donné la permission d'entrer à l'université et le laboratoire et de mener l'expérience pendant les vacances.

Enfin, Nous tenons à remercier nos collègues Mohamed-Soheib Derouiche, Maissa Afoun, Redhwane Ommani, Bahmane Omar, Bidari Abdel-Ghaniet, Limam Sabrina pour nous avoir aidés durant ce travail.

Table des matières

Remerciements	I
Liste des Tableaux.....	V
Liste de figures.....	VII
Introduction Générale.....	2
Chapitre I : Généralités sur la cheminée solaire et le système de refroidissement	4
I.1.Introduction.....	4
I.2.La ventilation	4
I.3.L'importance de renouvellement d'air	4
I.4. Fonctions de la ventilation.....	5
I.5.Types de ventilation.....	5
I.5.1.Ventilation Mécanique.....	5
I.5.2.Ventilation naturelle.....	6
I.6.Effet de vent	6
I.8. Ventilation assistée par l'énergie renouvelable.....	7
I.9.La Cheminée solaire.....	8
I.10.Effet de cheminée	8
I.11.Principaux éléments de la cheminée solaire	8
I.12.Principe de fonctionnement.....	9
I.13.Type de la cheminée dans les habitats	9
I.13.1.Types de cheminée solaire toit3	10
I.13.1.1.Cheminée solaire verticale	10
I.13.1.2.Cheminée solaire inclinée.....	11
I.14.Refroidissement.....	11
I.15.Systèmes évaporatif.....	12
I.16. Conclusion	13
Chapitre II Recherches Bibliographiques	14
II.1.Introduction	15
II.2.Recherches bibliographiques	15
II.3.Conclusion	22
Chapitre III: 23Des expérimentales et Numériques.....	23
III.1.Introduction.....	24
III.2.Description du prototype.....	24

<i>III.3. Etude Expérimentale</i>	24
<i>III.4. Fonctionnement du SC-CPAD</i>	26
<i>III.5. La différents paramètres mesurer et calculer sont :</i>	26
<i>III.6. Instrumentation</i>	27
<i>III.7. Etude Numérique</i>	29
<i>III.7.1. Cheminée solaire (CS)</i>	29
<i>III.7.1.1. Bilan énergétique pour le couvercle en verre :</i>	29
<i>III.7.1.2. Bilan énergétique pour l'air :</i>	30
<i>III.7.1.3. Bilan énergétique pour l'absorbeur mathématiquement</i>	30
<i>III.7.2. Tampon de refroidissement (CPAD)</i>	30
<i>III.7.2.1. Température et taux d'humidité de l'air dans la chambre</i>	31
<i>III.7.2.2. Efficacité de refroidissement saturée</i>	31
<i>III.8. Organigramme d'étude Numérique et simulation (code MATLAB)</i>	31
<i>III.9. Conclusion</i>	33
<i>Chapitre IV : Les Résultats et discussion</i>	34
<i>IV.1. Introduction</i>	39
<i>IV.2. Résultats et discussions</i>	39
<i>IV.3. Condition climatique</i>	39
<i>IV.3.1. Cheminée solaire</i>	41
<i>IV.3.1.1. Effet du rayonnement solaire sur le débit d'air au fil du temps</i>	41
<i>IV.5. Système de refroidissement par évaporation de l'eau</i>	42
<i>IV.5.1. Effet du type de matériau du tampon sur l'efficacité</i>	42
<i>IV.5.2. Effet du matériau du tampon sur la température de la chambre</i>	43
<i>IV.6. Système CS-CPAD</i>	44
<i>IV.6.1. Effet de l'épaisseur du tampon sur la température de la chambre</i>	44
<i>IV.6.2. Effet de l'épaisseur du tampon sur l'humidité de la chambre</i>	45
<i>IV.6.3. Effet d'épaisseur du tampon sur l'efficacité</i>	45
<i>IV.7. Validation</i>	46
<i>IV.7.1. Cheminée solaire</i>	47
<i>IV.7.2. Tampon refroidissement</i>	47
<i>IV.7.3. Etude paramétrique</i>	48
<i>IV.8. Conclusion</i>	50
<i>Conclusion Générale</i>	51
<i>ANNEXE</i>	53
المُلخَص	66
Liste de référence	67

Liste des Tableaux

<i>Tableau III.1 : Spécification technique les instrument de mesure utilisés dans la configuration expérimentale de SC-CPAD</i>	30
<i>Tableau IV.1 : Validation comparative du modèle de la cheminée solaire CS.</i>	48
<i>Tableau IV.2 : Validation comparative du modèle du système de refroidissement CPAD.</i>	48
<i>Tableau IV.3 : Condition générale de système SC-CPAD.</i>	49
<i>Tableau 1 : Les résultats de l'étude expérimentale de prototype CS-CPAD avec épaisseur de tampon 15 mm</i>	54
<i>Tableau 2: Les résultats de l'étude expérimentale de prototype CS-CPAD avec épaisseur de tampon 30 mm</i>	56
<i>Tableau 3: Les résultats de l'étude expérimentale de prototype CS-CPAD avec épaisseur de tampon 45 mm</i>	58
<i>Tableau 4: Les résultats de l'étude expérimentale de la cheminée solaire</i>	59
<i>Tableau 5: Les résultats de l'étude expérimentale de la cheminée solaire en jour 15/05/2023</i>	60
<i>Tableau 6: Les résultats de l'étude expérimentale de tampon refroidissement avec trois matériaux (coton , palmier , tusse de jute) .</i>	62

Liste de figures

Figure I.1: Schéma de ventilation.....	5
Figure I.2: Ventilation mécanique [3].....	6
Figure I.3: Principe de circulation de l'air un habitant [1].....	7
Figure I.4: Effet de tirage thermique dans habitant [4].....	7
Figure I.5: Principe élément la cheminée solaire.	9
Figure I.6: Bilan énergétique dans une cheminée solaire.....	9
Figure I 7: Cheminées solaires typiques utilisées dans le bâtiment	10
Figure I 8: Types de cheminée solaire selon l'ouverture d'entrée, et leur position pour la ventilation naturelle [5]	11
Figure I 9: Installation d'une cheminée solaire inclinée [5].	11
Figure I.10: Système évaporait /processus direct et indirect [7].....	13
Figure II 1: Diagramme schématique 3D pour le domaine physique [9]	15
Figure II 2: Système de refroidissement passif hybride avec capteur de vent, toit en dôme avec citernes souterraines [10].	16
Figure II 3: Schéma de (a) le système proposé et (b) les changements de propriétés de l'air sur le diagramme psychométrique [11].....	17
Figure II 4: Schéma de l'espace avec la fenêtre refroidie par évaporation [12].....	18
Figure II 5: Schéma de cheminée solaire avec refroidisseur évaporatif dans le système de référence et	18
Figure II.6: Bas-volet macro encapsulé [14].....	19
Figure II 7: Schéma de principe du mode ventilation avec plaque absorbante plate	20
Figure II 8: Dispositif expérimental pour étudier les performances d'une cheminée solaire inclinée.....	21
Figure II 9: Croquis de la configuration interne (a) et du principe de fonctionnement (b) d'un refroidisseur à évaporation direct de type goutte à goutte	21
Figure II 10: (a) Date palm tree, (b) Date palm tree fibers (mesh) that surrounding the trunk and (c) Date palm fibers pad [18].	22
Figure III. 1: les trois fibre naturelle (1):coton , (2):palmier lief, (3):toile de jute.....	25
Figure III. 2: Schéma de cheminée solaire et la chambre réalisée.	25
Figure III 3: Schéma du système hybride SC-CPAD.....	26
Figure III 3: Schéma du système hybride SC-CPAD.....	27
Figure III.5 : Schéma de cheminée solaire (CS).....	29
Figure. III.06 : Schéma tampon de refroidissement (CPAD).....	31
Figure. III.07 : Organigramme d'étude Numérique et simulation (code MATLAB).....	32
Figure IV 1: Evolution de l'irradiation solaire pendant tous les jours de test.....	40
Figure IV 2: Evolution de l'humidité ambiante pendant tous les jours de test.....	40
Figure IV 3: Evolution de la température ambiante pendant tous les six jours.	41
Figure IV 4: Débit d'air dans la cheminée en fonction de temps (15 Mai 2023).....	42
Figure IV 5: Efficacité de système de refroidissement en fonction du temps pour différentes types de fibres (Cotton, palme Leif, toile de jute).	43
Figure IV 6: Evolution de la température de la chambre en fonction du temps pour trois matériaux de tampon (Cotton , Palmier Leif, Toile de jute) (16 Mars2023) 2023).....	44
Figure IV 7: Evolution de la température de la chambre en fonction de temps pour trois épaisseur de tampon (15, 30, 45mm) (03-04-21-Mai 2023)	45
Figure IV 8: Impact de humidité de chambre en fonction de temps pour trois épaisseur de tampon (15, 30, 45mm) pour les jours (03-04-21-Mai 2023)	45
Figure IV 9: Effet de l'épaisseur de du tampon sur d'efficacité du système CPAD (15, 30, 45 mm).	46
Figure IV 10 : Effet de la vitesse de l'air sur la température et humidité absolue de la chambre	49
Figure IV 11 : Analyse psychométrique du système SC-CPAD par rapport à la zone de confort thermique pour différentes épaisseurs de tampons	50

Nomenclatures

Symbole	Désignation	Unité
H	Rayonnement solaire incident sur surface inclinée	$\frac{W}{m^2}$
θ	Angle d'inclinaison avec la surface horizontale	Degrée
ρ	Masse volumétrique de l'air	$\frac{Kg}{m^3}$
Δw	Epaisseur de l'isolant derrière l'absorbeur	M
G	Graffiti	m/s^2
α_1	Absorptivité du verre(0.06)	
α_2	Absorptivité du plaque absorbant	
γ	(0.95)	
τ	Constante pour l'approximation de la température moyenne(0.74)	
σ	transmissivité du verre(0.84)	$\frac{W}{m^2K}$
ϵ_g	Constante de Steffan-Boltzmann	$\frac{m^2K}{4}$
ϵ_w	Emissivité du dessus du couvercle en verre(0.90)	
V_a	Emissivité de la surface de l'absorbeur noir(0.95) Vitesse du vent	m/s
t_s	Température de wet bulb	K
t_w	Température de l'eau	K
t_l	Température de l'air	K
F		
S_1	Flux de chaleur de rayonnement solaire absorbé par le couvercle de verre	$\frac{W}{m^2}$
S_2	Flux de chaleur du rayonnement solaire absorbé par l'absorber inclinée	$\frac{W}{m^2}$
L_s	Hauteur de cheminée solaire	m
L_g	Hauteur du verre	m
L_w	Hauteur d'absorber	m
T_s	la température du ciel	K
T_m	Température moyenne entre la paroi verre et l'air	
T_{ml}	Température moyenne entre la paroi absorbante et l'air	K
D	Écart entre la paroi de l'absorbeur et le verre	m
L	Longueur du cheminée	m
A_o	Section transversale de la sortie vers le canal d'écoulement d'air	m^2
A_w	Surface d'absorber	m^2
A_g	Surface de verre	m^2
A_r	Surface de chambre	m^2
T_a	Température ambiante	K
T_r	Température de chambre	K
T_g	Température de verre	K
T_{fi}	Température de l'air à l'entrée du canal	K
T_f	Température de fluide	K

Tw	Température de absorber	K
Hi	coefficient de convection a l'extde isolation	W/m ² K
Hc	Coefficient de transfert de chaleur par conduction pour le verre	W/m ² K
Kins	Conductivité thermique de l'isolation de paroi	W/mK
Cd	Coefficient de décharge de l'entrée du canal d'air (0.57)	
h _{wind}	Coefficient de transfert de chaleur convectif au vent sur le couver verre	W/m ² K
h _g	Coefficient de transfert de chaleur par convection entre le verre couverture et canal d'aire	W/m ² K

h_{rwg}	Coefficient de transfert de chaleur radiatif entre absorber et couvrir en verre	W/m^2K
h_w	coefficient de transfert thermique convectif entre paroi inclinée et canal d'air	W/m^2K
h_{rs}	Coefficient de transfert de chaleur radiatif entre absorber et canal d'air	W/m^2K
Gr	Nombre de grashof	
Pr	Nombre de prand	
Nu	Nombre de Nulsselt	
U	La vitesse de l'air dans le canal d'écoulement	m/s
Ue	Le coefficient global de transfert de chaleur de l'arrière de la paroi inclinée (avec absorbeur) vers la chambre	W/m^2K
Ub	Coefficient de transfert de chaleur global entre incliné paroi et Chambre	W/m^2K
Ut	Coefficient de transfert de chaleur global depuis le haut du verre couverture	W/m^2K
M	Débit massique	Kg/s
q''	Transfert de chaleur au flux d'air	W/m^2
B	Coefficient de dilatation volumétrique	
ρ_f	Densité de l'air	Kg/m^3
C_f	Chaleur Spécifique	J/kgK
k_f	Conductivité thermique de l'air	W/mK
k_{fl}	Conductivité thermique de l'isolation	
v_f		
Bb	Largeur du module de tampon	M
Hh	Hauteur du module de tampon	M
R	chaleur latente de vaporisation de l'eau	J/kg
Xsi	coefficient de surface des pores par unité de volume de rembourrage	m^2/m^3
μ	Viscosité dynamique	Kg/m.s)
Ga	Débit massique	Kg/s
Ro	Nombre de rynolds	
D		
h	coefficient de transfert de chaleur par convection	W/m^2K
h		
c		
f_a	Humidité absolue	Kg/Kg
HR	Humidité relative	%
H	Efficacité	%

***Introduction
Générale***

Introduction Générale

Introduction Générale

Les énergies renouvelables sont des énergies naturelles durables et non polluantes, composées de plusieurs types d'énergie géothermique, éolienne, hydraulique et solaire, où le soleil est considéré comme l'une des plus anciennes sources d'énergie.

L'Algérie se lance dans les énergies renouvelables d'un programme ambitieux visant à atteindre 22 000 MW d'ici à 2030, dont 62 % destinés à l'énergie solaire. Cette option stratégique est dotée d'un énorme potentiel solaire. La durée du rayonnement solaire en Algérie peut atteindre jusqu'à 3900 heures / an, soit 10 fois la consommation mondiale (FCE).[1]

Les technologies de refroidissement et de ventilation sont des stratégies importantes pour la conception des bâtiments chez l'homme depuis des siècles, en particulier les zones sèches et chaudes.

Alors que les bâtiments dans les régions arides sont souvent soumis à des conditions climatiques chaudes, il est essentiel de développer des systèmes qui permettent à la fois d'apporter de l'air frais et de réduire la température intérieure de manière économe en énergie. Les systèmes traditionnels de climatisation utilisent généralement des compresseurs et des réfrigérants qui peuvent être coûteux et néfastes pour l'environnement.

L'objectif de ce mémoire est d'évaluer la performance d'un système hybride de ventilation et de refroidissement, composé d'un conduit solaire et d'un refroidisseur par évaporation directe, afin de fournir un confort thermique efficace dans les bâtiments. L'étude vise à mesurer et analyser les paramètres pertinents tels que les températures, la vitesse de l'air à la fois par des tests expérimentaux sur un prototype à petite échelle réalisé dans le cadre de cette étude et par des simulations numériques des composants du système. L'objectif est de déterminer la capacité de ce système hybride pour assurer une ventilation et un refroidissement efficaces dans le but de proposer des recommandations pour son application dans les régions arides telle que la région de Ouargla.

le mémoire est structuré comme suit :

Chapitre un présente des généralités sur la ventilation passive ainsi que le refroidissement par évaporation de l'eau, ou on a essayé de montrer le principe de fonctionnement et types de ventilation par cheminée solaire et les systèmes de refroidissement

Introduction Générale

par évaporation de l'eau..

Dans le Chapitre deux , une synthèse bibliographique concernant les travaux expérimentaux réalisés dans le domaine de refroidissement par évaporation de l'eau et la cheminée solaire a été présentée.

Le Chapitre trois est consacré l'étude expérimentale et elles différentes étapes de réalisation du prototype expérimental, ses différents composants et les instruments de mesure nécessaires pour obtenir les résultats. En outre, la formulation mathématique du problème de la cheminée solaire ainsi que le système de refroidissement par évaporation de l'eau est explicitée.

Le quatrième chapitre est consacré à l'identification des résultats obtenus et à la discussion de l'effet de certains paramètres sur l'évolution de la température et le débit de l'air dans les bâtiments.

Chapitre I :

*Généralités sur la cheminée
solaire et le système de
refroidissement*

I.1.Introduction

La ventilation est nécessaire dans chaque bâtiment ou dans chaque habitation, par exemple en Algérie, à cause de l'humidité excessive à l'intérieur des maisons au nord ou à cause de la température élevée dans le sud (Ouargla). En général, nous ventilons les bâtiments de manière classique et de manière régulière, ce qui se traduit bien sûr par l'ouverture des portes et des fenêtres, ce qui est considéré comme de la ventilation. Et une ventilation naturelle qui est inoffensive mais inefficace. Pour obtenir une ventilation naturelle et permanente plus efficace, nous faisons de la ventilation au moyen d'énergies renouvelables, qui sont connus pour être une énergie respectueuse de l'environnement et ne causent aucun dommage, en interférant avec la cheminée solaire avec le refroidissement.

I.2.La ventilation

La ventilation est inspirée du mot latin (Ventrus) et signifie le mouvement d'air, généralement connu pour l'introduction d'air extérieur à l'intérieur des bâtiments, entraînant le mouvement de l'air et le remplacement de l'air stagnant par de l'air frais et propre. la ventilation des bâtiments est nécessaire pour reconstituer l'air ancien, éliminer les risques pour la santé dus à l'humidité, réduire les odeurs et réduire la concentration de dioxyde de carbone. La ventilation naturelle est une stratégie passive, sans moyens mécaniques, pour maintenir un environnement intérieur propre et confortable. Dans ces environnements, la régénération de l'air est essentielle et les systèmes de ventilation doivent répondre aux normes de confort, d'hygiène, d'efficacité énergétique et de durabilité environnementale. Simplement, nous pouvons obtenir une bonne ventilation à travers les appareils électroménagers ou ouvrir les fenêtres et les portes et laisser entrer l'air pour rafraîchir l'air intérieur. Ces différentes formes n'ont pas toutes la même efficacité[1]

I.3.L'importance de renouvellement d'air

Le renouvellement de l'air intérieur est essentiel pour maintenir votre santé et votre confort, et de ce point de vue, de nouveaux bâtiments doivent être construits afin de s'assurer que les résidents respirent un air pur et à un taux d'humidité optimal. Théoriquement, La régénération de l'air est de 3,6 m³ / h Par la surface de la Terre permet d'assurer une bonne qualité de l'air en pratique.

I.4. Fonctions de la ventilation

Les systèmes de ventilation doivent répondre aux exigences de confort, de propreté et d'économie d'énergie. La ventilation possède trois fonctions principales

- ❖ Le rôle de la ventilation est de maintenir une bonne qualité de l'air intérieur afin d'éviter l'accumulation d'odeurs désagréables et de polluants gazeux à l'intérieur du bâtiment
- ❖ La ventilation a un rôle d'entretien, car elle élimine la condensation de vapeur d'eau sur les murs pour rendre les bâtiments plus durables en remplaçant l'air humide par de l'air moins humide, et c'est ce qui nous procure une ventilation saine
- ❖ Le troisième rôle de la ventilation est de se mettre à l'aise l'été en favorisant les échanges thermiques convectifs et évaporatif. L'augmentation de la régénération de l'air permet pour augmenter les échanges avec l'air extérieur et refroidir le bâtiment lorsque la température de l'air extérieur est basse par rapport à la température de l'air intérieur. La régénération de l'air doit être limitée lorsque les températures sont inversées.[2]

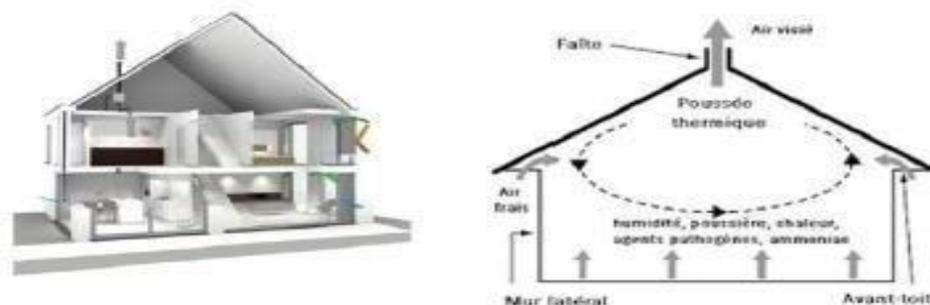


Figure I.1: Schéma de ventilation

I.5.Types de ventilation

Il existe plusieurs façons de ventiler les bâtiments et de renouveler l'air intérieur. On peut diviser la ventilation en deux types.

I.5.1.Ventilation Mécanique

La ventilation active est une ventilation mécanique. Par exemple, ceux fournis par les systèmes de ventilation des bâtiments, les ventilateurs d'extraction et les appareils de traitement de l'air (CTA), ces systèmes sont alimentés à l'électricité. plus le nombre de composants, plus que le système consomme d'énergie. . Il existe plusieurs types de ventilation mécanique qui sont généralement divisés en deux catégories :

- ✚ La ventilation simple flux
- ✚ La ventilation double flux.

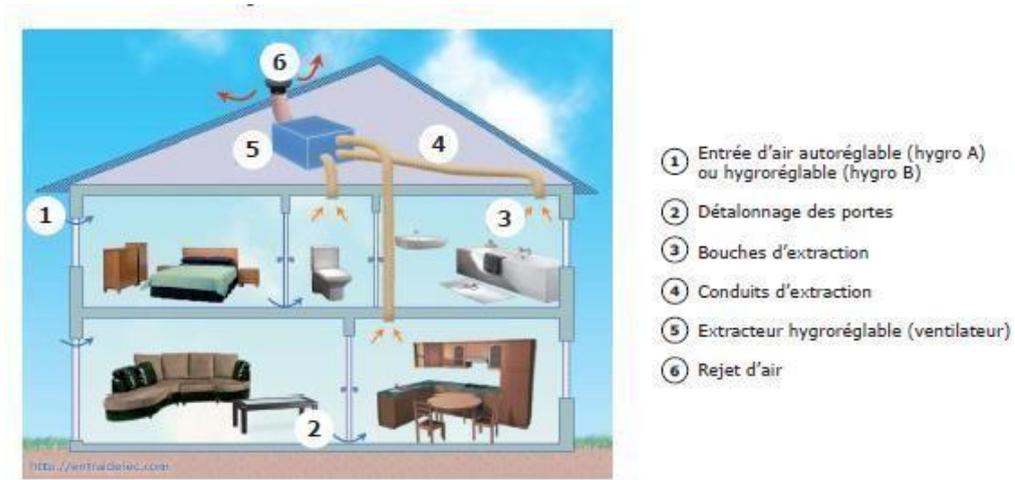


Figure I.2 : Ventilation mécanique[3]

I.5.2. Ventilation naturelle

La ventilation naturelle est utilisée dans une approche bioclimatique pour fournir une température optimale pour le confort des personnes et aussi leur donner l'air frais nécessaire, les trous de ventilation sont utilisés pour contrôler la circulation de l'air et le diriger vers le système. Et ce type de système passif régule la température de l'air et ensuite il est absorbé tout en expulsant l'air vicié. La ventilation naturelle et l'infiltration d'un bâtiment sont déterminées par la différence de pression à travers la structure du bâtiment entre l'extérieur et l'intérieur ; Cette différence de pression est le résultat de la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur qui entraîne une différence de densité de l'air [2].

I.6. Effet de vent

En raison de l'influence des vents extérieurs, la répartition de la pression statique sur le vent augmente et produit ainsi une zone de pression positive ou élevée. Des tourbillons peuvent se produire qui résultent du côté au vent et ainsi une zone de pression basse ou négative se forme sous l'influence d'un gradient de pression, l'air dans le champ de pression positive est poussé dans la zone de pression négative [1].



figure I.3: Principe de circulation de l'air un habitant [1]

La ventilation dans ce cas se fait par flottation à air, et ceci est le résultat de changements de densité dus aux différences de température et d'altitude entre l'environnement intérieur et extérieur ou entre des zones spécifiques du bâtiment. Ces différences entraînent une différence de densité de l'air et donc gradient de pression dans ces zones, lorsque l'air extérieur est plus frais que l'air intérieur, il va passer par les ouvertures en bas du bâtiment et sortir des ouvertures en haut du bâtiment[4]

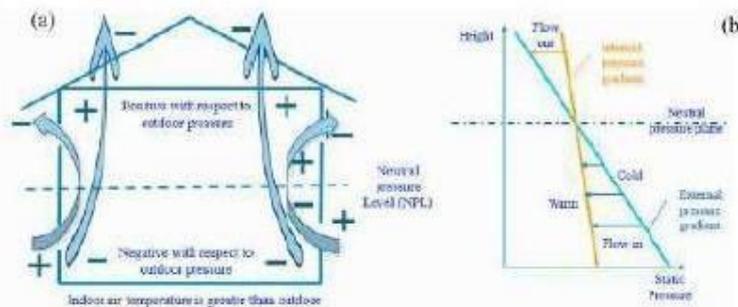


Figure.I4: Effet de tirage thermique dans habitant [4].

I.8. Ventilation assistée par l'énergie renouvelable

Pour améliorer la ventilation naturellement, les fabricants ont conçu de nombreux systèmes en utilisant certains types d'énergie renouvelable. Nous apprenons deux types d'énergie : éolienne (tour éolienne) Énergie solaire (cheminée solaire) et leur rôle dans la ventilation[1]

I.9.La Cheminée solaire

La cheminée solaire a une structure et un mécanisme de fonctionnement similaires à la paroi du trombe. La différence entre les deux est que le mur du trombe absorbe l'énergie solaire et le recyclage d'air chaud résulte le chauffage passif du bâtiment. La cheminée solaire assure la ventilation du bâtiment pendant la journée, sans faire recirculer l'air dans la pièce. La cheminée solaire peut être un composant d'un bâtiment, où une ou plusieurs parois de la cheminée sont transparentes, le rayonnement solaire permet à la paroi vitrée d'accumuler la chaleur nécessaire pour induire l'effet de cheminée. En raison de la différence de température de l'air, le gradient de densité entre l'intérieur et l'extérieur de la cheminée entraîne la montée d'air [5]

I.10.Effet de cheminée

L'effet cheminée est la tendance du liquide qui monte avec des températures élevées, en raison de sa faible densité due à la différence d'humidité et de température. Ce phénomène thermique naturel est utilisé pour éliminer la surchauffe à l'intérieur du bâtiment en facilitant la sortie d'air chaud par les événements situés dans la partie supérieure. Un tel tirage thermique peut entraîner une dépression interne capable d'absorber l'air froid de l'extérieur à travers les trous de la partie inférieure[5]

I.11.Principaux éléments de la cheminée solaire

La cheminée solaire est un capteur solaire constitué d'un tube central avec un capteur appelé absorbeur d'un côté et un verre de l'autre. Le rayonnement solaire chauffe la cheminée et l'air qu'elle contient pendant la journée, ce qui entraîne un courant ascendant dans la cheminée. Ainsi, nous pouvons utiliser l'air de la cheminée pour ventiler, refroidir et chauffer les bâtiments naturellement :

Les éléments de la cheminée solaire :

- La surface transparente (la vitre).
- L'absorbeur.
- L'isolation thermique de la cheminée.
- Le cadre extérieur[1]

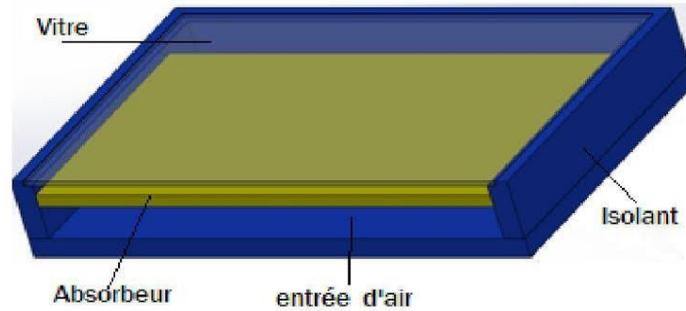


Figure I.5: Principe élément la cheminée solaire.

I.12.Principe de fonctionnement

Lorsque le rayonnement solaire tombe sur la surface du verre, une partie de ce rayonnement est absorbée par la surface d'absorption, qui à son tour émet de la chaleur à l'intérieur de la cheminée. Cette énergie crée une différence de température entre le verre et l'absorbeur. L'air

Pénètre dans la cheminée et est ensuite chauffé par l'énergie solaire, de sorte que sa densité diminue. Et puisque l'air chaud monte, il est évacué par le trou supérieur et remplacé par de l'air froid du trou inférieur.(la densité de l'air est directement proportionnelle à la température)[1]

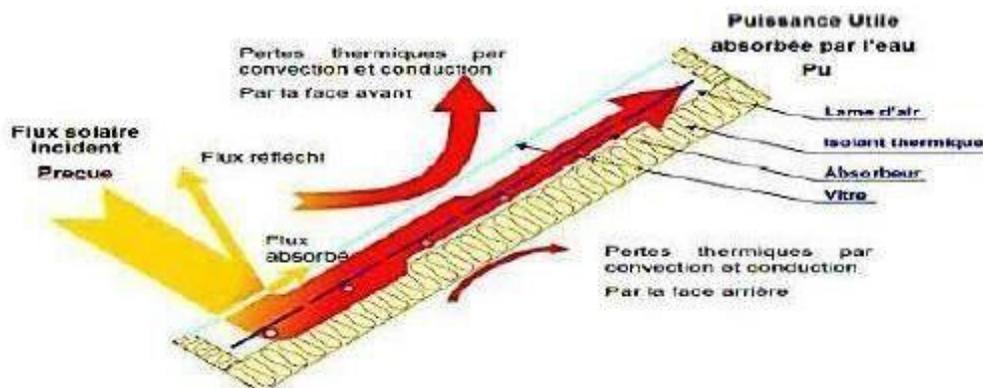


Figure. I.6: Bilan énergétique dans une cheminée solaire.

I.13.Type de la cheminée dans les habitats

Une cheminée solaire est un moyen d'améliorer la ventilation naturelle des bâtiments qui utilisent l'énergie solaire. L'impulsion thermique génère la différence de densité de l'air sous le gradient de température entre la cavité de la cheminée et la chambre intérieure, Il est considéré comme le principal mécanisme pour pousser le flux d'air dans la cavité de la

cheminée.

Ceci explique les cheminées solaires couramment utilisées dans les bâtiments. On peut remarquer qu'il existe trois types

- a) Cheminée solaire avec parois Trombe
- b) Toits de cheminées solaires
- c) Combinaisons de cheminées solaires[1]

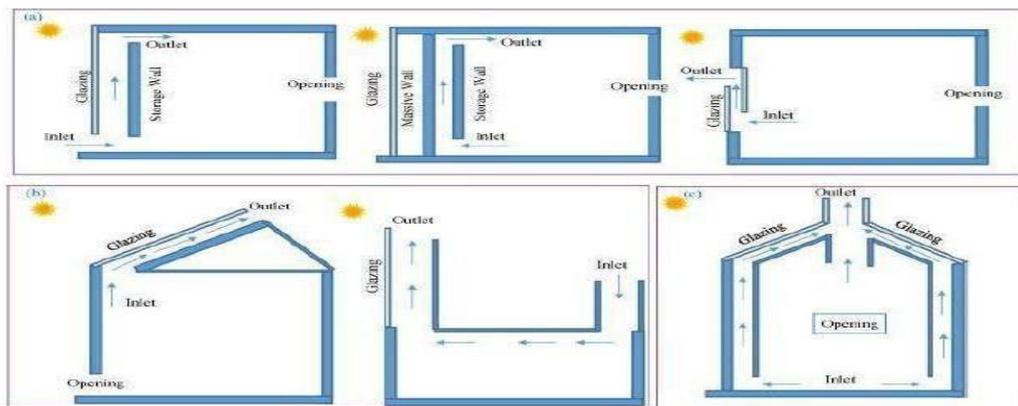


Figure. I 7: Cheminées solaires typiques utilisées dans le bâtiment

. le mur trombe est représenté par (a) ; la cheminée solaire de toit est représentée par (b) ; et la cheminée solaire , combinée est représentée par (c)[1]

I.13.1.Types de cheminée solaire toit

Actuellement, on peut distinguer deux types de cheminée

I.13.1.1.Cheminée solaire verticale

Selon la convention, trois types de cheminées sont indiqués en fonction de l'admission (fig. 10). La position de l'ouverture d'admission représente trois manières possibles d'intégrer la cheminée solaire dans un bâtiment pour une ventilation naturelle.

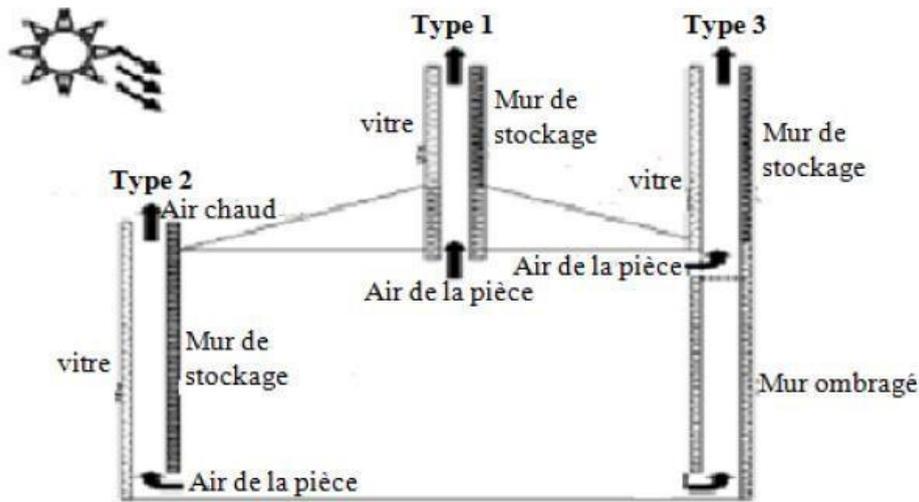


Figure. I 8: Types de cheminée solaire selon l'ouverture d'entrée, et leur position pour la ventilation naturelle [5]

I.13.1.2. Cheminée solaire inclinée

Les cheminées solaires verticales et les cheminées solaires inclinées sont similaires. La seule différence est que la cheminée solaire inclinée est construite de manière inclinée à un certain angle, pour capter le maximum de rayonnement solaire possible.

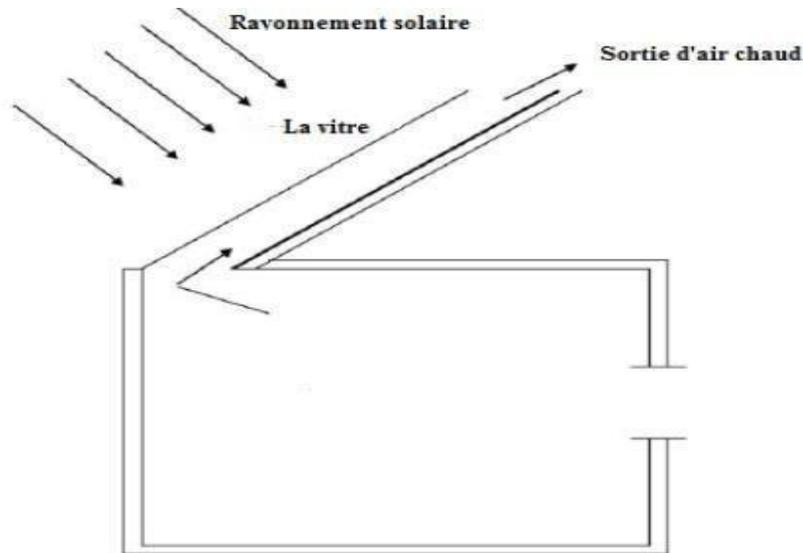


Figure. I 9: Installation d'une cheminée solaire inclinée [5].

I.14. Refroidissement

Avec l'insatisfaction vis-à-vis des tours de refroidissement et l'utilisation croissante de solutions de refroidissement par évaporation indirecte, de brumisation et de pré-refroidissement adiabatique, le refroidissement par évaporation évolue. Cette contribution vise

à faire la distinction entre le pré refroidissement adiabatique et le refroidissement par pulvérisation pour les condenseurs à air.

Pour la première technique, le but est de refroidir l'air d'admission à la température de saturation adiabatique. Dans le second cas, injecter de l'eau dans le corps de chauffe et obtenir un refroidissement, et encore lié à l'évaporation de l'eau et dépend plus de la température de surface et du mouillage de la surface que des conditions de fonctionnement "atmosphère", le système de pré-refroidissement adiabatique de l'air entrant étudié dans le condenseur d'un climatiseur. Le système est basé sur une matrice cellulosique de type "cooling pad", par rapport à une solution de pulvérisation directe, mais en partie sur un échangeur. En mesurant les conditions dans le circuit frigorifique, il est possible de quantifier l'effet de l'atomisation sur la puissance frigorifique résultante et le coefficient de performance de la machine. La perte de charge produite par l'amélioration du transfert de chaleur peut Réduire la consommation énergétique du refroidisseur : la quantité d'eau impliquée dans chaque système a également été évaluée, et le gain énergétique apporté par le système d'évaporation a été quantifié. En ce qui concerne la quantité d'eau utilisée pour le refroidissement. L'influence des conditions météorologiques sur le système est analysée. Globalement, il est possible d'appréhender l'efficacité relative des deux technologies en termes de conditions environnementales et d'appréhender leurs bénéfices environnementaux en termes d'énergie et d'eau, deux enjeux majeurs de la transition énergétique [6].

I.15.Systèmes évaporatif

Le système d'évaporation est un simple échangeur de chaleur adiabatique à contact direct Air/eau, évaporation de l'eau dans un spray ou sur une surface ou contenue dans un matériau La structure poreuse remplie d'eau refroidit l'air soufflé dans la pièce. Deux paramètres différencient ce processus : la chaleur absorbée par l'eau, L'évaporation est beaucoup plus élevée que la chaleur sensible associée à la différence, La température, l'air sec peut absorber une certaine quantité d'humidité de l'air température. Pour cette raison, la quantité de vapeur d'eau dans l'air augmente plus rapidement que sa température, ce qui rend le refroidissement par évaporation plus efficace dans les climats chauds et secs, moins efficace dans les climats humides et totalement inefficace si l'air est presque saturé. La figure 10 montre un exemple de ce processus et sa représentation sur un diagramme d'air humide. Le refroidissement direct à la vapeur est la méthode la plus simple, c'est-à-dire que l'air traverse la pièce et entre en contact avec de l'eau sous forme de gouttelettes pulvérisées ou avec un milieu saturé d'eau.

Lorsque le processus est indirect en raison de l'évaporation ,l'humidité absolue n'augmentera pas avec la perte de chaleur. L'échangeur de chaleur entre les deux canaux est humide et sec, permettant un échange de chaleur mais pas une humidité élevée .Un système à deux étages peut ainsi être créé : l'air peut être refroidi indirectement puis directement assurant ainsi une température plus basse. À titre indicatif, le système a été installé dans le sud de la Californie avec une température de 38,3 degrés, une humidité relative d'environ 12 % et un refroidissement par air à une température inférieure à 13 °C. Sur une surface au sol de 15000 m², le coût de l'équipement est d'environ 10000 euros [7].

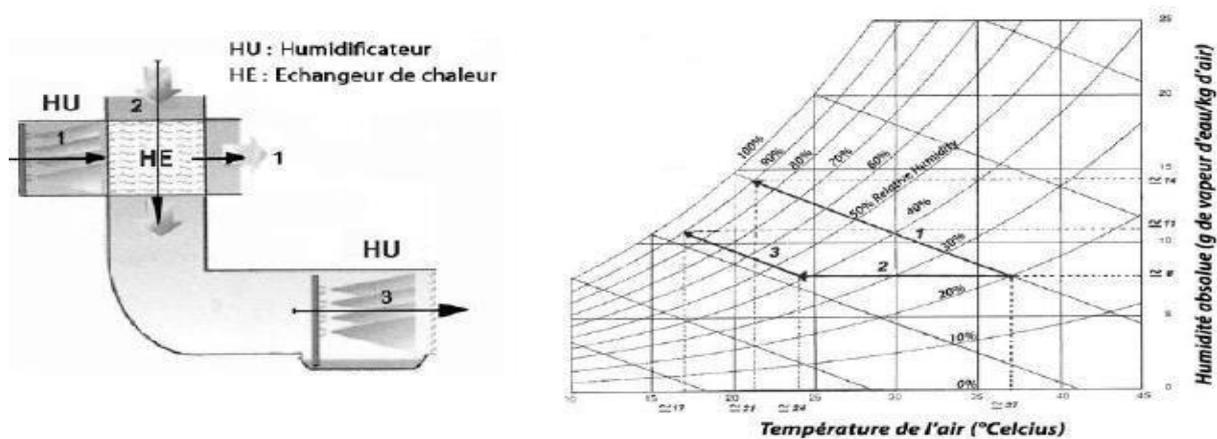


Figure. I.10: Système évaporatif /processus direct et indirect [7].

I.16. Conclusion

Dans ce chapitre traite d'une étude générale sur le système de refroidissement par évaporation et système de cheminée solaire , les types et le principe de fonctionnement des deux systèmes , donc avant de commencer une étude sur notre sujet, nous examinons les applications initiées par le même titre, donc nous allons dans le chapitre deux faire une étude bibliographique et les les applications et les recherches sur ces deux systèmes.

Chapitre II :

Recherches

Bibliographiques

II.1.Introduction

Au cours des cinq dernières décennies, la crise environnementale a mis en évidence l'importance des énergies renouvelables telles que le soleil, le vent, les eaux de marée et la géothermie. Leur croissance s'est accélérée au cours des deux dernières décennies. Les pays industrialisés ont adopté des plans à long terme pour réduire la consommation d'énergie dans la ventilation des bâtiments. L'objectif de chapitre est de présenter quelques travaux réalisés dans le domaine de refroidissement par évaporation de l'eau [8]

II.2.Recherches bibliographiques

Dans la période de décembre (2020) à juillet (2021), une étude expérimentale a été menée par **Suhaib J. Shbaila et all** pour tester les performances thermiques et améliorer le comportement thermique des cheminées solaires, qui peuvent être obtenues par ajout de mousse minérale. Ils testent deux types de mousse métallique de cuivre (10 et 40) PPI en tant que plaque absorbant la chaleur avec différents angles d'inclinaison (30, 45, 60 et 75) degrés et comparent les performances de l'absorbeur en mousse métallique avec celles de l'absorbeur à plaque plate conventionnel.

Les résultats expérimentaux ont montré que la présence de mousse minérale entraîne une diminution de la température moyenne de la valeur du tampon absorbant. En mode de refroidissement par évaporation, la plus grande différence s'est produite dans la température de sortie d'évaporation, de 4,5 à 7 ° C, Pendant la saison de refroidissement, le système ci-dessus est capable de répondre à environ 20 % de la demande industriel de refroidissement pendant la journée [9].

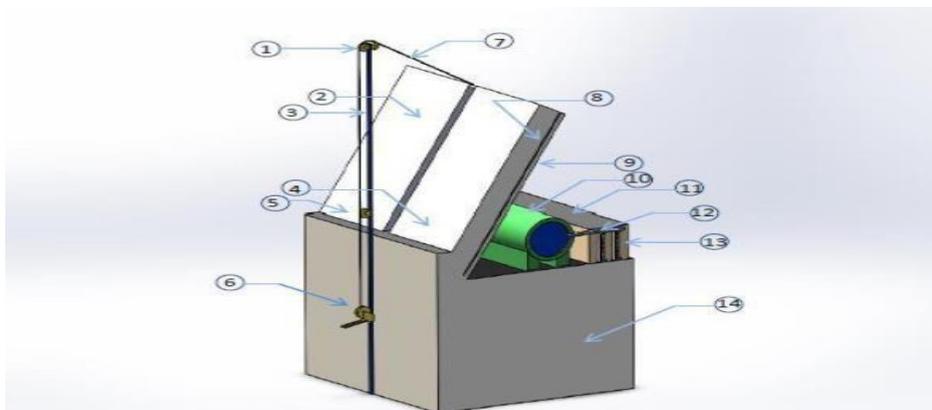


Figure II 1: Diagramme schématique 3D pour le domaine physique [9]

1. Poulie
2. Couverture acrylique
3. Support de levage
4. Cheminée solaire en mousse métallique
5. Cheminée solaire à plaque plate
6. Treuil
7. Fil d'acier
8. Mousse absorbante
9. Panneaux contreplaqué
10. Réservoir d'eau
11. Protection contre le vent
12. Tuyau
13. Tampon humide
14. Salle d'essai.

Sous un titre Analyse des performances d'un système de refroidissement passif équipé d'une nouvelle cheminée solaire conçue et d'un système de pulvérisation d'eau dans un canal souterrain, en 2019, **M. Mehran Rabani et all** a étudié portait principalement l'analyse des performances d'un nouveau système de refroidissement solaire passif dans la climatisation de une pièce dans un climat aride en utilisant la méthode de dynamique des fluides computationnelle (CFD). Le système de refroidissement passif était composé d'une cheminée solaire à quatre absorbeurs inclinés, orientés symétriquement sud-nord, et d'un canal humide souterrain.

L'effet de refroidissement du canal souterrain humide a été reproduit à l'aide du modèle Water Spray System (WSS). Les résultats ont révélé que la nouvelle conception de la cheminée solaire pouvait créer une climatisation naturelle souhaitable dans la pièce pendant la journée sans risque de stratification de la température dans la zone d'occupation

L'application de WSS dans les prises d'air des locaux a permis de répondre aux exigences de confort thermique en diminuant la température intérieure moyenne d'environ 7 à 13°C. De plus, il a amélioré l'efficacité thermique du système solaire passif en impliquant une distribution uniforme d'au moins 80 % de l'air soufflé dans la zone occupée [10]

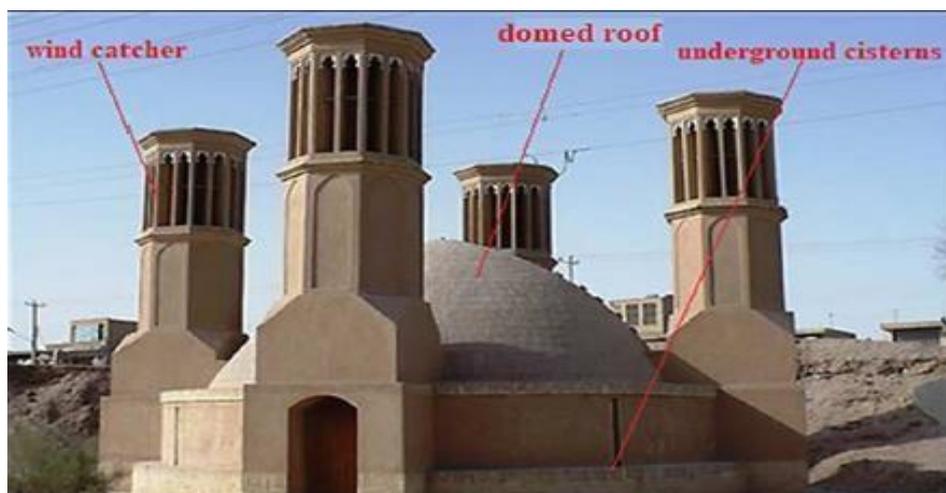


Figure II 2: Système de refroidissement passif hybride avec capteur de vent, toit en dôme avec citernes souterraines [10].

le début du climat de Riyad, KSA. **Albert Al Touma et all**, ils ont étudié les performances d'un système hybride appliqué sur les surfaces vitrées pour réduire la charge de refroidissement de l'espace et l'asymétrie de rayonnement. Le système proposé combine les principes du refroidissement par évaporation passive avec le flux flottant naturel dans les cheminées solaires pour entraîner l'air extérieur et atténuer la température de surface de la fenêtre. Le modèle développé a été validé par des expériences menées dans une chambre climatique jumelle pour des conditions de température ambiante, d'humidité et de rayonnement solaire données. Un bon accord a été trouvé entre les températures de fenêtre mesurées et prévues et les charges d'espace à un écart maximal inférieur à 4,3 %. Les résultats ont montré que le système réduisait la charge spatiale de 19,8 % et atténuait considérablement l'asymétrie de rayonnement pour les espaces de bureau ayant un rapport fenêtre-mur de 40 %. A également constaté que les performances du système diminuaient lorsqu'il était appliqué dans des endroits souffrant de climats humides [11]

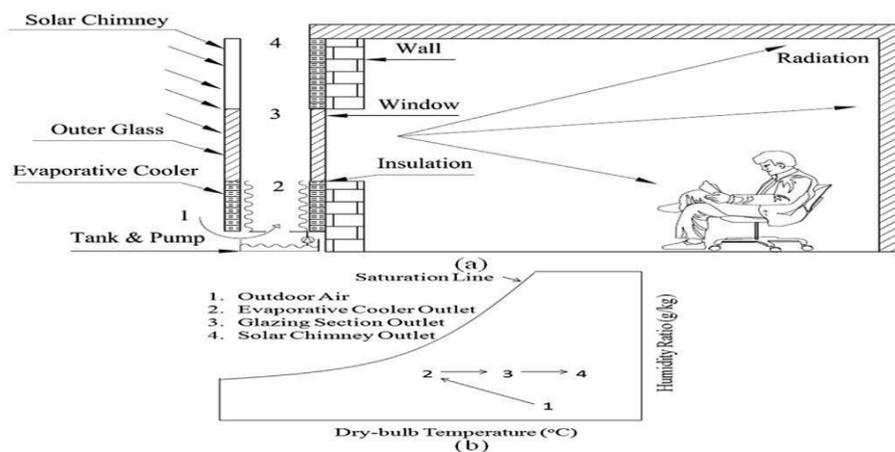


Figure II 3: Schéma de (a) le système proposé et (b) les changements de propriétés de l'air sur le diagramme psychométrique [11].

Encore une fois au Moyen-Orient, spécifiquement pour un espace situé à Riyad, **Walid Abou Hweij et all** ont eu lancé une étude où ils se sont appuyés sur Deux heures représentatives ont été retenues principalement 14 h et 17 h pour des conditions climatiques chaudes et sèches. Cette étude étudie la performance d'une fenêtre refroidie par évaporation entraînée par une cheminée solaire attachée aux façades extérieures pour fournir un confort thermique acceptable à faible consommation d'énergie dans un espace de bureau. Un modèle simplifié validé du nouveau système a été couplé à un modèle développé de dynamique des fluides computationnelle (CFD) 3D de l'espace de

bureau pour prédire la température de la surface extérieure de la fenêtre spatiale. Le modèle CFD a ensuite été couplé à un modèle de bio-chaleur validé qui a été intégré au modèle de Zhang pour prédire la sensation thermique et le confort locaux et globaux. . Les résultats rapportés ont montré une amélioration significative du confort thermique global lorsque le nouveau système. Des économies d'énergie atteignant 10% ont été enregistrées pendant les deux heures [12].

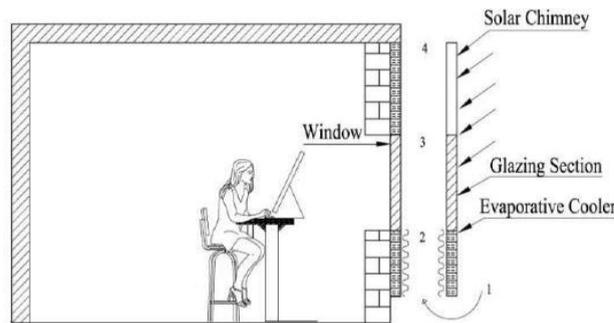


Figure II 4: Schéma de l'espace avec la fenêtre refroidie par évaporation [12].

L'intégration de la tour de refroidissement à évaporation directe avec le modèle de ventilation thermique multizone de la cheminée solaire a été étudiée par **Napleon Enteria et al.** [13]. Les résultats ont montré que le système interagit avec l'enveloppe du bâtiment et les conditions météorologiques pour obtenir une diminution de la température interne, qui atteint (10-11,5)% par rapport à la température externe. Les résultats montrent également que le système génère 130,5 m³ / h sous l'influence du rayonnement solaire uniquement [13].

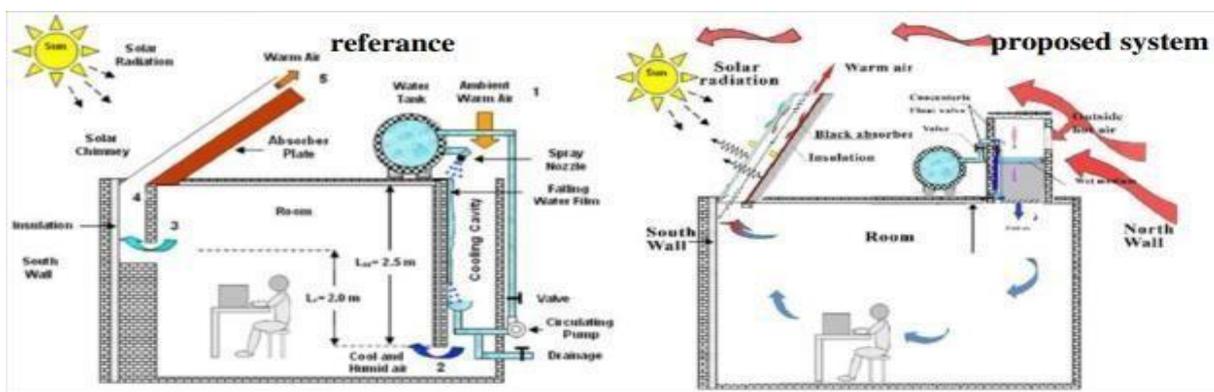


Figure II 5: Schéma de cheminée solaire avec refroidisseur évaporatif dans le système de référence et nouveau système proposé

Cet article porte sur une étude expérimentale et numérique d'un système de stockage d'énergie et de refroidissement par évaporation ainsi que d'un système de cheminée solaire active (ASC) réalisé par Mohamed **El Mankibi et al.** [14].

L'étude visait à étudier l'effet du panneau à changement de phase de paraffine organique (PCM) RT-44 sur les performances thermiques d'un modèle de laboratoire et d'une cheminée solaire indépendante.

Les résultats ont montré que l'effet du rayonnement solaire sur le débit massique, les résultats lors de l'intégration des PCM à la cheminée solaire et les résultats de la cheminée solaire, bien que prometteurs, doivent encore être améliorés pour de meilleures performances, et la charge du système peut affecter les performances. de la cheminée solaire [14]

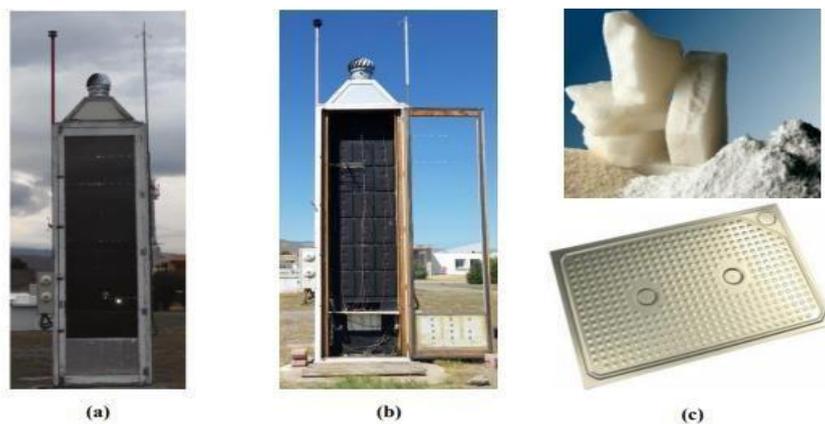


Figure II 6: a) Cheminée solaire construite par Arce et al. (b) Cheminée solaire intégrée au panneau PCM. (c) Top-PMC paraffinique organique dans état solide . Bas-volet macro encapsulé [14].

Des études numériques ont été réalisées pour tester les performances thermiques et les améliorations du comportement thermique des cheminées solaires qui peuvent être obtenues en ajoutant des mousses métalliques réalisées par **Suhaib J. Shbailat et all** La dynamique des fluides numérique (CFD) est utilisée pour résoudre les équations de flux et de transfert de chaleur du modèle f du panneau solaire. Pour résoudre ce problème, le logiciel ANSYS FLUENT 14.5 a été utilisé, qui utilise les numéros de volume de contrôle pour déterminer quand fournir les meilleures performances thermiques. Les équations de transfert de chaleur gouvernant et radiatif sont résolues à l'aide de techniques de modélisation de volumes finis implémentées à l'aide du progiciel ANSYS Fluent (version 14.5). Il a été constaté que la présence de panneaux absorbeurs PPI en mousse métallique (10 et 40)

améliorait le transfert de chaleur, entraînant une augmentation de la vitesse de l'air d'environ (13,3% et 5,3%, respectivement) pour la cheminée solaire à l'angle d'inclinaison le plus élevé (60° .) par rapport au plan conventionnel La présence de panneaux absorbants contraste. De plus, les résultats ont montré que la feuille absorbante 10 PPI surpassait la feuille absorbante 40 PPI dans tous les cas. Le mode de refroidissement par évaporation a donné de bons résultats. Dans les endroits où la température ambiante est encore inférieure à la température extérieure, elle est induite par un rayonnement solaire élevé à environ 3,2-4,7 ° C et un air de zone aride de haute intensité. Par rapport à un panneau absorbeur plat au même angle d'inclinaison, l'humidité relative intérieure en mode de refroidissement par évaporation a augmenté à environ 15,3% pour le panneau absorbeur 10 PPI à l'angle d'inclinaison (60°)[15].

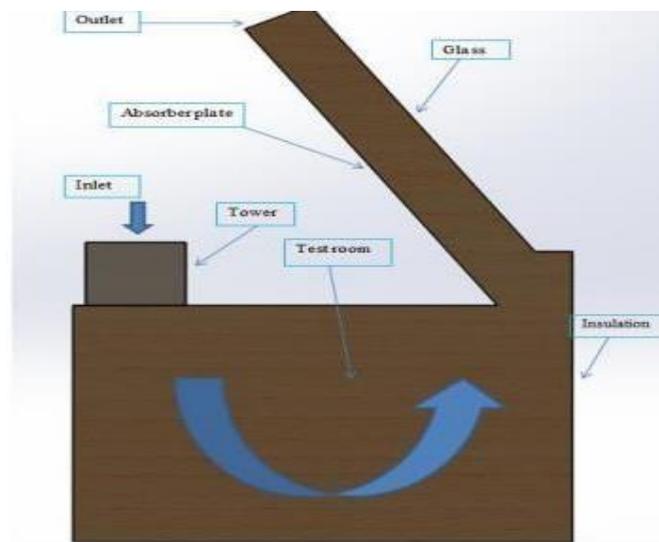


Figure II 7: Schéma de principe du mode ventilation avec plaque absorbante plate

Jyotirmay Mathur et all ont étudié l'effet de l'angle d'inclinaison de l'absorbeur sur le débit d'air dans un système de ventilation induite par le soleil utilisant une cheminée solaire sur le toit (RSC). En été, l'absorbeur capte plus à des niveaux d'eau moins inclinés en raison de la position plus élevée du soleil Ensoleillé mais hauteur de cheminée inférieure. Les résultats de la solution développée montrent que l'inclinaison optimale de l'absorbeur change de 408 à 608, selon la latitude de l'emplacement. À Jaipur (Inde), le 458 s'est avéré être le meilleur choix pour le taux de ventilation maximal. Exister Sur cette pente, le taux d'aération est supérieur d'environ 10% à celui des pentes 608 et 308. Des études expérimentales montrent que c'est une bonne chose cohérent avec les résultats théoriques. Une cheminée solaire sur le toit de cette taille peut être facilement installée sur un bâtiment résidentiel pour améliorer l'environnement naturel Ventilation[16].

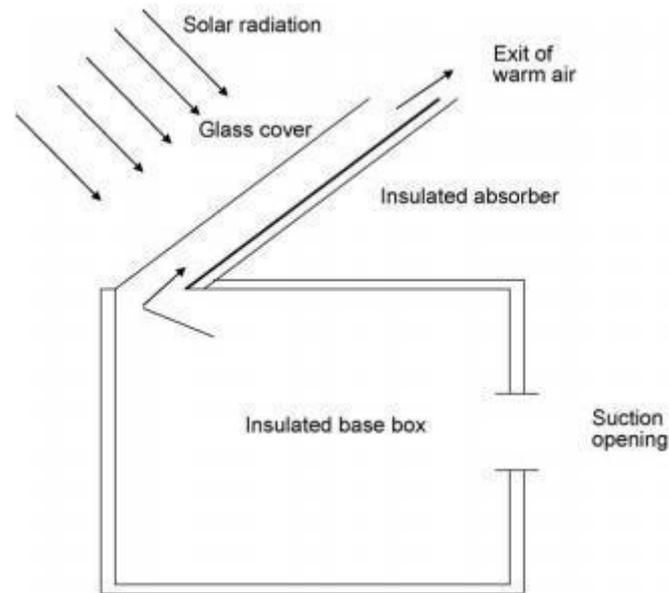


Figure II 8: Dispositif expérimental pour étudier les performances d'une cheminée solaire inclinée

Sur cet article, le transfert de chaleur et de masse entre le flux d'air et l'eau dans le refroidisseur à évaporation directe a été étudié théoriquement, étudié par **H. Huang et al**. Une relation simplifiée de l'efficacité du refroidissement basée sur l'analyse du bilan énergétique de l'air a été proposée. Ce lien peut être appliqué aux refroidisseurs par évaporation directe à goutte croisée. Des lames humides et rigides avec différents angles d'ondes forment les conduits d'air. L'effet de la vitesse du vent vers l'avant et de l'épaisseur du rideau mouillé sur l'efficacité du refroidissement par évaporation directe parlait des refroidisseurs. Une vitesse d'avancement optimale de 2,5 m par seconde est recommandée pour marquer la zone avant d'un airbag pour le flux d'air sélectionné. La corrélation simplifiée de l'efficacité du refroidissement a été validée en testant les résultats du refroidisseur par évaporation directe[17]

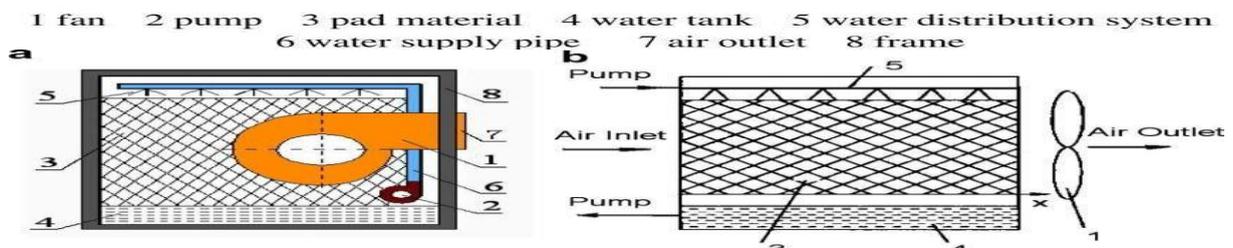


Figure II 9: Croquis de la configuration interne (a) et du principe de fonctionnement (b) d'un refroidisseur à évaporation direct de type goutte à goutte

Cet article présente une étude expérimentale d'un refroidisseur à évaporation directe DEC, qui a été conçu et s'installe dans la région chaude et aride de Biskra, en Algérie. Réalisées par **Sallam,Sadam-Hocine et all** La fibre de palmier dattier a été utilisée comme roman ,matériau de refroidissement par évaporation. Différents paramètres de performance sont testés expérimentalement, évaluer les performances thermiques des systèmes DEC. Les résultats ont montré que débit massique d'air dans des conditions ambiantes extrêmes. Le temps de fonctionnement n'est pas , impact la capacité de refroidissement, améliorez l'efficacité du refroidissement des plaquettes et la capacité totale de refroidissement en augmentant l'épaisseur des plaquettes et le significatif sur les performances du DEC. Paramètres de fonctionnement (épaisseur du tapis, qualité de l'air La température, la quantité et les conditions environnementales sont les facteurs déterminants ,obtenez des conditions de fonctionnement optimales pour le DEC. Enfin, une comparaison avec le refroidissement habituel, le système montre que les tapis de fibre de dattes sont un matériau plus efficace que les matériaux traditionnels pâtes dans les régions chaudes et sèches [18]

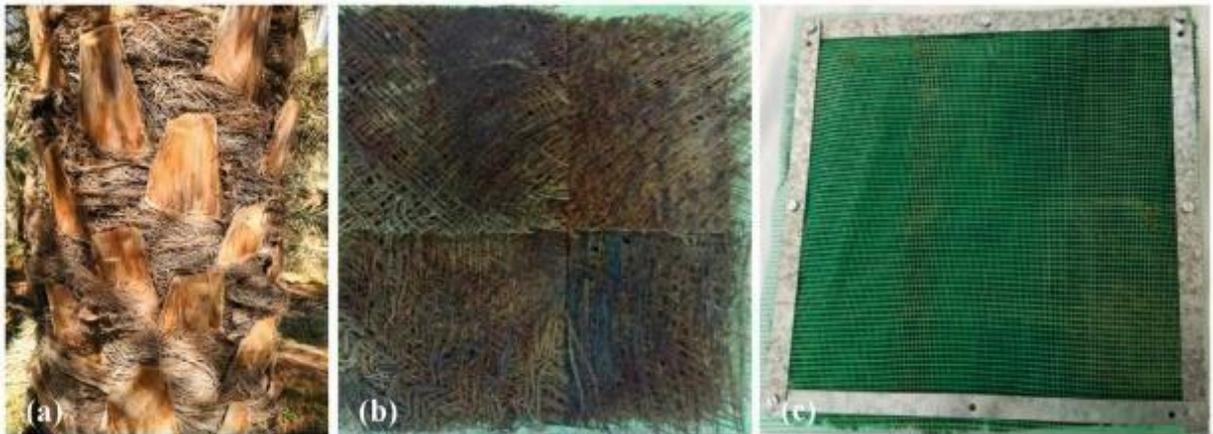


Figure II 10: (a) Date palm tree,(b) Date palm tree fibers (mesh) that surrounding the trunk and (c) Date palm fibers pad [18].

II.3.Conclusion

Dans ce chapitre, à travers les travaux effectués dans le domaine du refroidissement par évaporation de l'eau, de la ventilation et de la cheminée solaire nous avons résumé les articles précédents de chercheurs qui ont fait le même notre travail et nous avons vu leurs résultats, et sur la base de ces résultats, nous avons créé notre propre travail expérimental, qui vise à étudier (cheminée solaire et tampons refroidissement) chaque système Individuellement et à les intégrer ensemble dans le chapitre suivant.

Chapitre III:

Des expérimentales et Numériques

III.1.Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons le couplage de deux systèmes ; la cheminée solaire et le tampon de refroidissement SC-CPAD. Ces systèmes ont été étudiés expérimentalement et numériquement. L'étude expérimentale utilise un prototype paramétré réalisé à l'université de Kasdi Merbah Ouargla, tandis que l'étude numérique a été réalisée en simulant le système dans le programme MATLAB.

III.2.Description du prototype

Afin de mener une étude sur le système proposé dans le cadre de ce recherche , nous avons réalisé un prototype expérimental d'une chambre de bois d'un volume de 1 mètre cube au sein du laboratoire N°15 dans le département des énergies renouvelables de l'Université de Kasdi Merbah Ouargla. Le prototype expérimental consiste une chambre en bois contenant au sommet de son plafond une cheminée solaire d'une longueur de 1 mètre et d'une largeur de 1 mètre. La cheminée solaire contient une ouverture d'une largeur de 0,25 mètre et d'une longueur de 1 mètre. Le mur de la chambre contient une fenêtre d'une longueur de 1 mètre et d'une largeur de 0,35 mètre (Figure III.2). La chambre est entourée de polystyrène comme isolant pour réduire perte de chaleur. La cheminée solaire est placée dans une forme oblique par rapport à la pièce et contient également une isolation en polystyrène et un absorbant noir d'une épaisseur 1 mm, couleur noire pour absorber tout le rayonnement solaire et contient également du verre d'une épaisseur de 4 mm (Figure III.2), ce qui permet d'augmenter l'absorption de chaleur. Notre étude est divisée en deux expériences, la première est la ventilation de la pièce à l'aide d'une cheminée solaire et d'une fenêtre ouverte, et la seconde expérience, qui est la ventilation et le refroidissement en utilisant la méthode de refroidissement passif, en ajoutant un tampon rempli de fibres naturelles (Figure III.1). Ce tampon est placé sur la fenêtre de la pièce, le tampon se caractérise par une longueur de 0.26m, une largeur de 0.17m et avec différentes épaisseurs (30, 45, 15), le tampon est pulvérisé avec de l'eau en utilisant la méthode de distillation.

III.3.Etude Expérimentale

Dans ce étude nous étudie premièrement efficacité par rapport le temps de trois matériaux de fibre (palme , coton , toile de jute) , Nous avons mesuré Température de (chambre et ambiant , l'eau et wet bulb) en outre l'humidité de la chambre et l'ambiant , nous avons constaté que la fibre de palme a la plus grande efficacité par rapport coton et toile de jute

Après cette résultats que nous avons obtenus, à savoir que la fibre de palme est la meilleure par ce que fibre de palmier parce qu'il a une efficacité élevée et un matériau local naturel et fournit constamment, nous avons combiné le système de tampon avec la cheminée solaire, l'étude a été divisée en trois phases, dans chaque phase l'épaisseur de pad a été modifiée (45, 30,15)

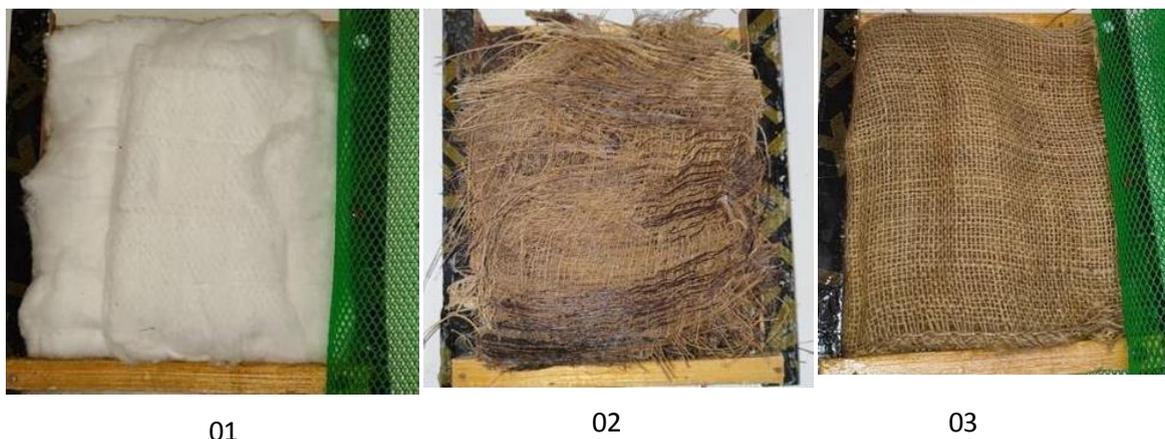


Figure III. 1: les trois fibre naturelle (1):coton , (2):palmier lief ,(3):toile de jute

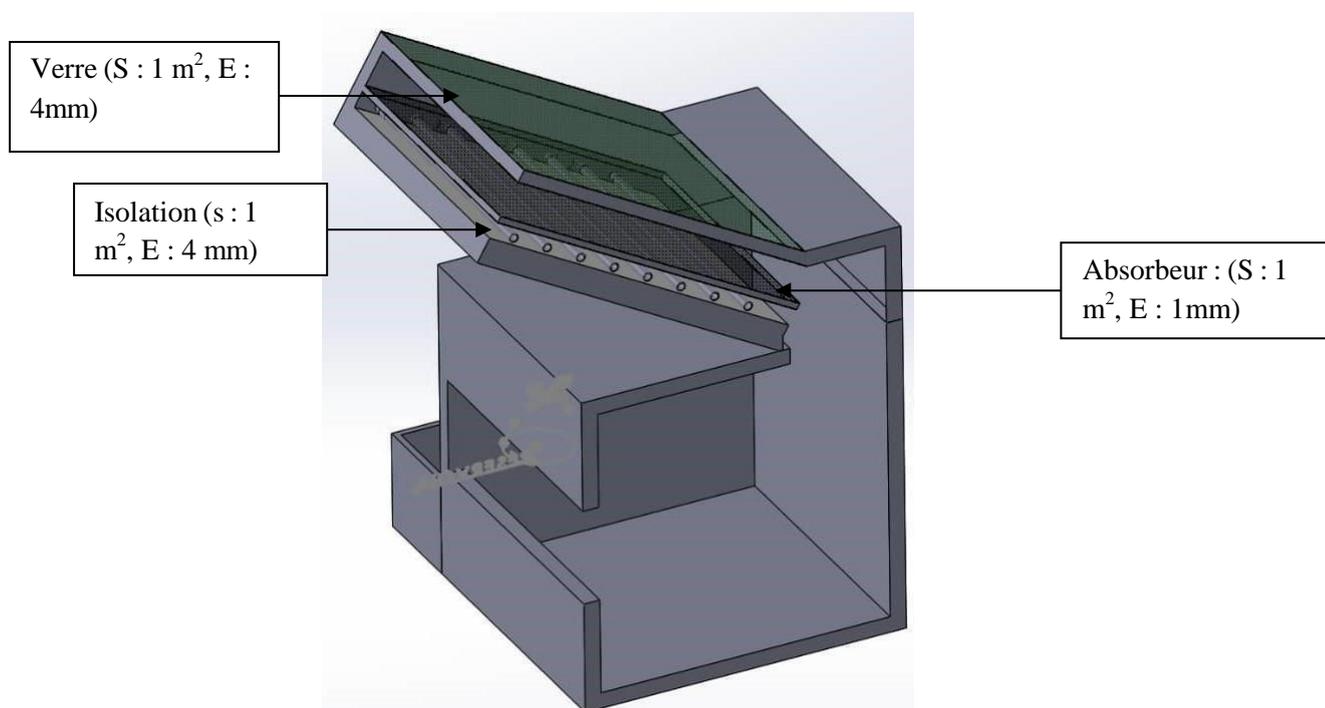


Figure III. 2: Schéma de cheminée solaire et la chambre réalisée.

III.4.Fonctionnement du SC-CPAD

La cheminée solaire commence d'abord à travailler, exposé au soleil, de sorte que la température de la cheminée augmente, de sorte qu'il attire le flux d'air de l'ambiant vers la pièce à travers la fenêtre passant sur le tampon. En même temps, le tampon est arrosé avec de l'eau de chaque 30 min uniformément en utilisant un tuyau de collecte pour faire circuler l'eau. Le processus se fait en prenant de l'eau d'un réservoir situé au-dessus du prototype, de sorte que l'eau descend dans tampon.

III.5.La différents paramètres mesurer et calculer sont :

1°/ Pour la cheminée solaire : température de chambre et de vitre ; température de deux point sur l'absorbeur ; température de l'air en quatre points dans le canal de la cheminée ; la température d'ambiant ; irradiation solaire ; vitesse de l'air à l'intérieur de la cheminée ; vitesse de l'air ambiant après 30 min.

2°/ Pour le tampon: température ambiant ; température de chambre ; l'humidité de chambre et d'ambiant ; température de l'eau ; débit massique d'air ; température humide.

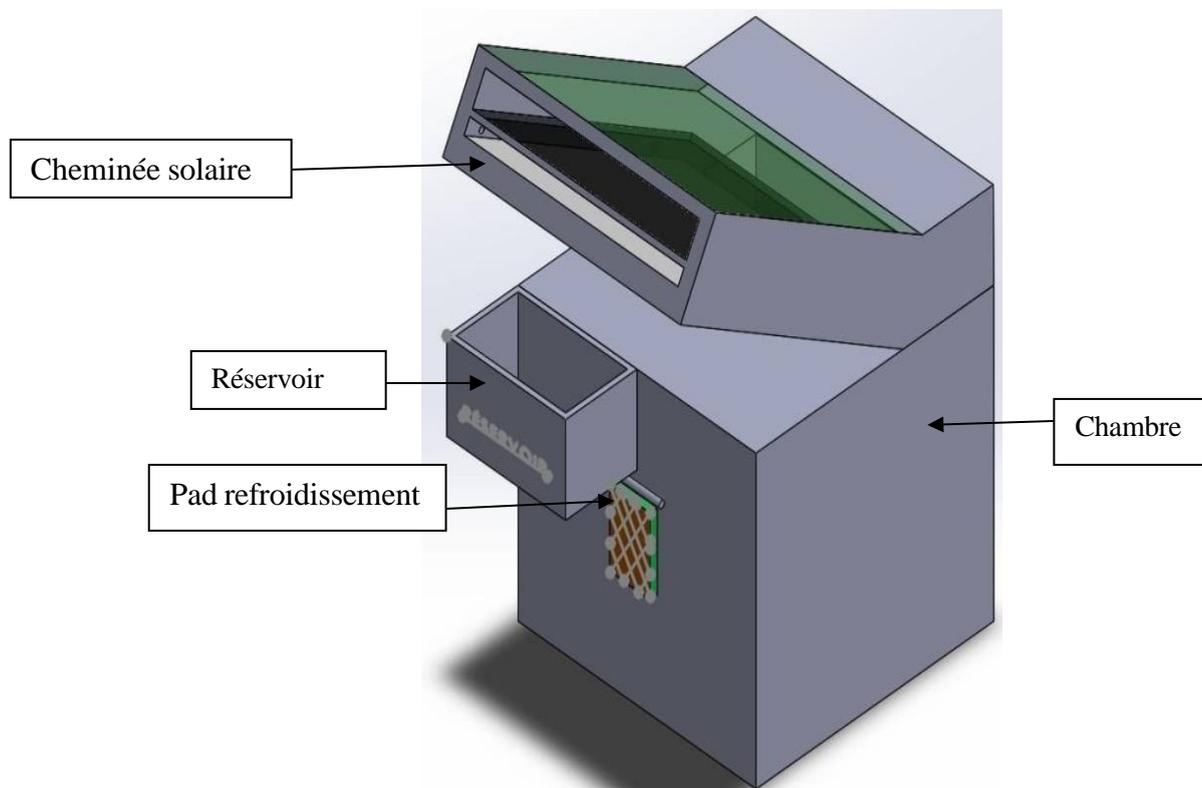


Figure III 3: Schéma du système hybride SC-CPAD

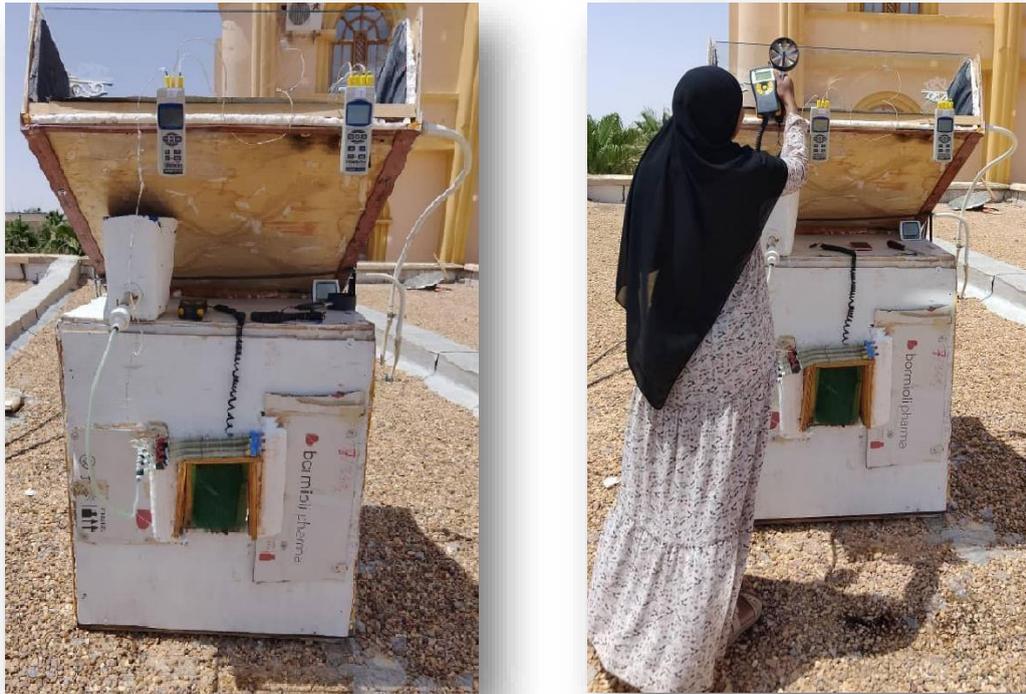


Figure III.4 : photo du prototype CS-CPAD réel

III.6.Instrumentation

Les instruments de mesure utilisés sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau III.1: Spécification technique les instrument de mesure utilisés dans la configuration expérimentale de SC-CPAD

Elément	Spécification	Photos
Thermomètre	<ul style="list-style-type: none"> • Résistance thermometer (to measure inlet and outlet DEC air temperatures) • Brand : omega • Model: RDXL4SD • Resistance : 100 um • Temperature range _200_850(°C) • Température maximale : 500°C • Diamètre de la cartouche : 3 mm 	

Câble type K

- Longueur de la cartouche : 15 mm
- Couleur du câble : blanc
- Type de connecteur : terminal fork



Anémomètre digital
Model :AM-4203

- Range : 0.4 à 25.0 m/s
- Résolution : 0.1 m/s
- Précision : (2% + 1d)
- Courant électrique approximatif : DC 3.8 mA
- Instrument principal : 180 * 72 * 32 mm (7.1 x 2.8 x 1.3 inch)
- Structure du capteur de vitesse de l'air : bras de la vanne tordues conventionnelles et conception de la balle faible friction.



Pyranomètre
4890.20

- Plage de mesure : 0 à 1999 W/m²
- Résolution : 1W/m²
- Précision : 5 %
- Sortie analogique : 100mV Ω 1000 W/ m²
- Alimentation sur pil 9 V (fournie)
- Dimensions : 185 x 108 x 56 mm.



Thermomètre digital
hygromètre

- Range : 10 – 99 %RH
- Précision : +/- 5 %HR
- Taille : 48*28.6*15.2mm
- Batterie : deux piles bouton LR44.



- _ Range : 10-95 % HR
 - _ Résolution : 0.1%HR ou 0.1°C
 - _ Précision : +/- 3 % RH ou +/- 0.5 °C
 - _ Température 00- 50 °C
 - _ Battery : 1x9V
 - _ Dimension: 111x90x40 mm
 - _ Weight : 168 g
- Thermomètre digital
hygromètre
teso -608-
H1



III.7.Etude Numérique

III.7.1.Cheminé solaire (CS)

Le débit d'air dans le canal de la cheminée solaire (figure III.5) a été modélisé par la méthode des bilans énergétique pour l'absorbeur, l'air et la vitre. Dans cette étude, nous avons basé sur le travail de Mathur et al. 2006 [16]

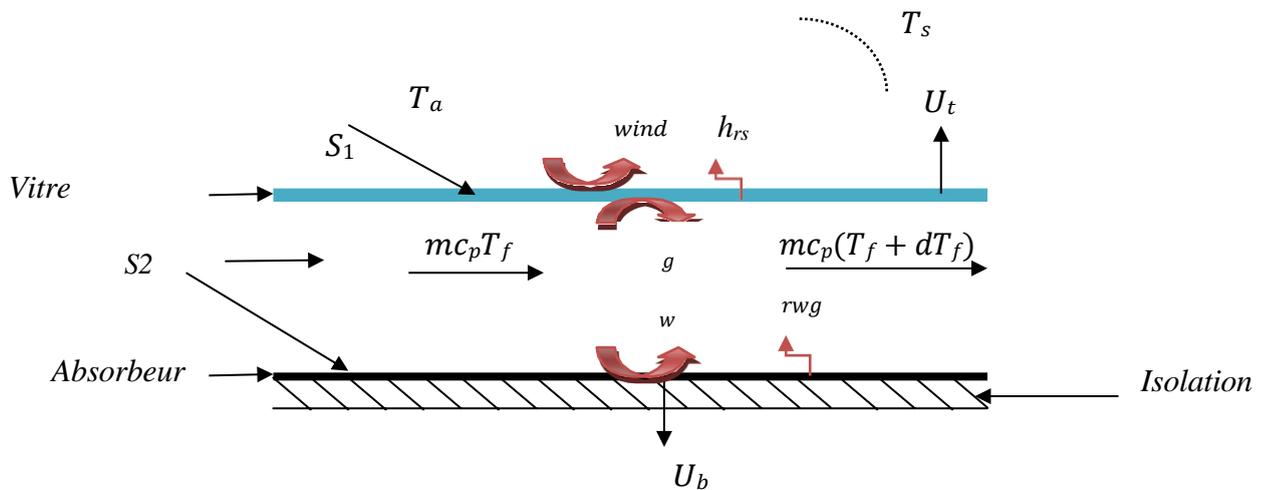


Figure III.5 : Schéma de cheminée solaire (CS)

III.7.1.1.Bilan énergétique pour le couvercle en verre :

$$S_1 A_g + (r_w(T_w - T_g)) = (g A_g (T_g - T_f)) + (U_t A_g (T_g - T_a)) \quad (III.1)$$

L'équation ci-dessus peut être réarrangée comme :

$$(r_w A_w + g A_g + U_t A_g) T_g - (g A_g) + (r_w A_w) w = (S_1 A_g) + (U_t A_g) T_a \quad (III.2)$$

(S1Ag): Rayonnement solaire incident

$h_{rwg}A_w(T_w-T_g)$: Gain de chaleur radiatif par couverture en verre du mur absorber

$h_g A_g (T_g - T_f)$: Perte de chaleur convective à l'air dans le canal de flux

$U_t A_g(T_g- T_a)$: Coefficient de perte de chaleur globale du verre à l'environnement

III.7.1.2.Bilan énergétique pour l'air :

$$(\dot{m} A_w(T_w - T_f)) + (\dot{m} (T_g - T_f)) = (q'') \quad (III.3)$$

$$T_f = \gamma T_{fo} + (1 - \gamma) T_g \quad (III.4)$$

$$q'' = \frac{m c_f (T_f - T_r)}{\gamma} \quad (III.5)$$

L'équation (III.3) est devient :

$$(\dot{m} A_w (T_w - T_f)) + (\dot{m} A_g (T_g - T_f)) = \frac{(T_f - T_r)}{\gamma} \quad (III.6)$$

T_f : La température moyenne de l'air

$h_w A_w(T_w-T_f)$: convection from absorber

$h_g A_g(T_g-T_f)$: convection from glass

q'' :Transfer chaleur de l'aire

III.7.1.3.Bilan énergétique pour l'absorbeur mathématiquement

$$(S_2 A_w) = (\dot{m} (T_w - T_f)) + (h_{rwg} A_w(T_w - T_g)) + (U_b A_w(T_w - T_r)) \quad (III.7)$$

L'équation ci-dessus peut être réarrangée comme :

$$(\dot{m} A_w) T_f - (h_{rwg} A_w) + (\dot{m} A_w + h_{rwg} A_w + U_b A_w) T_w = (S_2 A_w) + U_b A_w T_r \quad (III.8)$$

La matrice

$$[A] = \begin{bmatrix} (\dot{m} A_w + h_{rwg} A_w + U_b) & -h_{rwg} A_w & 0 \\ h_{rwg} A_w & (\dot{m} A_w + h_{rwg} A_w + U_b) & 0 \\ 0 & 0 & (\dot{m} A_w + h_{rwg} A_w + U_b) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_g \\ T_f \\ T_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_1 + U_t T_g \\ -(\frac{m c_f}{\gamma}) T_r \\ S_2 - \gamma U_b T_r \end{bmatrix}$$

III.7.2.Tampon de refroidissement (CPAD)

D'autre part, le système de refroidissement par évaporation de l'eau CPAD (figure III.3) a été modélisé pour déterminer la température de l'air entrant la chambre d'étude en fonction des conditions climatiques et géométriques ainsi que le débit d'air aspiré par la cheminée solaire CS. Dans cette étude, nous avons basé sur le travail de [17]

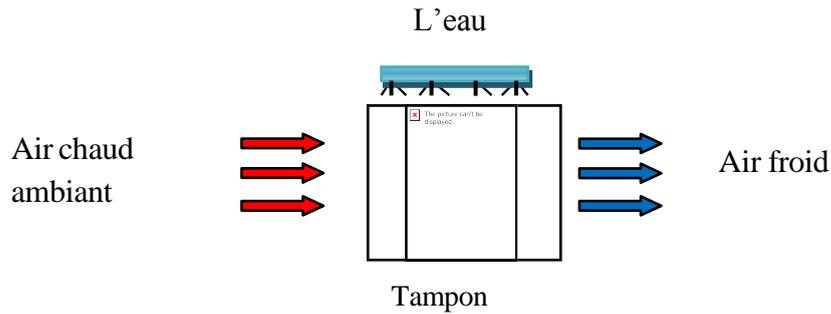


Figure. III.06 : Schéma tampon de refroidissement (CPAD)

III.7.2.1. Température et taux d'humidité de l'air dans la chambre

$$t_a = t_s + (t_1 - t_w) * \exp\left(-\left(\frac{c * X_{s1} * Bb * H}{Ga * Cp}\right) * x\right) \quad (III.9)$$

$$f_a = f_s - \frac{c_p}{r} * (t_1 - t_s) * \exp\left(-\frac{Ga * Cp}{c * \epsilon * Bb * H} * x\right) \quad (III.10)$$

t_a : Température de bulb humide de l'air (T^{eur} de chambre)

f_a : Ratio d'humidité de l'air.

t_w : Température de l'eau

t_1 : Température ambiante

t_s : Température wet bulb

III.7.2.2. Efficacité de refroidissement saturée

$$E = \frac{T_{ambiant} - T_{c\ ambre}}{T_{c\ ambre} - T_{wet\ bulb}} \quad (III.11)$$

III.8. Organigramme d'étude Numérique et simulation (code MATLAB)

Un code Matlab a été développé englobant les deux codes réalisés (CS + CPAD) afin de déterminer à la fois la température et le débit de ventilation de l'air dans la chambre. L'organigramme de ces deux codes est illustré ci-dessous.

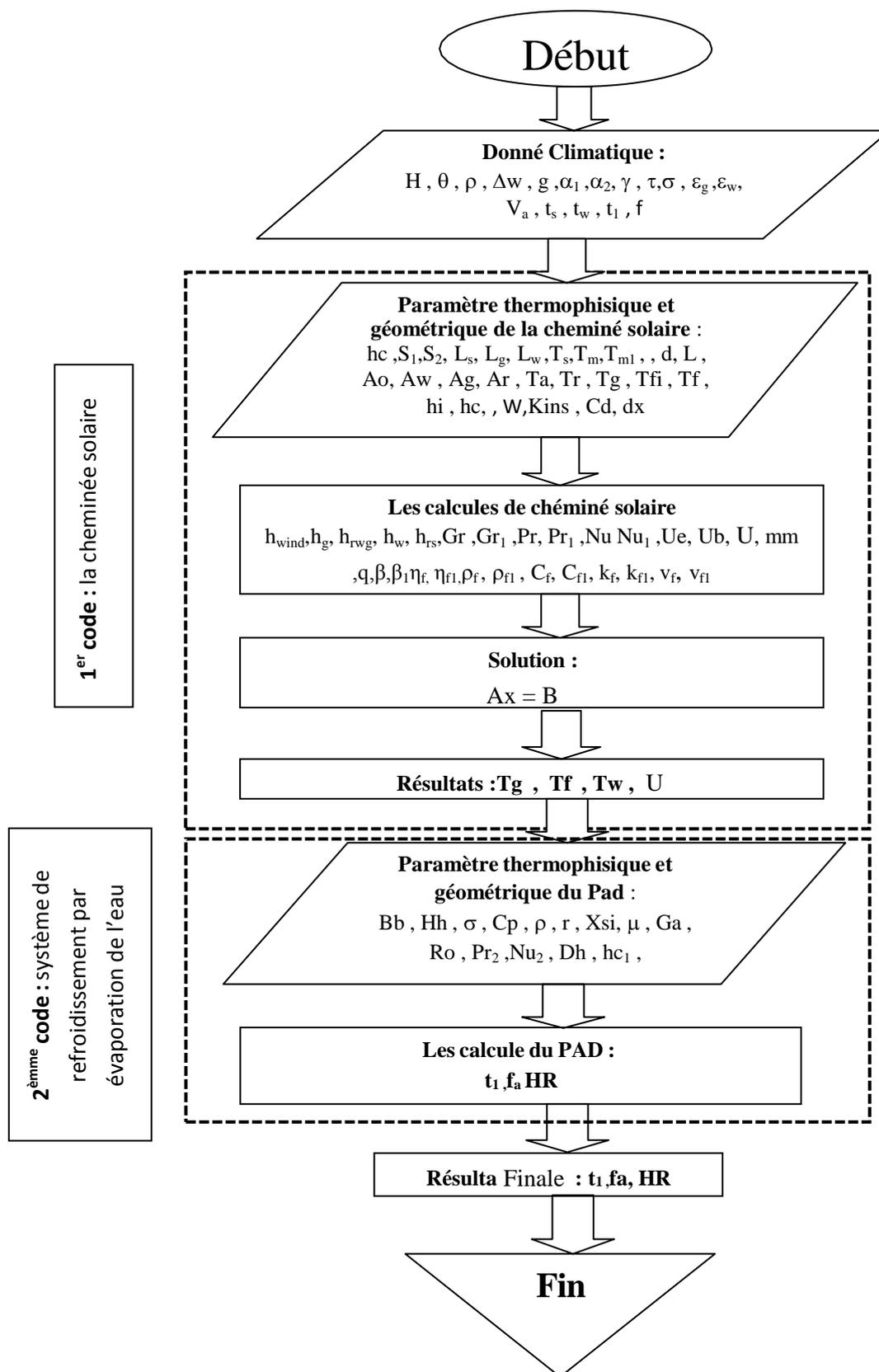


Figure. III.07 : Organigramme d'étude Numérique et simulation (code MATLAB)

III.9.Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fabriqué un prototype et présenté notre étude expérimentale sur la cheminée solaire, le tampon de refroidissement et le couplage de ces deux systèmes. Après avoir réalisé des expériences en utilisant divers appareils de mesure, nous avons également étudié ces résultats numériquement en simulant le système à l'aide du logiciel MATLAB. Sur cette base, nous comparerons les résultats obtenus expérimentalement et théoriquement dans le quatrième chapitre.

Chapitre IV : Les Résultats et Discussion

IV.1.Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les principaux résultats découverts dans le cadre de ce mémoire. Nous commençons par les mesures effectuées par le prototype du CS-CPAD réalisé d'une cheminée solaire couplée par un système de refroidissement par évaporation de l'eau dans le but d'évaluer le taux de confort thermique que l'on peut atteindre. Ensuite, nous présentons les résultats de notre code numérique afin de déterminer les principaux paramètres de dimensionnement d'un tel système.

IV.2.Résultats et discussions

Six jours de tests sont effectués pour évaluer les performances du système hybride proposé. Chaque composant du système est étudié séparément à savoir : la cheminée solaire CS et le système de refroidissement par évaporation de l'eau. Les tests sont effectués dans les périodes Mars 2023 et Mai 2023, et nous sommes appuyés sur les résultats de six jours qui sont les suivants :

- **Jour 1** (16 Mars 2023) : types de matériau de tampon.
- **Jour 2** (09 Mai 2023) : Débit de cheminée solaire
- **Jour 3** (15 Mai 2023) : fin de cheminée solaire
- **Jour 4** (03 Mai 2023) : Tampon d'épaisseur de 30 mm avec la cheminée solaire
- **Jour 5** (04 Mai 2023) : Tampon d'épaisseur 15 mm avec la cheminée solaire
- **Jour 6** (21 Mai 2023) : Tampon d'épaisseur de 45mm avec la cheminée solaire.

IV.3.Condition climatique

Les figures IV.1-IV.2-IV.3 illustrent respectivement l'évolution de l'irradiation solaire, l'humidité ambiante et température ambiante de l'air extérieur dans les six jours de tests. Comme le montrent les figures, les journées choisies étaient avec différentes conditions climatiques d'irradiation solaire, d'humidité et de température ambiante.

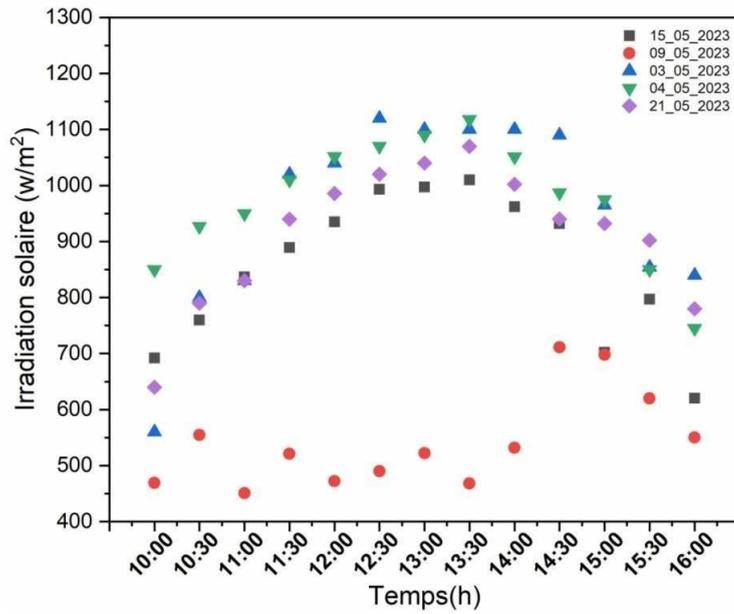


Figure IV 1: Evolution de l'irradiation solaire pendant tous les jours de test.

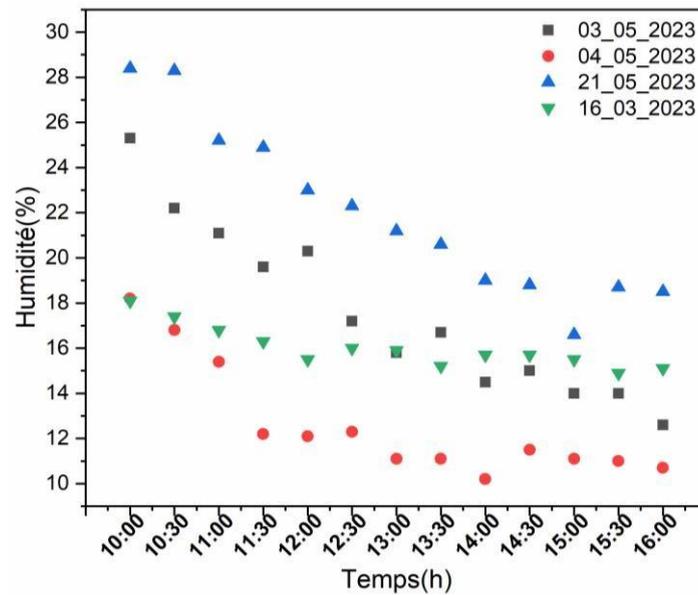


Figure IV 2: Evolution de l'humidité ambiante pendant tous les jours de test

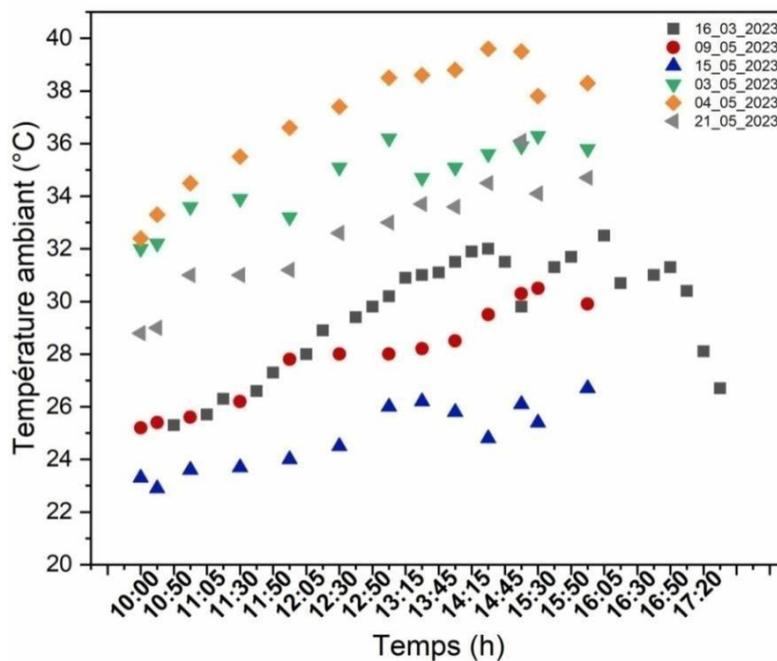


Figure IV 3: Evolution de la température ambiante pendant tous les six jours.

IV.3. Cheminée solaire

Le 15-05-2023 a été sélectionné pour étudier les variations du flux d'air en fonction de l'exposition au rayonnement solaire dans l'expérience de la cheminée solaire. L'objectif est de déterminer dans quelle mesure le rayonnement solaire affecte la quantité de flux d'air.

IV.3.1. Effet du rayonnement solaire sur le débit d'air au fil du temps

La figure IV.4 représente l'impact du débit d'air sur une journée en fonction de l'irradiation solaire. Nous observons que le débit d'air augmente et diminue au fil du temps. Il démarre à une valeur de 0,19 kg/s, puis diminue à 0,18 kg/s à 10h30. Ensuite, il atteint sa valeur maximale de débit à 0,28 kg/s à 12h30, pour ensuite diminuer progressivement au fil du temps. Les variations du débit d'air sont expliquées par les changements de vitesse de l'air à l'intérieur du canal de la cheminée solaire. De plus, les variations de vitesse de l'air à l'intérieur de la cheminée solaire sont influencées par la hauteur et la diminution de la rayonnement solaire (consulter le tableau 2 en annexe pour plus de détails sur ces variations).

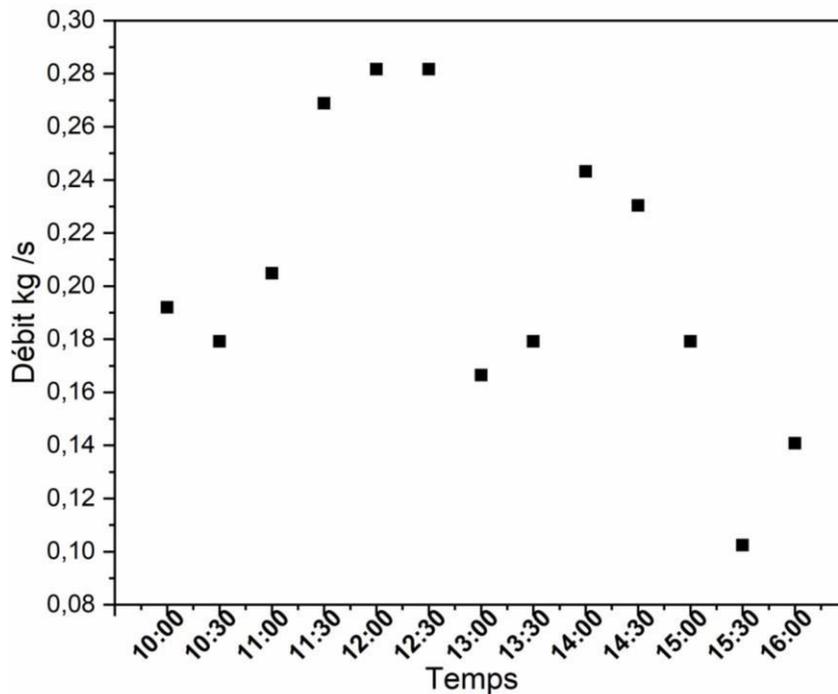


Figure IV 4: Débit d'air dans la cheminée en fonction de temps (15 Mai 2023)

IV.5.Système de refroidissement par évaporation de l'eau

IV.5.1.Effet du type de matériau du tampon sur l'efficacité

Dans cette expérience, des tampons ont été préparés à partir des trois types de fibres utilisés dans cette étude : fibre de palmier, coton et toile de jute. Chaque fibre a été trempée dans de l'eau afin de s'assurer que le tampon était complètement humide avant d'être placé dans le complexe de l'expérience (chambre + tampon). Après l'enregistrement chaque 15 min, des mesures, le pourcentage d'efficacité a été calculé sur la base de la température de l'air, de la température ambiante et de la température humide enregistrées dans le tableau de mesure. La figure IV.5 représente des colonnes montrant l'efficacité des trois types de fibres (Coton, leif de palmier dattier, tissu de jute). Nous avons constaté que la fibre de palme présentait la plus grande efficacité par rapport au coton et à la toile de jute. À la lumière des résultats de la figure IV 5, nous avons déterminé que la fibre de palme était la meilleure option en raison de son efficacité élevée, de sa disponibilité en tant que matériau naturel local et de son approvisionnement constant. Ensuite, nous avons combiné le système de tampon avec la cheminée solaire.

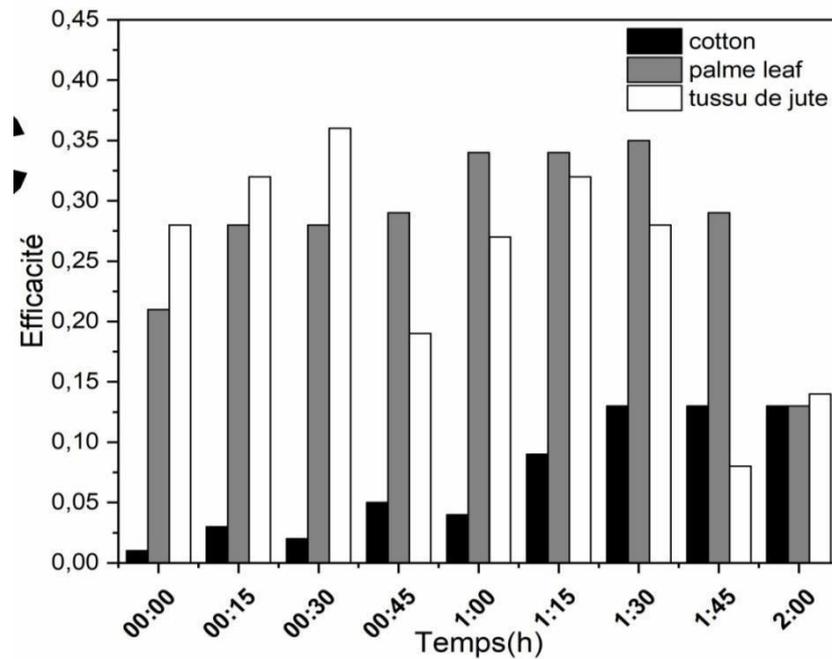


Figure IV 5: Efficacité de système de refroidissement en fonction du temps pour différentes types de fibres (Cotton, palme Leif, toile de jute).

IV.5.2.Effet du matériau du tampon sur la température de la chambre

La figure IV6 représente la variation de la température de chambre pour trois fibres naturelles (Cotton, palmier et toile de jute) en fonction de temps. En utilisant la fibre de coton, nous observons une augmentation de la température ambiante au fil du temps. En revanche, lors de l'utilisation de la toile de jute, nous constatons une diminution de la température au fil du temps. Pour ce qui est de la fibre de palme, nous observons une relative stabilité de la température, avec des degrés oscillant entre 27 et 28°C.

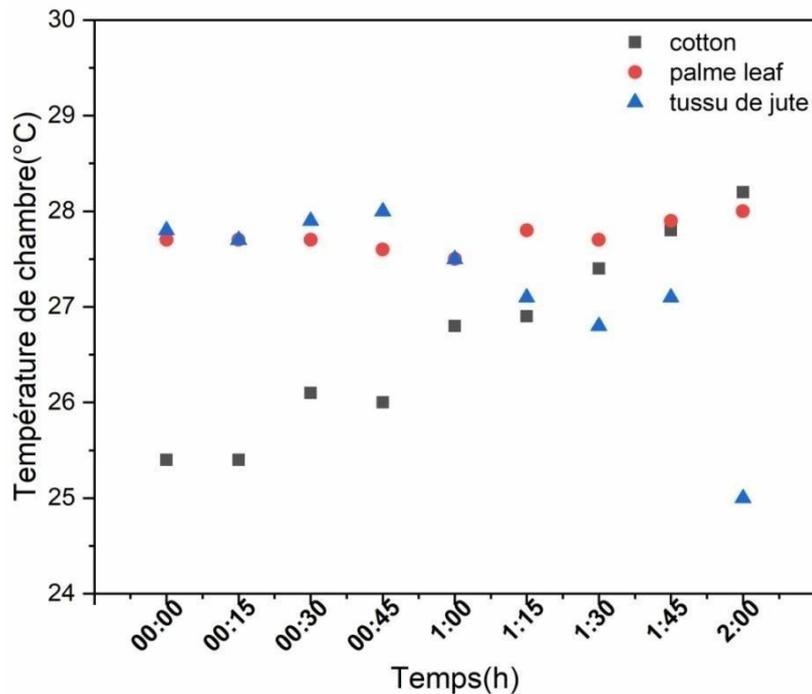


Figure IV 6: Evolution de la température de la chambre en fonction du temps pour trois matériaux de tampon (Cotton , Palmier Leif ,Toile de jute) (16 Mars 2023)

Sur la base des résultats des deux figures précédentes, nous concluons que la fibre de leif de palmier est la meilleure car elle est très efficace par rapport aux autres fibres utilisées et parce qu'il s'agit d'un matériau local naturel qui est toujours disponible dans la région d'Ouargla, il a été sélectionné pour être utilisé dans la suite de cette étude.

IV.6.Système CS-CPAD

Grâce aux résultats expérimentaux d'études antérieures, la fibre de Leif palmier a été utilisée dans la dernière étude qui combine la cheminée solaire et le système de refroidissement par évaporation de l'eau, l'épaisseur de tampon a été modifiée dans chaque expérience en utilisant trois épaisseurs, qui sont (15, 30, 45 mm) pour savoir quelle épaisseur a le plus d'efficacité dans de refroidissement, voir les tableaux (4, 5 ,6).

IV.6.1.Effet de l'épaisseur du tampon sur la température de la chambre

La figure IV7 représente le changement de température de chambre pour les trois épaisseurs (15, 30, 45 mm) en fonction de temps. Nous constatons l'épaisseur de 15mm était le plus élevée par rapport aux autres épaisseurs atteindre le degré maximum 37°C. d'autre part, l'épaisseur de 45mm donne les basses températures par rapport 15mm et 30 mm. A partir ces

résultats, il est clair que plus l'épaisseur du tampon est grande, plus la température de chambre est basse.

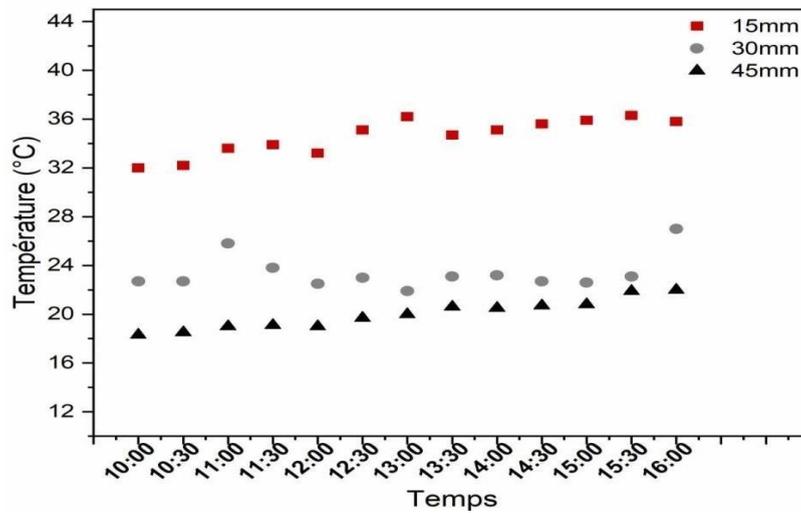


Figure IV 7: Evolution de la température de la chambre en fonction de temps pour trois épaisseur de tampon (15, 30, 45mm) (03-04-21-Mai 2023)

IV.6.2.Effet de l'épaisseur du tampon sur l'humidité de la chambre

La figure IV8 représente le changement de l'humidité de la chambre en fonction du temps pour trois épaisseurs (15, 30, 45 mm). Nous constatons que pour une épaisseur de 45 mm l'humidité a été plus élevée par rapport aux autres épaisseurs et pour épaisseur 30 mm à été la plus basse.

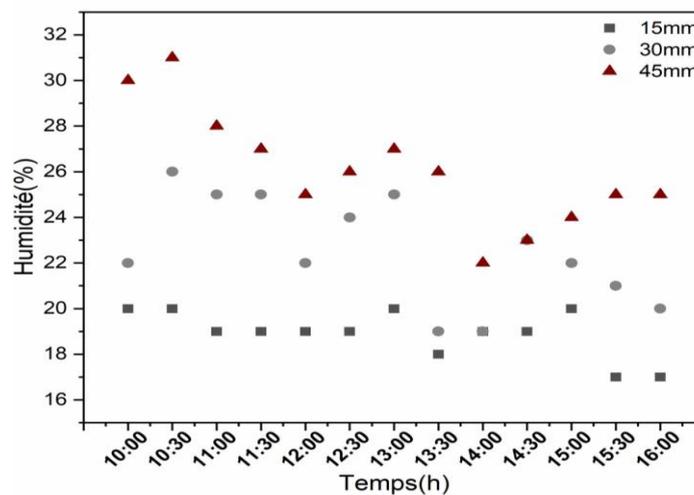


Figure IV 8: Impact de humidité de chambre en fonction de temps pour trois épaisseur de tampon (15, 30, 45mm) pour les jours (03-04-21-Mai 2023)

IV.6.3.Effet d'épaisseur du tampon sur l'efficacité

La figure IV.9 représente l'effet de l'épaisseur de du tampon sur d'efficacité du système CPAD (15, 30, 45 mm). Nous constatons que l'efficacité de l'épaisseur de 45mm est supérieure à celle de 30 mm et l'efficacité de l'épaisseur de 30 mm est supérieure à celle de 15 mm, et nous en concluons que plus le tampon est épais, plus le système CPAD est efficace.

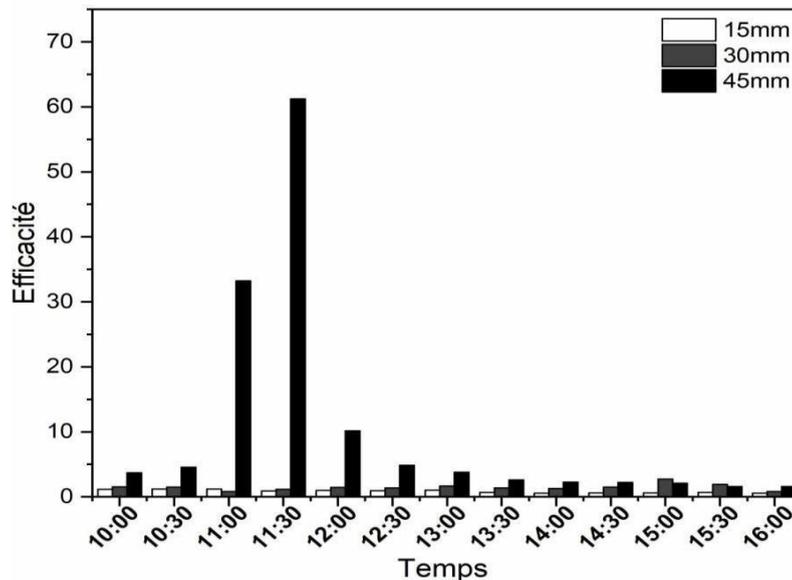


Figure IV 9: Effet de l'épaisseur de du tampon sur d'efficacité du système CPAD (15, 30, 45 mm).

IV.7.Validation

Sur la base des résultats obtenus précédemment dans notre étude expérimentale, nous avons entrepris une analyse théorique en utilisant le programme MATLAB afin de garantir leur validité. Nous avons comparé les résultats expérimentaux et théoriques en calculant le rapport d'erreur pour différentes températures : celle du verre, de la plaque absorbante, de l'air à l'intérieur du canal de la cheminée solaire, ainsi que la vitesse du flux d'air. Les résultats de cette comparaison sont récapitulés dans le tableau IV3.

Nous avons constaté que le pourcentage d'erreur pour la température du verre ne dépasse pas 2%, pour la température de la plaque absorbante il ne dépasse pas 8%, pour la température de l'air il ne dépasse pas 2%, et en ce qui concerne la mesure de la vitesse de l'air, l'erreur ne dépasse pas 15%. Ces faibles pourcentages d'erreur indiquent une concordance satisfaisante entre les résultats expérimentaux et théoriques.

En ce qui concerne le tampon de refroidissement, nous avons comparé les résultats expérimentaux et théoriques en calculant le taux d'erreur pour la température de la chambre et l'humidité relative. Pour déterminer l'humidité relative, nous avons utilisé un diagramme psychrométrique en fonction de la température et de l'humidité absolue. Les résultats de cette comparaison sont présentés dans le tableau IV.4. Nous avons constaté que le pourcentage d'erreur pour l'humidité relative ne dépasse pas 7%, et pour la température de la chambre, l'erreur ne dépasse pas 12%. Ces niveaux d'erreur restent acceptables, ce qui indique une certaine concordance entre les résultats expérimentaux et théoriques pour l'humidité relative et la température de la chambre.

IV.7.1. Cheminée solaire

Tableau IV.1: Validation comparative du modèle de la cheminée solaire CS.

	Irradiation	T _{ambiante}	T _{verre}	T _{air}	T _{absorber}	La vitesse d'air
Expérimental	1010	299.2	306	298.8	399.9	0,13
Présent travail	1010	299	301.7	302.8	343.2	0,219
Erreur relative (%)			1,41	1,34	7,19	14,18

IV.7.2. Tampon refroidissement

Tableau IV.2: Validation comparative du modèle du système de refroidissement CPAD.

	Vitesse	T _{humide}	T _{eau}	T _{air}	HR %	T _{chambre}
Expérimental	0.2	24.9	24.9	33.7	23.5	20.6
Présent travail	0.2	24.9	24.9	33.7	25.2	23
Erreur relative (%)					6.75	11.65

IV.7.3. Etude paramétrique

Dans cette étude nous avons exécuté nos codes numériques pour voir l'effet de quelques paramètres sur les performances du SC-CPAD. Tableau IV.5 illustre les paramètres utilisés dans la modélisation.

Tableau IV.3 : Condition générale de système SC-CPAD.

Irradiation solaire	1000 W/m ²
Température ambiante	33.6 °C
Humidité ambiante	19%
Vitesse de vent	2.9m /s
Largeur	1 m
Longueur	1 m
Hauteur	1 m
Angle d'inclination	60°
Espace entre l'absorbe et le verre	0.30 m
Surface	1 m ²
Taille	1 m ³
Longueur de tampon	0.26 m
Largeur de tampon	0.17 m
Épaisseur de tampon	0.045 m
Vitesse dans canal de la cheminée solaire	0.2 m/s

La figure IV10 présente deux graphes de l'effet de la vitesse de l'air sur la température et humidité absolue de la chambre. Nous constatons pour température de chambre que la vitesse de l'air augmente, la température chambre augmente et pour l'humidité que la vitesse d'air augmente, l'humidité diminue. Lorsqu'une de la vitesse de l'air augmente, nous remarquons une augmentation de la température, et nous concluons que plus la vitesse de l'air est petite, plus le transfert entre l'eau et l'air est élevé, et plus la température est basse. Pour l'humidité

absolue, nous expliquons sa diminution que plus la vitesse est élevée, plus le transfert entre l'air et l'eau est faible, et de là moins d'humidité.

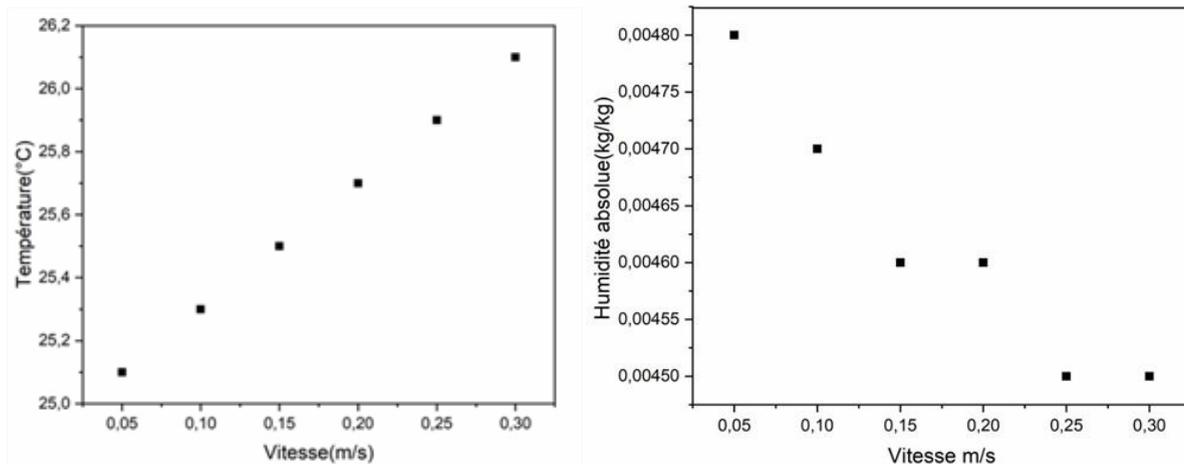


Figure IV 10 : Effet de la vitesse de l'air sur la température et humidité absolue de la chambre

Les résultats obtenus à partir de l'analyse psychrométrique du système SC-CPAD, ces résultats sont analysés par rapport à la zone de confort thermique pour différentes campagnes de mesure. Les formes géométriques en noir représentent l'état de l'air d'entrée. L'air traité obtenu à partir de SC-CPAD est marqué par des formes géométriques en blanc sur le diagramme psychrométrique. On peut voir cela à propos de 40% des points sont dans la zone de confort thermique. Les autres points sont proches de la zone et plus froids pour les différentes conditions environnementales et paramètres opérationnels.

La température intérieure a atteint un peu cool Parce que la température extérieure est un peu basse, alors nous supposons que lorsque la chaleur extérieure sera élevée, ce sera 90 % des points de la zone de confort thermique, Le refroidisseur est plus efficace lorsque les températures extérieures sont plus élevées.

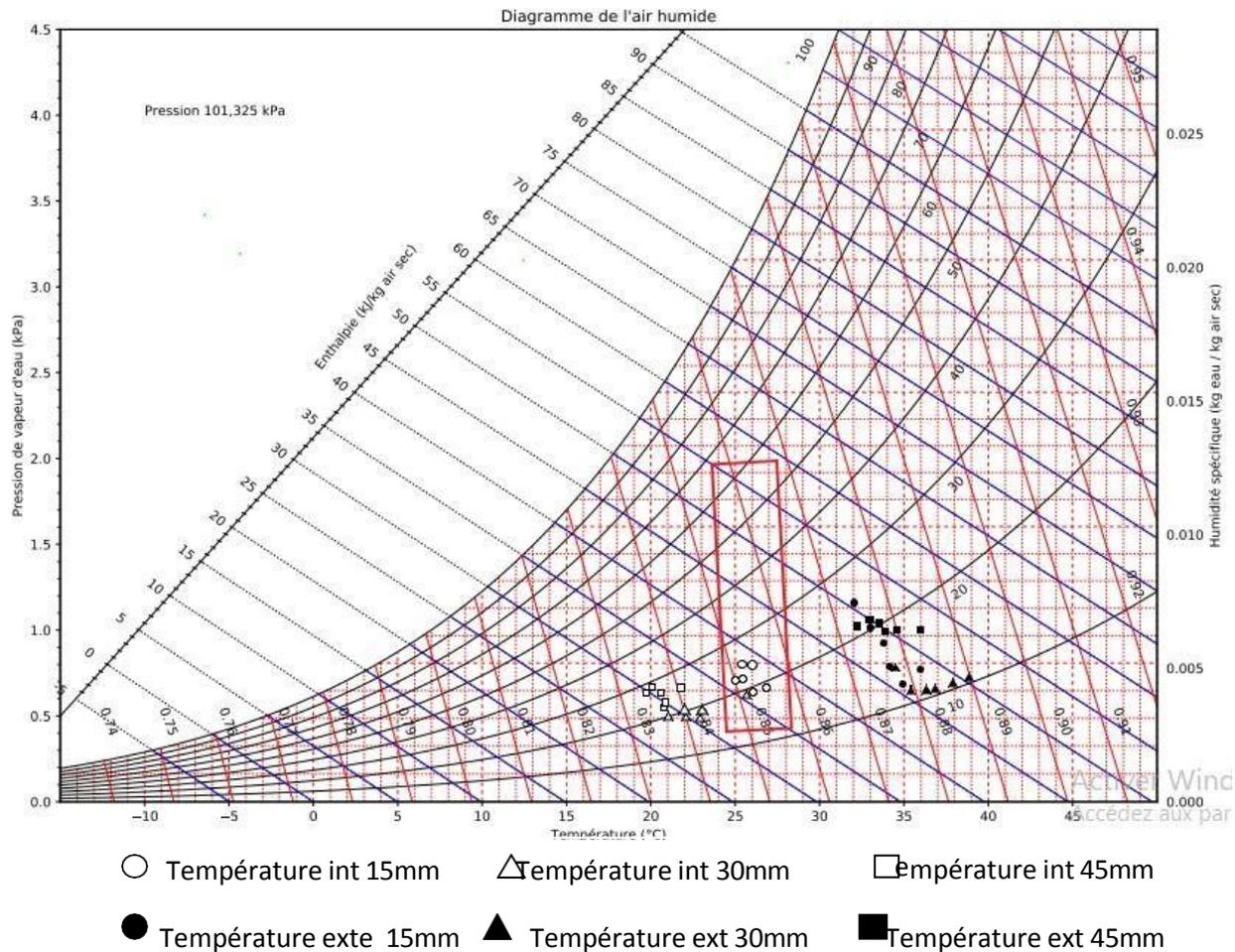


Figure IV 11 : Analyse psychométrique du système SC-CPAD par rapport à la zone de confort thermique pour différentes épaisseurs de tampons

IV.8.Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats de notre modèle expérimental, qui inclut à la fois des données expérimentales et numériques. Nous avons ensuite procédé à une comparaison entre ces résultats afin d'évaluer la concordance entre eux. Enfin, nous avons réalisé une étude paramétrique en utilisant les résultats obtenus pour évaluer si notre modèle expérimental atteint le confort thermique ou non.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Dans ce mémoire, une étude expérimentale et numérique sur un système hybride de ventilation et de refroidissement naturels dans les régions arides a été réalisée.

Au cours de cette étude, un système hybride a été conçu couplant une cheminée solaire un système de refroidissement par évaporation de l'eau SC-CPAD à la Faculté des Energies Renouvelables, Université Kasdi Merbah de Ouargla. Le but est de tester les performances de ce système dans la région d'Ouargla, chaque système a été étudié séparément puis le système hybride a été étudié.

Pour le système de cheminée solaire, une étude expérimentale a été effectuée pour déterminer le débit d'air extrait de la chambre. Ainsi, les températures de verre, de l'air et l'absorbeur ont également mesurées et calculées. La même chose a été faite pour le système de refroidissement par évaporation de l'eau CPAD pour déterminer la température et l'humidité de l'air à l'intérieure de la chambre.

Les deux modèles CS + CPAD ont été validé avec le banc d'essai réalisé et également avec d'autres travaux de la littérature.

L'épaisseur du tampon du CPAD a été contrôlé et testé en utilisant trois épaisseurs 15 et 30, 45 mm et en choisissant le tampon qui a plus d'efficacité pour refroidir la pièce. L'épaisseur de 45 mm est la meilleure pour le processus de refroidissement.

Nous avons également analysé la capacité du système à fournir un confort thermique et nous avons appris que le système CS-CPAD nous permet d'obtenir un confort à l'intérieur de la chambre.

ANNEXE

Tableau01: Les résultats de l'étude expérimentale de prototype CS-CPAD avec épaisseur de tampon 15 mm

Date : 03 Mai 2023																	
Epaisseur :15mm																	
Temps	IR solaire	T amb	T cham	T abs	T air1	T air2	T air3	T air	T vitre	T eau	RH amb	RH cham	V amb	V cs	Débit	T wet bulb	Efficacité
10:00	560	32,00	25,5	66,4	40,7	36,4	44,2	46,3	30,8	28	25,30	22,00	0,6	0,2	0,256	19,83	1,15
10:30	800	32,20	25	71,9	45,3	40,5	43,9	52,1	30,8	28,3	22,20	26,00	0,6	0,2	0,256	18,92	1,18
11:00	830	33,60	25,5	78,1	46,1	41,4	50,3	57,5	32,2	28,6	21,10	25,00	0,8	0,1	0,128	18,74	1,20
11:30	1020	33,90	26,2	81,2	49	43,3	46,2	53,6	32,7	28	19,60	25,00	3,2	0,3	0,384	17,65	0,90
12:00	1040	33,20	25,3	83,1	49,4	44	46,8	58,8	32,8	27,2	20,30	22,00	1,2	0,1	0,128	17,29	0,99
12:30	1120	35,10	25,6	88,9	56,9	44,3	51	60,2	34,7	26,7	17,20	24,00	2	0,2	0,256	15,68	0,96
13:00	1100	36,20	25,3	92,7	61,2	44,7	54	61,2	36	26,1	15,80	25,00	0,7	0,2	0,256	14,67	1,03
13:30	1100	34,70	26,4	88,9	61,4	45,7	53,2	60,4	31,9	25,3	16,70	19,00	1,4	0,2	0,256	14,42	0,69
14:00	1100	35,10	27,3	84,9	60,8	47,2	51,8	58	39	24,8	14,50	19,00	1,8	0,3	0,384	13,20	0,55

14:30	1090	35,60	27,2	80	66, 1	43, 4	57	55,3	35 ,6	24,7	15, 00	23, 00	1	0, 1	0,128	13, 32	0,61
15:00	965	35,90	27,2	78, 2	63, 5	43, 2	49, 7	57	35 ,8	24,4	14, 00	22, 00	1,8	0, 2	0,256	12, 72	0,60
15:30	854	36,30	26,6	77, 1	65, 8	40, 7	55, 6	59,4	36 ,3	24	14, 00	21, 00	0	0, 2	0,256	12, 44	0,68
16:00	840	35,80	27,1	71, 1	50, 8	40, 2	44, 8	46,8	34 ,6	23,7	12, 60	20, 00	1,2	0, 2	0,256	11, 68	0,56

Tableau02: Les résultats de l'étude expérimentale de prototype CS-CPAD avec épaisseur de tampon 30 mm

Date: 04 Mai 2023																	
Epaisseur : 30mm																	
Temps	IR	T amb	T cham	T abs	T air1	T air2	T air3	T air4	T vitre	T eau	R Ham b	R H cham	V amb	V cs	Débit	T wet bulb	Efficacité
10:00	850	32,40	22,7	66,6	40,6	48,2	42,2	42,7	30,6	27,2	18,20	20,00	1	0,2	0,256	16,46	1,56
10:30	927	33,30	22,7	71,1	42,2	52	46,6	46,8	31,7	26,9	16,80	20,00	1,2	0,2	0,256	15,67	1,51
11:00	950	34,50	25,8	80,6	44,7	59,6	49,6	45,8	35	26,6	15,40	19,00	1	0,6	0,768	14,87	0,80
11:30	1010	35,50	23,8	85,3	45,5	59,7	56,2	51,2	34,6	26,6	12,20	19,00	2	0,3	0,384	13,50	1,14
12:00	1052	36,60	22,5	87,5	46,9	57,2	53	51	35,3	25,5	12,10	19,00	2,2	0,5	0,64	12,71	1,44
12:30	1070	37,40	23	90,5	47,5	59,2	53,6	56	36,7	25,1	12,30	19,00	2,1	0,5	0,64	12,52	1,37
13:00	1090	38,50	21,9	92,6	48	60,2	55,6	51,7	38,3	25	11,10	20,00	1,	0,7	0,896	11,94	1,67

													2				
13:3 0	11 18	38,60	23, 1	91, 4	48 ,9	64,4	54,3	58 ,5	37 ,2	24 ,6	11, 10	18, 00	1	0,1	0,1 28	11,68	1,36
14:0 0	10 51	38,80	23, 2	89, 2	48 ,5	62	61,4	55 ,8	37 ,2	24 ,3	10, 20	19, 00	0 , 5	0,1	0,1 28	11,10	1,29
14:3 0	98 7	39,60	22, 7	86, 2	47 ,4	58	62,9	54 ,3	38 ,5	23 ,7	11, 50	19, 00	1 , 5	0,2	0,2 56	11,24	1,48
15:0 0	97 5	39,50	22, 6	85, 5	44 ,8	65,3	65,5	58 ,6	39 ,5	31 ,7	11, 10	20, 00	0 , 5	0,1	0,1 28	16,39	2,72
15:3 0	85 0	37,80	23, 1	62, 3	46 ,3	53,7	56,7	45 ,4	37 ,5	30 ,3	11, 00	17, 00	1 , 2	0,2	0,2 56	15,41	1,91
16:0 0	74 5	38,30	27	71, 5	44 ,2	58,8	58	48 ,7	38 ,8	27	10, 70	17, 00	1 , 2	0,2	0,2 56	13,09	0,81

Tableau03: Les résultats de l'étude expérimentale de prototype CS-CPAD avec épaisseur de tampon 45 mm

Date: 21 Mai 2023																	
Matériau : Palmier Leif																	
Épaisseur: 45mm																	
Temp s	I R	T amb	T cham	T abs	T air1	T air2	T air3	T air4	T vitre	T eau	RH amb	R H cham	V amb	V cheminée	Débit	Efficacité	T wet bulb
10:00	640	28,8	18,3	63,7	37,2	38,6	41,8	43,7	37,6	28,2	28,40	30,00	0,28	0,14	0,1792	3,71	21,13
10:30	790	29	18,5	70,2	38	39,5	43,5	43	38,8	27,9	28,30	31,00	0,6	0,2	0,256	4,53	20,82
11:00	830	31	19	71,9	40,1	42,5	48,6	46	40,3	27,5	25,20	28,00	1,7	0,18	0,2304	33,23	19,36
11:30	940	31	19,1	73,9	39,3	40,4	43,8	39	41,3	27,1	24,90	27,00	1,4	0,11	0,1408	61,21	18,91
12:00	986	31,2	19	78,2	44,6	47,8	46,7	42	44,4	26,6	23,00	25,00	0,6	0,12	0,1536	10,14	17,80
12:30	1020	32,6	19,7	79	43,7	45,4	52,9	47,6	43,4	26	22,30	26,00	0,8	0,08	0,1024	4,86	17,04
13:00	1040	33	20	81,2	43,2	43,1	48,2	45,3	42,6	25,9	21,20	27,00	1	0,06	0,0768	3,79	16,57

13:30	1070	33,7	20,6	80,1	44,7	46,3	49,2	45	40,5	24,9	20,60	26,00	2,7	0,2	0,256	2,59	15,54
14:00	1002	33,6	20,5	72,3	44,8	44,5	49,2	45,3	41	24,6	19,00	22,00	2,9	0,3	0,384	2,27	14,73
14:30	940	34,5	20,7	73	43,5	40,9	46,4	42,4	40,4	24,3	18,80	23,00	2,7	0,22	0,2816	2,20	14,43
15:00	932	36,1	20,8	73,7	44,4	45,9	51,7	47,6	40,9	24,1	16,60	24,00	1,5	0,1	0,128	2,09	13,48
15:30	902	34,1	21,9	71,9	46,8	49,2	49,5	48	41,3	24,1	18,70	25,00	1	0,07	0,0896	1,59	14,24
16:00	780	34,7	22	63,2	42,6	42,4	43,3	39	38,7	23,9	18,50	25,00	0,57	0,02	0,0256	1,59	14,01

Tableau04: Les résultats de l'étude expérimentale de la cheminée solaire

Date : 09 Mai 2023												
Time	IR	T amb	T air1	T air2	T air3	T air4	T abs	T vitre	T chamb	V amb	V cs	Debit
10:00	469	25,2	29,7	29,4	30,6	29,4	51,8	32,7	29	5,6	0,4	0,512
10:30	555	25,4	29,4	30,1	30	29,3	56,1	34	29,3	2,7	0,2	0,256
11:00	451	25,6	30,8	32,4	30,2	29,2	62,2	35,9	29,6	2,5	0,1	0,128
11:30	521	26,2	32,8	32,6	32,7	29,7	62,3	35,8	29,9	6,3	1	1,28

12:00	472	27,8	35,6	34,8	35,5	31,3	68,7	39,1	31,1	7,8	0,1	0,128
12:30	490	28	33,2	36,1	36	30,2	64,8	36,6	31,2	5,2	0,2	0,256
13:00	522	28	35,9	35,8	37,3	30	67,8	38	31,6	4,2	0,2	0,256
13:30	468	28,2	35,8	35,5	37,4	30,7	67,4	37,5	31	7	0,2	0,256
14:00	532	28,5	32,9	35,1	33,8	30,6	57,1	35	32	6,3	0,6	0,768
14:30	711	29,5	37,7	36,7	36,5	31,6	62,1	37,5	32,9	2,7	0,2	0,256
15:00	698	30,3	39	36,7	39,7	32,5	65	39,7	33	7,9	0,2	0,256
15:30	620	30,5	37,2	36,4	37,8	32,5	61,1	38,5	33,2	4,2	0,2	0,256
16:00	550	29,9	36,6	36	36,5	32	56	37,3	32,3	2,5	0,2	0,256
16:30	570	29,2	33,8	33,6	34	31,6	42,8	35	32	5,4	0,2	0,256
17:00	255	29,6	31,9	33,2	33,5	31,1	39,1	33,3	31,6	4,2	0,2	0,256

Tableau05: Les résultats de l'étude expérimentale de la cheminée solaire en jour 15/05/2023

lundi 15/05/2023											
Time	I R	V amb	Vcs	T amb	T air	T air2	T air3	T air4	T abs	T vitre	T cham
10:00	760	3,9	0,15	22,9	26,5	27,7	28,5	25,4	45,9	25,9	23,3
10:30	837	2,21	0,14	23,6	29,1	29,6	3	25,7	54,2	27,9	22,9

							0				
11:00	889	2,14	0,16	23,7	29,4	29,5	33,3	26,1	59,6	29,2	23,6
11:30	935	1,72	0,21	2 4	32,5	23,3	38,3	29,7	66,5	28,3	23,7
12:00	993	1,7	0,22	24,5	31,9	34,8	37,8	3 0	66,9	27,8	24
12:30	997	3,9	0,22	2 6	31,3	33,5	36,5	28,8	65,7	27,8	24,5
13:00	1010	1, 09	0, 13	26 ,2	35 ,9	37,7	40 ,6	29 ,8	70,2	28 ,7	26
13:30	962	1, 92	0, 14	25 ,8	37 ,5	38,6	41 ,9	31 ,6	74,1	31	26, 2
14:00	932	1, 25	0, 19	24 ,8	39	42,9	40 ,5	37	72,5	30 ,4	25, 8
14:30	702	1, 98	0, 18	26 ,1	32 ,4	33,8	36	32	61,1	27 ,7	24, 8
15:00	797	1, 39	0, 14	25 ,4	38 ,5	39,2	41 ,2	35	66,2	30 ,6	26, 1
15:30	620	1, 12	0, 08	26 ,7	34 ,3	34,5	35	33 ,5	60,6	29 ,7	25, 4
16:00	617	0, 29	0, 11	26 ,9	40 ,1	39,2	39 ,6	32 ,4	59,8	31	26, 7

Tableau06: Les résultats de l'étude expérimentale de tampon refroidissement avec trois matériaux (coton , palmier , tusse de jute) .

Date: 16-03-2023							
Matériau utilise: coton							
Temp s	Teau	Tamb	Tcham	Twb	RHext	RHint	efficacité
10:50	26	25,3	25,4	13,7	21,9	25,2	1%
11:05	26	25,7	25,4	13,4	20,4	23,9	3%
11:20	26,5	26,3	26,1	14,0	19,8	24,4	2%
11:35	25,1	26,6	26	13,6	18,4	22,5	5%
11:50	25,8	27,3	26,8	14,4	18,8	23,6	4%
12:05	25,7	28	26,9	14,1	18,8	21,9	9%
12:20	26,3	28,9	27,4	15,4	18,9	26,6	13%
12:35	26,8	29,4	27,8	15,5	18,6	25,4	13%
12:50	27	29,8	28,2	15,7	17,6	25,1	13%
matériau : palmier							
	Teau	Tamb	Tcham	Twb	Rhext	Rhint	efficacité
13:00	26,4	30,2	27,7	16,0	18,1	28,3	21%
13:15	27,1	30,9	27,7	16,2	17,4	29,8	28%
13:30	27,1	31	27,7	15,8	16,8	27,6	28%
13:45	26,9	31,1	27,6	15,6	16,3	26,9	29%
14:00	27,2	31,5	27,5	15,8	15,5	28,2	34%
14:15	27,2	31,9	27,8	15,8	16	27,2	34%
14:30	27	32	27,7	15,5	15,9	26	35%
14:45	27	31,5	27,9	15,3	15,2	24,5	29%

15:00	26,9	29,8	28	14,0	15,7	18,6	13%
matériau : toile de jute							
	Teau	Tamb	Tcham	Twb	Rhext	Rhint	efficacité
15:35	26,5	31,3	27,8	15,5	15,7	25,5	28%
15:50	26,9	31,7	27,7	15,3	15,5	25,1	32%
16:05	27,3	32,5	27,9	15,2	14,9	23,7	36%
16:20	26,8	30,7	28	14,1	15,1	19	19%
16:35	26,4	31	27,5	14,6	15,3	22,5	27%
16:50	26,5	31,3	27,1	14,1	14,8	21,6	32%
17:05	26,3	30,4	26,8	13,8	15,3	21,2	28%
17:20	25,5	28,1	27,1	14,1	16,5	21,6	8%
17:35	25,1	26,7	25	12,8	17,4	22	14%

Resumé

Ce mémoire présente une étude expérimentale et numérique sur un système hybride de ventilation et de refroidissement naturels adapté aux régions arides. Le système combine une cheminée solaire et un système de refroidissement par évaporation d'eau SC-CPAD, et a été installé à la Faculté des Energies Renouvelables de l'Université KasdiMerbah à Ouargla.

L'objectif était d'évaluer les performances de ce système dans la région d'Ouargla. Des études expérimentales ont été menées pour mesurer le débit d'air extrait de la chambre, ainsi que les températures du verre, de l'air et de l'absorbeur dans le système de cheminée solaire. De même, des mesures ont été effectuées pour déterminer la température et l'humidité de l'air à l'intérieur de la chambre dans le système de refroidissement par évaporation d'eau CPAD. Les deux modèles CS + CPAD ont été validés grâce à des bancs d'essais et à la comparaison avec des travaux existants dans la littérature. L'épaisseur du tampon du CPAD a été testée avec trois épaisseurs différentes (15 mm, 30 mm, 45 mm), et l'épaisseur de 45 mm s'est avérée la plus efficace pour le processus de refroidissement. L'étude a également démontré que le système CS- CPAD était capable de fournir un confort thermique à l'intérieur de la chambre

Abstract

This thesis presents an experimental and numerical study on a hybrid natural ventilation and cooling system adapted to arid regions. This thesis presents an experimental and numerical study on a hybrid natural ventilation and cooling system adapted to arid regions. The system combines a solar chimney and an SC-CPAD water evaporative cooling system, and was installed at the Faculty of Renewable Energies of KasdiMerbah University in Ouargla.

The system combines a solar chimney and an SC-CPAD water evaporative cooling system, and was installed at the Faculty of Renewable Energies of KasdiMerbah University in Ouargla.

The objective was to evaluate the performance of this system in the Ouargla region. The objective was to evaluate the performance of this system in the Ouargla region. Experimental studies were conducted to measure the airflow extracted from the chamber, as well as the temperatures of the glass, air and absorber in the solar stack system. Similarly, measurements were made to determine the temperature and humidity of the air inside the chamber in the CPAD water evaporative cooling system. Both CS + CPAD models were validated through test benches and comparison with existing work in the literature. The thickness of the CPAD pad was tested with three different thicknesses (15 mm, 30 mm, 45 mm), and the 45 mm thickness proved to be the most effective for the cooling process. The study also demonstrated that the CS-CPAD system was able to provide thermal comfort inside the chamber.

المخلص

تقدم هذه الأطروحة دراسة تجريبية وعددية حول نظام تهوية وتبريد طبيعي هجين يتكيف مع المناطق القاحلة. يجمع النظام بين مدخنة شمسية ونظام تبريد تبخيري للمياه SC-CPAD ، وقد تم تركيبه في كلية الطاقات المتجددة بجامعة قاصدي مرباح في ورقلة.

وكان الهدف هو تقييم أداء هذا النظام في منطقة ورقلة. أجريت دراسات تجريبية لقياس تدفق الهواء المستخرج من الغرفة ، وكذلك درجات حرارة الزجاج والهواء والامتصاص في نظام المكثف الشمسي. وبالمثل ، تم إجراء قياسات لتحديد درجة حرارة ورطوبة الهواء داخل الغرفة في نظام التبريد التبخيري بالماء CPAD. تم التحقق من صحة كل من نماذج CS + CPAD من خلال مقاعد الاختبار والمقارنة مع العمل الحالي في الأدبيات. تم اختبار سمك وسادة CPAD بثلاث سماكات مختلفة (15 مم ، 30 مم ، 45 مم) ، وأثبت سمك 45 مم أنه الأكثر فعالية لعملية التبريد. أظهرت الدراسة أيضا أن نظام CS-CPAD كان قادرا على توفير الراحة الحرارية داخل الغرفة.

Liste de référence

1. e, G.A. and B. Youcef, *Étude Expérimentale Et Simulation Numérique De La Ventilation Naturelle Dans Un Bâtiment Associé A Une Cheminée Solaire Et Une Tour A Vent Dans Un Climat Semi-Aride*, in *GENIE MECANIQUE2021/2022*, KASDI MERBAH OUARGLA.
2. AYYOUB, B., *L'EFFET DE L'ORIENTATION D'UN BATIMENT SUR LE POTENTIEL DE VENTILATION NATURELLE DANS LES REGIONS A CLIMAT CHAUD ET SEC (BECHAR, ADRAR, TAMANRASSET)*, 2019/2020, Université Mohamed Khider – Biskra.
3. MAUD, R. and G. BOURJOL, *La ventilation dans les bâtiments*, 2012.
4. Zhang, H., et al., *A critical review of combined natural ventilation techniques in sustainable buildings*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021. **141**: p. 110795.
5. Lahcen, M. and B.B. Abdallah, *Contribution à l'étude d'un nouveau système de rafraîchissement et de ventilation par une tour du vent couplée avec un échangeur géothermique et une cheminée solaire : cas de la cheminée solaire*, in *Automatique et électromécanique2019/2020*, Ghardaïa.
6. Lacour, S., *Efficacité énergétique de différentes techniques de refroidissement évaporatif appliquées à un condenseur de climatisation*, 2022.
7. KAMAL, R., *Etude numérique d'un système de rafraîchissement évaporatif indirect (IEC) avec régénération*, in *Génie Mécanique2019*, Larbi Ben M'hidi Oum-El-Bouaghi.
8. Hughes, B.R. and S.A.A.A. Ghani, *Investigation of a windvent passive ventilation device against current fresh air supply recommendations*. *Energy and Buildings*, 2008. **40**(9): p. 1651-1659.
9. Suhaib J. Shbailat a, Mohammed A. Nima b, *Possible energy saving of evaporative passive cooling using a solar chimney of metal foam porous absorber*. article 2021. **44**.
10. Rabani, M., *Performance analysis of a passive cooling system equipped with a new designed solar chimney and a water spraying system in an underground channel*. article, 2019.
11. Albert Al Touma, K.G., Nesreen Ghaddar* and N.I. , *Solar chimney integrated with passive evaporative cooler applied on glazing surfaces*. article, 2016.
12. Hweij, W.A., et al., *Evaporatively-cooled window driven by solar chimney to improve energy efficiency and thermal comfort in dry desert climate*. *Energy and Buildings*, 2017. **139**: p. 755-761.
13. Amr Sayed Hassan Abdallah¹, Hiroshi Yoshino², et al., *Integration of evaporative cooling technique with solar chimney to improve indoor thermal environment in the New Assiut City, Egypt*. Article 2013
14. Frutos Dordelly, J.C., et al., *Active Solar Chimney (ASC) - Numerical and Experimental Study of Energy Storage and Evaporative Cooling*, in *Proceedings of SWC2017/SHC20172017*. p. 1-12.
15. Suhaib J. Shbailat[†] , M.A.N., *Performance of Passive Evaporative Cooling Tower Driven by Solar Chimney with Porous Absorber*. article, 2021.
16. Mathur, J., S. Mathur, and Anupma, *Summer-performance of inclined roof solar chimney for natural ventilation*. *Energy and Buildings*, 2006. **38**(10): p. 1156-1163.
17. Wu, J.M., X. Huang, and H. Zhang, *Theoretical analysis on heat and mass transfer in a direct evaporative cooler*. *Applied Thermal Engineering*, 2009. **29**(5-6): p. 980-984.
18. Sellam, S.-H., et al., *Experimental performance evaluation of date palm fibers for a direct evaporative cooler operating in hot and arid climate*. *Case Studies in Thermal Engineering*, 2022. **35**.