

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Seddik Ben Yahia - Jijel  
Faculté des Sciences et de la Technologie



جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل  
كلية العلوم والتكنولوجيا

**Département D'Électrotechnique**

## **Mémoire**

Présenté en vue de l'obtention du diplôme

**Master en Electromécanique**

Option : Electromécanique

## **Thème**

**Etude d'un système combiné de chauffage solaire et de refroidissement en utilisant un système PV/T**

Par :

**Mr. DOUES Djamel**

Et

**Mr. KERROUCHE Newfel**

Travail proposé et dirigé par :

**Mme. GHELLEB Amel**

**Mr. BOUKELIA Taqyi Eddine**

**Promotion 2021**

Université Mohamed Seddik Ben Yahia - Jijel  
PB 98, Ouled Aissa. 18000. Algérie. Tél : +213 34 50 11 89  
<http://www.univ-jijel.dz>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# Remerciements

*Tout d'abord nous rendons grâce à Dieu, lui qui nous a permis d'être bien portant afin d'effectuer ce travail du début jusqu'à la fin.*

*Nous remercions nos parents respectifs pour leurs soutiens durant notre parcours de formation.*

*Un spécial remerciement à nos encadrateurs Mme Ghellab Amel et Mr Boukélia Taqiy Eddine pour leurs disponibilités et leurs suivis, leurs nombreux conseils et les critiques constructive afin d'accomplir ce travail.*

*Nous remercions les membres de jury d'avoir accepté de juger notre travail, nous espérons que leurs remarques, leurs critiques, leurs orientations et leurs conseils nous soient très utiles.*

*Et enfin, nous sommes reconnaissants envers tous les enseignants de l'Université MOHAMMED SEDDIK BEN YAHIA pour leur contribution à notre formation, et également à nos camarades, amis pour leurs aides précieuses.*

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Qui me sont très chers au monde mes parents, pour leurs sacrifices, et  
qui n'ont jamais cessé de m'encourager durant toutes mes années  
d'études que Dieu me les garde.*

*A ceux qui m'ont entouré et soutenu Mon frère AYMEN et ma sœur  
DOUAA*

*A toute ma famille*

*A tous mes amis et mes proches*

*Sans oublier mes professeurs précisément mes encadreurs Mme  
GHALLAB.A et Mr BOUKELIA.T.E*

*A mes collègues et toute la promotion 2021*

*NEWFEL.KERROUCHE*

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Qui me sont très chers au monde mes parents, pour leurs sacrifices*

*Et qui n'ont jamais cessé de m'encourager durant toutes*

*Mes années d'études que Dieu me les garde*

*A ceux qui m'ont entouré et soutenu Mes frère*

*AZIZ, ABD.ERRAOUF, ABD.ERRAHMEN, MEHDI.*

*A toute ma famille,*

*A tous mes amis et mes proches*

*Sans oublier mes professeurs précisément mes encadreur Mme*

*GHALLAB.A et Mr BOUKELIA.T.E*

*A mes collègues et toute la promotion 2021.*

*DJAMEL.DOVES*

# Sommaire

Remerciements.....	i
Dédicaces .....	ii
Sommaire.....	iv
Liste des Figures.....	vii
Liste des tableaux .....	ix
Nomenclature .....	x
Introduction Générale .....	1

## **Chapitre I: Généralités**

I.1 Introduction .....	3
I.2 Energie solaire .....	3
I.3 Capteur solaire .....	3
I.3.1 Un capteur solaire thermique .....	3
I.3.2. Capteur solaire photovoltaïque .....	5
I.3.2.1. Panneau solaire (PV) .....	5
I.3.2.2. Composition des panneaux photovoltaïques .....	6
I.4. Les capteurs hybrides photovoltaïque/thermique (HPV/T) .....	7
I. 4.1. Principe et fonctionnement des panneaux solaires hybrides .....	8
I.4.2. Différents types de systèmes solaires hybrides .....	8
I.4.2.1. Capteurs solaires hybrides à air .....	8
I.4.2.2. Capteurs solaires hybrides à eau .....	9
I.5. Cycle Chauffage et climatisation .....	10
II.5.1. Climatisation solaire .....	10
II.5.2. Cycle de Climatisation .....	11
II.5.2.1. Cycle de refroidissement par compression de vapeur .....	11
II.5.2.2. Cycle de refroidissement par une machine frigorifique d'absorption .....	13
II.5.3. Cycle de chauffage .....	13
II.5.3.1. Chauffe-eau solaire .....	13

II.5.3.2. Chauffage solaire des maisons .....	14
I.6. Recherche bibliographique .....	15
I.7. Conclusion .....	17

## **Chapitre II : Modélisation de système**

II.1 Introduction .....	18
II.2 Description du système proposé et identification du problème .....	18
II.3 Analyse du système .....	19
II.3.1 Analyse du collecteur PV/T .....	19
II.3.1.1 Modèle thermique .....	19
II.3.1.2. Modèle électrique .....	23
II.3.2. Analyse thermodynamique .....	23
II.4. Conclusion .....	25

## **Chapitre III : Interprétation et discussions des résultats**

III.1. Introduction .....	27
III.2. Validation des résultats .....	27
III.2.1. Validation de nos résultats avec celles issue de l'article de Ahmed Zarei .....	27
III.3. Résultats de la simulation numérique .....	28
III.3. Performances du système au point de conception .....	28
III.4. Etude de l'effet de paramètre sur le fonctionnement de système .....	29
III.4.1. Effet de changement du rayonnement .....	29
III.4.1.1. Effet de changement du rayonnement sur le rendement thermique, électrique et globale .....	29
III.4.1.2. Effet de changement de rayonnement sur le rendement solaire chauffage et refroidissement .....	30
III.4.2. Effet de changement de la consommation de chauffage et refroidissement.....	32
III.4.2.1. Effet de consommation de refroidissement sur le débit du fréon R134a.....	32
III.4.2.2 Effet de consommation de refroidissement sur le rendement solaire .....	32
refroidissement.....	32
III.4.2.3. Effet de consommation de chauffage sur le débit d'eau .....	33
III.4.2.4. Effet de consommation de chauffage sur le rendement solaire chauffage.....	34
III.4.3. Variations de la performance du système pendant la journée à Jijel .....	34

III.4.3.1. Variation temporelle de la température .....	34
III.4.3.2. Variation temporelle de la puissance utile .....	35
III.4.3.3. Variation temporelle du rendement thermique, électrique et global .....	36
III.4.3.3. Variation temporelle du rendement solaire chauffage et refroidissement .....	36
III.5. Conclusion.....	37
Conclusion Générale .....	38
Références.....	xii
Résumé.....	xvi



# Liste des Figures

<b>Figure I.1</b> : Capteur solaire thermique .....	4
<b>Figure 1.2</b> : Système photovoltaïque ; a) cellule solaire, b) module PV, c) champ PV .....	5
<b>Figure I.3</b> : Capteur solaire Photovoltaïque .....	6
<b>Figure I.4</b> : Capteur solaire hybride PV/T .....	7
<b>Figure I.5</b> : Capteur solaire hybride PV/T à air .....	9
<b>Figure I.6</b> : Capteur solaire hybride PV/T à eau .....	9
<b>Figure I.7</b> : Cycle chauffage et climatisation .....	10
<b>Figure I.8</b> : Schéma de principe du fonctionnement d'une climatisation .....	11
<b>Figure I.9</b> : Schéma de principe du fonctionnement d'un cycle de refroidissement par compression de vapeur .....	12
<b>Figure I.10</b> : Schéma d'un chauffe-eau solaire .....	14
<b>Figure I.11</b> : Schéma d'un chauffage solaire de maison .....	15
<b>Figure II.1</b> : Schéma de principe du PVT hybride proposé un système de capteurs pour le refroidissement et le chauffage solaire domestique. ....	18
<b>Figure II.2</b> : Schéma de résistance thermique équivalente pour le système PVT.....	22
<b>Figure III.1</b> : Validation de nos résultats de température de sortie du capteur en fonction du temps avec celles issue d'Ahmed Zarei.....	27
<b>Figure III.2</b> : Influence du rayonnement solaire sur le rendement électrique, thermique et global. ....	30
<b>Figure III.3</b> : Variation du rendement solaire chauffage et rendement solaire refroidissement en fonction du rayonnement G. ....	31
<b>Figure III.4</b> : Variation du COP en fonction du rayonnement G.....	32

<b>Figure.III.5</b> : Variation du débit de fluide frigorigène en fonction du puissance d'évaporateur .....	33
<b>Figure.III.6</b> : Variation du rendement solaire refroidissement en fonction du puissance d'évaporateur.....	34
<b>Figure III.7</b> : Variation débit d'eau en fonction de température de la résistance .....	35
<b>Figure III.8</b> : Variation de débit de rendement solaire chauffage en fonction de température de la résistance .....	36
<b>Figure.III.9</b> : Variation de la température T7 à la sortie de panneaux en fonction du temps à Jijel .....	37
<b>Figure.III.10</b> : Variation de la puissance utile globale en fonction du temps à Jijel. ....	38
<b>Figure.III.11</b> : Variation temporelle du rendement électrique.....	39
<b>Figure.III12</b> : Variation du rendement solaire chauffage et refroidissement en fonction du temps .....	40

# Liste des tableaux

<b>Tableau I.1:</b> Avantages et les inconvénients des capteurs solaires thermiques .....	5
<b>Tableau I.2:</b> Avantages et les inconvénients des capteurs PV .....	7
<b>Tableau II.1 :</b> Donnant les caractéristiques thermiques des capteurs HPVT.....	21
<b>Tableau II. 2 :</b> Spécification du module SUNPOWER SPR-MAX3-400 .....	23
<b>Tableau II.3 :</b> Représenté les équations de bilan énergétique de chaque élément.....	24
<b>Tableau II.4 :</b> Présente les conditions de conception pour l'analyse du système proposé.....	25
<b>Tableau III.1 :</b> Tableau de la propriété thermodynamique .....	29
<b>Tableau III.2 :</b> Performances du capteur PV/T .....	30

# Nomenclature

$T_{cell}$	Température de cellule. [K]
$T_{amb}$	Température ambiante. [K]
$T_{bs}$	Température de surface arrière. [K]
$T_f$	Température moyenne de l'eau. [K]
$L_{ver}$	Longueur du verre. [m]
$K_{ver}$	Conductivité thermique du verre. [W/m.K]
$\tau_v$	Coefficient de transmission de la vitre.
$L_{cell}$	Longueur de cellule. [m]
$K_{cell}$	Conductivité thermique de cellule. [W/m.K]
$\delta$	Epaisseur du canal. [m]
$L_{ins}$	Longueur d'isolant. [m]
$K_{ins}$	Conductivité thermique d'isolant. [W/m.K]
$G$	Intensité solaire. [W/m <sup>2</sup> ]
$h_p$	Facteur de puissance.
$L_{ted}$	Longueur de tedlar. [m]
$K_{ted}$	Conductivité thermique de tedlar. [W/m.K]
$\dot{m}$	Débit massique. [kg/s]
$A_{pv}$	Surface du panneau. [m <sup>2</sup> ]
$C_{p.w}$	Chaleur spécifique. [J/kg.K]
$h_{rad}$	Coefficient de transfert par rayonnement. [W/m <sup>2</sup> .K]
$h_f$	Coefficient de transfert par convection de l'eau. [W/m <sup>2</sup> .K]
$U_T$	Coefficient de transfert de chaleur entre cellule et l'eau à travers le tedlar [W/m <sup>2</sup> .K]
$U_t$	Coefficient de transfert de chaleur entre cellule et ambiance à travers le verre. [W/m <sup>2</sup> .K]

$U_{tr}$	Coefficient de transfert de chaleur entre verre et le tedlar à travers le panneau et le tedlar. [W/m.K]
$U_{tf}$	Coefficient de transfert de chaleur entre le verre et l'eau à travers le panneau et le tedlar. [W/m.K]
$Nu_D$	Nombre de Nusselt.
$Re_D$	Nombre de Reynolds.
$V_{wind}$	Vitesse de vent. [m/s]
<b>PVT</b>	Photovoltaïque/thermique.
$\eta_{th}$	Efficacité thermique du capteur PV/T.
$Q_u$	Puissance utile. [W]
$F_R$	Facteur d'évacuation de la chaleur.
$\eta_{elect}$	Efficacité électrique du capteur PV/T.
$\beta_R$	Coefficient de température de l'énergie électrique.
$\eta_{globale}$	Efficacité globale du capteur PV/T.
$\dot{W}_{comp}$	Puissance de compresseur. [W]
$\dot{Q}_{cond}$	Puissance de condenseur. [W]
$\dot{Q}_{evp}$	Puissance d'évaporateur. [W]
$\dot{Q}_{dét}$	Puissance de détendeur. [W]
$\dot{Q}_{R,ele}$	Puissance de résistance électrique. [W]
$\dot{Q}_{pomp}$	Puissance de pompe. [W]
<b>h</b>	Enthalpie. [J/kg]
$Q_{chauf}$	Puissance de chauffage. [W]
$\eta_{sol-refroi}$	Rendement solaire de refroidissement.
$\eta_{sol-chauf}$	Rendement solaire de chauffage.
<b>e</b>	Erreur entre les résultats numérique et expérimentales.
$F'$	Facteur d'efficacité du collecteur.

## Introduction Générale

Actuellement, la principale source d'énergie au monde provient des combustibles fossiles conventionnels (pétrole, gaz naturel et charbon) qui cumulent un aspect négatif important : ils sont présents sur terre en quantité limitée. C'est pourquoi, il est nécessaire de trouver des alternatives à leur exploitation car les besoins en électricité s'accroissent avec les évolutions technologiques, l'industrialisation et les exigences de qualité et de confort de vie [1].

Les énergies renouvelables sont des sources d'énergie dont les renouvellements naturels et immédiats ou très rapides, de telle façon qu'on peut les considérer comme inépuisables à une échelle de temps humaine. Parmi les énergies renouvelables, les plus connues et déjà exploitées sont le solaire, l'éolien, l'hydraulique.

L'énergie solaire est une source énergétique alternative, souvent employée pour produire l'électricité par des systèmes photovoltaïques, Ou bien générer de la chaleur par les systèmes solaires thermiques. Elle est exploitée aussi par des capteurs solaires hybrides photovoltaïques thermiques (PV-T) permettant de convertir une partie de l'énergie solaire captée en électricité et de valoriser l'autre, habituellement perdue sous forme de de chaleur. Le concept consiste à superposer les deux fonctions énergétiques électrique et thermique. Dans ce type de composant hybride, les cellules PV sont connectées à un échangeur de chaleur dans lequel circule un fluide. Plusieurs configurations de capteur existent et sont classés selon la nature du fluide utilisé (eau ou air), le type d'absorbeur (concentrateur, plan) et selon le type de systèmes auxquels il est raccordé (préchauffage eau chaude, eau chaude sanitaire, chauffage domestique) [2].

L'utilisation des capteurs solaires pour chauffer l'eau chaude sanitaire (ECS) ou la climatisation est une alternative importante. Toutefois une utilisation plus large est de plus en plus envisagée surtout avec des systèmes solaires combinés, qui fournissent de la chaleur pour l'eau chaude sanitaire et pour le chauffage des locaux. Ces systèmes combinés sont bien plus complexes, demandant plus d'attention dans la phase de conception et des systèmes de régulation automatique adéquats pour obtenir la performance souhaitée pendant le fonctionnement [3].

Dans ce contexte général, Le travail que nous présentons est la modélisation d'un système combiné de chauffage solaire et refroidissement en utilisant un capteur PV/T. Cette étude comprend trois chapitres :

**Chapitre 1** : est réparti en trois,

- ✓ La première partie présente des définitions sur les différents types des capteurs solaires, les différents éléments qui le constitue, ainsi le principe fonctionnement, les avantages et inconvénient des capteurs HPVT,
- ✓ La deuxième partie a été consacrée aux différents types et éléments du cycle chauffage et refroidissement solaire,
- ✓ La dernière partie pour la synthèse bibliographique qui retrace les recherches engagées sur les différents modèles de chauffage et refroidissement solaire par des systèmes PV/T.

**Chapitre 2** : la modélisation numérique de notre système combiné globale qui partaient des différents instruments de mesure thermique et électrique du capteur PV/T, ainsi que les équations thermodynamiques du notre cycle chauffage et refroidissement.

**Chapitre 3** : le dernier chapitre est consacré pour la discussion et la présentation des résultats obtenus pendant notre étude, et aussi les résultats issus graphiquement (les résultats seront effectués le 25 mai 2017 pour la zone de Jijel), et elles ont présentés sous forme des tableaux et des graphes tracés par l'origine 8.0

Et on termine par une conclusion générale, par laquelle on rappelle les principaux résultats obtenus.

# *Chapitre I*



## I.1 Introduction

L'énergie solaire non polluante peut être exploitée selon plusieurs manières : via des centrales électriques solaires permettant de convertir la chaleur du soleil en énergie électrique ; à travers des capteurs photovoltaïques, qui servent à transformer la lumière solaire en énergie électrique ; ou encore en utilisant des capteurs thermiques pour chauffer des bâtiments ou des piscines. Pour contrôler la température des cellules, plusieurs mesures ont été envisagées afin de réduire la chaleur accumulée dans les modules PV et de mieux utiliser la chaleur évacuée. D'où ça vient, connue sous le nom de technologie Photovoltaïque-Thermique (PV/T).

Les panneaux solaires hybrides, aussi appelés équipements PV/T utilisés pour générer de l'électricité et d'assurer le chauffage de l'eau ou de l'air ambiant. Ils peuvent être distributeur de la chaleur des rayons solaires dans la maison grâce à un système de ventilation. [4]

## I.2 L'énergie solaire

L'énergie solaire est l'énergie diffusée par le rayonnement du Soleil. Elle est souvent employée pour produire de l'électricité ou de l'énergie thermique. L'énergie solaire est ainsi à l'origine de toutes les formes de production énergétique utilisées sur terre, à l'exception de l'énergie nucléaire, de la géothermie et de l'énergie marémotrice. L'homme utilise l'énergie solaire pour la transformer en d'autres formes d'énergie : énergie chimique , énergie cinétique, énergie thermique, énergie électrique ou biomasse [5].

## I.3 Le capteur solaire

Actuellement, il existe deux voies principales d'exploitation de l'énergie solaire [6] :

- Le solaire photovoltaïque qui transforme directement le rayonnement solaire en électricité.
- Le solaire thermique qui transforme directement le rayonnement en chaleur.

### I.3.1 Un capteur solaire thermique

Un capteur solaire thermique permet de transformer l'énergie solaire en chaleur. Leur fonction est de récupérer la chaleur du soleil par un fluide caloporteur que ce soit de l'eau ou de l'air, et la réutiliser pour chauffer de l'eau chaude sanitaire, de l'eau destinée au chauffage de bâtiments et parfois au chauffage des piscines. Il existe deux grands types

de capteurs solaires thermiques : les capteurs sous vide, les capteurs plans, chaque type de capteurs a des caractéristiques différentes [7] [8] :

Les capteurs solaires se composent principalement des éléments suivants [9] :

- **Un vitrage** : simple ou double en verre ou en polymère, sert à transmettre 80 à 95 % du rayonnement solaire à l'absorbeur.
- **Un absorbeur** : opaque en métal peint en noir qui a pour rôle d'absorber le rayonnement solaire puis le transmettre au fluide, cet absorbeur doit avoir un facteur d'absorption élevé, un pouvoir émissif aussi faible et une bonne conductivité thermique.
- **Un ensemble de tubes** : ou une gaine pour la circulation du fluide caloporteur, la circulation de ce fluide peut être naturelle ou forcée,
- **Un isolant** : pour limiter les pertes thermiques vers l'arrière et les côtés latéraux du capteur solaire, les isolants qui conviennent sont la laine de verre et les mousses polyuréthanes.
- **Un boîtier** : contient les éléments cités précédemment et celui-ci doit être résistant à la corrosion.

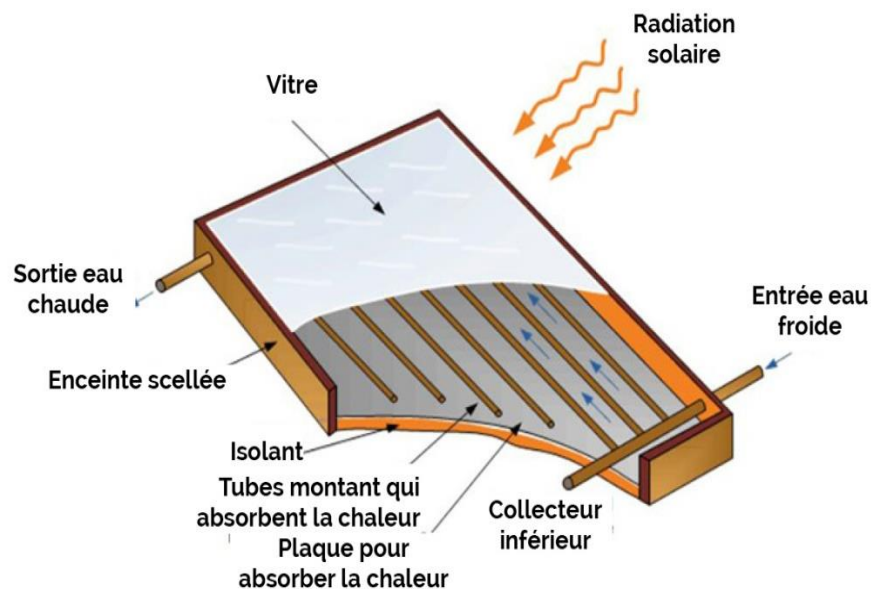


Figure I.1 : Capteur solaire thermique [10].

**Tableau I.1:** Avantages et les inconvénients des capteurs solaires thermiques [11].

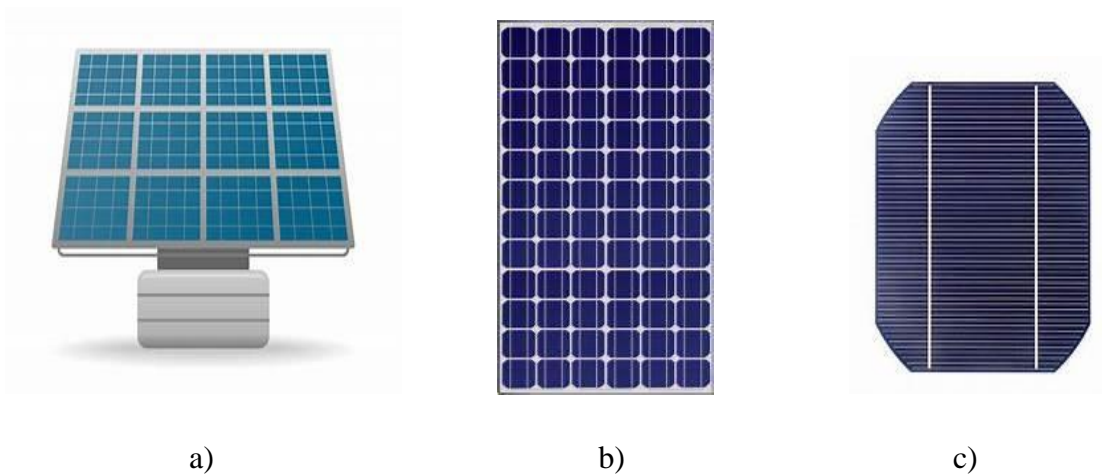
AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Énergie gratuite, abondante et inépuisable : le soleil</li> <li>• Entretien réduit</li> <li>• Matériaux très résistants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prix d'achat élevé</li> <li>• La production dépend du taux d'ensoleillement.</li> <li>• Les panneaux thermiques ne permettent pas de produire d'électricité : ils ne peuvent être utilisés que pour l'eau chaude et le chauffage</li> </ul>

### I.3.2. Le capteur solaire photovoltaïque

Un capteur solaire photovoltaïque est une unité photovoltaïque qui fonctionne comme un générateur électrique à courant continu en présence du rayonnement solaire. Il est constitué d'un ensemble de cellules photovoltaïques reliées électriquement les unes aux autres, le plus souvent en silicium [12].

#### I.3.2.1. Le panneau solaire (PV)

Le panneau solaire se compose d'un groupe de petites cellules solaires réparties sur une grande surface pour fournir suffisamment d'énergie. Ces panneaux convertissent la lumière du soleil en courant électrique ou en chaleur et l'augmentation de la production d'électricité ou de chaleur est liée à une augmentation de la concentration de lumière dans la cellule [13].



**Figure 1.2 :** Système photovoltaïque ; a) champ PV, b) module PV, c) cellule solaire [14].

### I.3.2.2. Composition des panneaux photovoltaïques

Ce sont des cellules solaires constituées de matériaux semi-conducteurs qui ont des propriétés physiques intermédiaires entre les conducteurs et les isolants. Les composants principaux d'une cellule solaire sont [9] :

- **Verre** : c'est un verre trempé avec une faible teneur en oxyde de fer pour assurer une bonne transmission.
- **EVA** : L'éthylène-acétate de vinyle, c'est une résine transparente, formée de chaînes de copolymères d'éthylène et de vinyle acétate, elle présente de grandes propriétés adhésives, une bonne transmission optique, un très faible taux d'absorption d'eau et aussi une bonne résistivité électrique.
- **Tedlar** : Il est utilisé en arrière du module, il est constitué d'un polymère fluoré appelé polyvinyle fluoré (PVF) ou bien d'un plastique appelé (PET).
- **Cadre** : qui sert à protéger les constituants suscités, il facilite le transport et l'installation.
- **La cellule solaire** : est la base du module PV, elle est formée avec un ou plusieurs matériaux semi-conducteurs (homo-jonction ou hétérojonction) avec un dopage

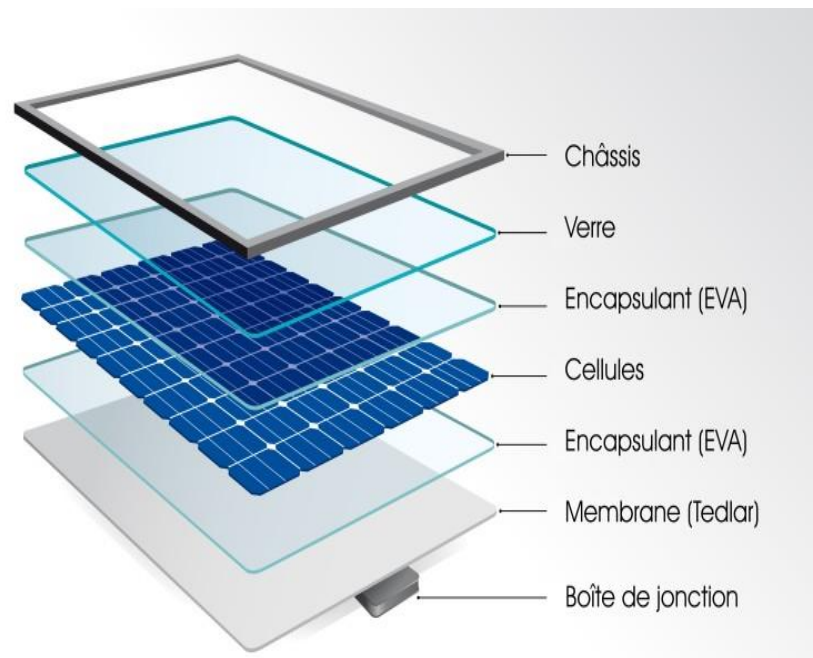


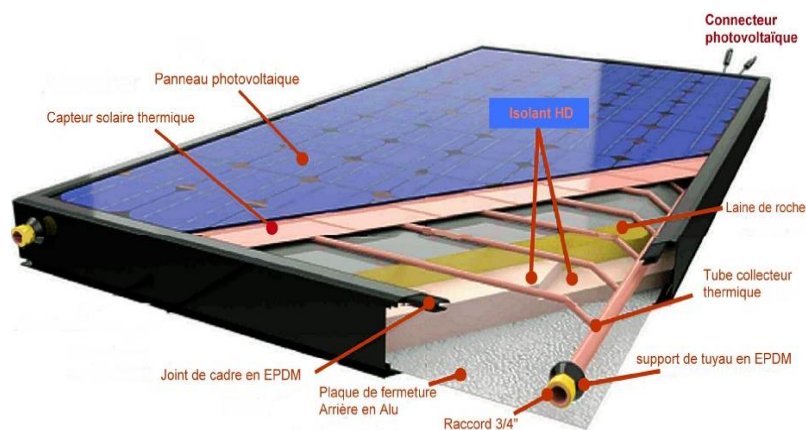
Figure I.3 : Capteur solaire Photovoltaïque [15].

**Tableau I.2:** Avantages et les inconvénients des capteurs PV [16].

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cette énergie renouvelable est gratuite. Elle n'est pas taxée et n'engendre pas de rejets dans l'environnement tout au long de son utilisation.</li> <li>• L'énergie photovoltaïque est modulable et permet de répondre à tous les besoins.</li> <li>• Les panneaux photovoltaïques peuvent être utilisés aussi bien en ville qu'à la campagne.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un investissement important lors de leur installation.</li> <li>• L'onduleur doit être remplacé au bout de 10 ans et les panneaux au bout de 25 à 35 ans.</li> <li>• Le rendement du système diminue avec l'augmentation de la température</li> </ul>

#### I.4. Les capteurs hybrides photovoltaïque/thermique (HPV/T)

Les capteurs hybrides, aussi appelé PV/T sont des capteurs intégrant un capteur solaire photovoltaïque et un échangeur thermique. Cette technologie autorise la récupération d'un maximum d'énergie depuis un capteur photovoltaïque [17]. Ce qui améliore la production électrique et augmente le rendement grâce au refroidissement des cellules [9].



**Figure I.4 :** Capteur solaire hybride PV/T [17].

### I. 4.1. Principe et fonctionnement des panneaux solaires hybrides

Un panneau solaire hybride est constitué de capteurs thermiques à haut rendement sur lesquels reposent des cellules solaires photovoltaïques. Ces dernières transforment le rayonnement solaire en électricité, tandis que les capteurs thermiques récupèrent la chaleur émise par le soleil grâce à un fluide caloporteur injecté par un échangeur ou grâce à un collecteur. La cellule photovoltaïque est activement refroidie ce qui permet de stabiliser ses performances électriques élevées un mètre carré de surface de PV/T donne plus d'électricité et de la chaleur par rapport à un mètre carré de module photovoltaïque et d'un mètre carré d'un capteur solaires thermiques séparément installés, les systèmes combinés permettent une apparence plus uniforme sur les toits et diminue des coûts de l'installation [19-20].

### I.4.2. Les différents types de systèmes solaires hybrides

#### I.4.2.1. Les capteurs solaires hybrides à air

Ces systèmes sont capables de générer de la chaleur produite sous les panneaux en plus même de l'électricité grâce à la ventilation, située sur leur face arrière. Ces panneaux permettent de diffuser de la chaleur récupérée par les capteurs thermiques, ce qui est bien pratique en hiver pour réduire les besoins en chauffage [20].

- **Panneaux solaires photovoltaïques (face exposée au soleil) :** elle produit de l'électricité comme les panneaux photovoltaïques classiques.
- **Panneaux solaires thermiques (face arrière) :** la face arrière comporte un dispositif de ventilation pour récupérer puis diffuser de l'air chaud dans une habitation ou autre. Cette ventilation confère une hausse du rendement des panneaux par rapport à une installation classique.

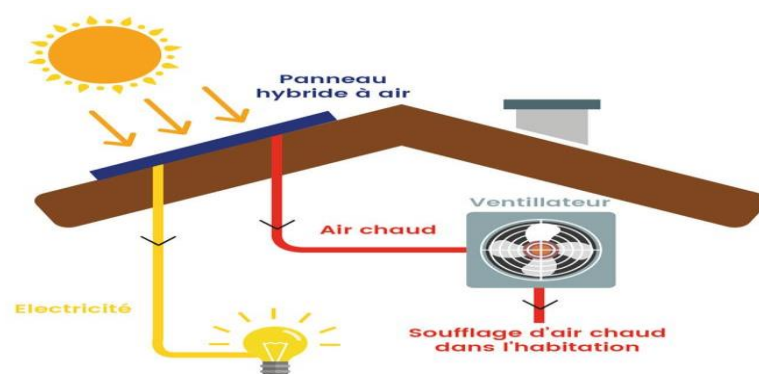


Figure I.5 : Capteur solaire hybride PV/T à air [20].

#### I.4.2.2. Les capteurs solaires hybrides à eau :

Fonctionnent comme l'aérovoltaïque sauf qu'ils utilisent la circulation de l'eau ou l'eau antigel plutôt que celle de l'air. Ce type permet de produire de l'électricité et de l'eau chaude. Il se caractérise par [21] :

- **Un système de refroidissement efficace** : les capteurs photovoltaïques sont équipés d'un échangeur de chaleur à eau. L'eau permet à la fois de refroidir le panneau pour maximiser sa production d'électricité et de produire de l'eau chaude.
- **Un rendement en hausse** : le refroidissement du panneau lui assure un meilleur rendement par rapport à une solution classique.

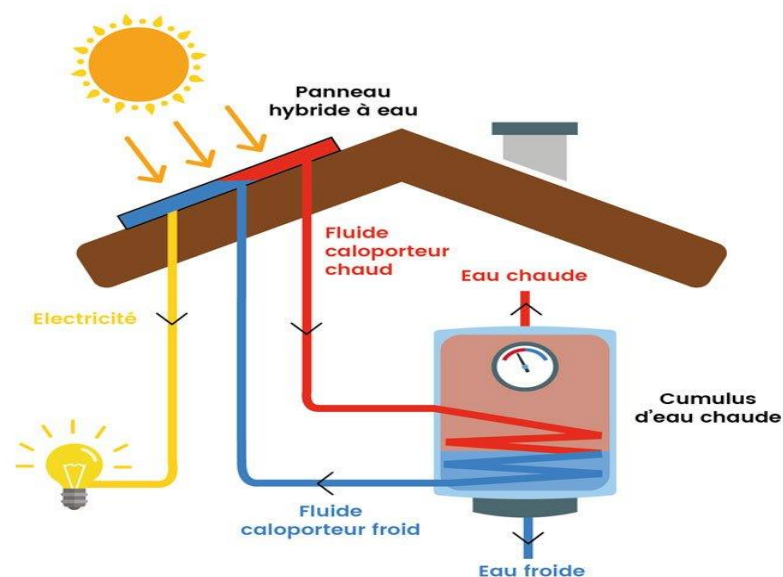


Figure I.6 : Capteur solaire hybride PV/T à eau [20].

### I.5. Le Cycle Chauffage et climatisation

Lorsqu'il y a une différence de température, la chaleur s'écoule automatiquement du système le plus chaud vers le système le plus froid, et non l'inverse. Par conséquent, de nombreux processus thermodynamiques se produisent naturellement dans une direction [22].



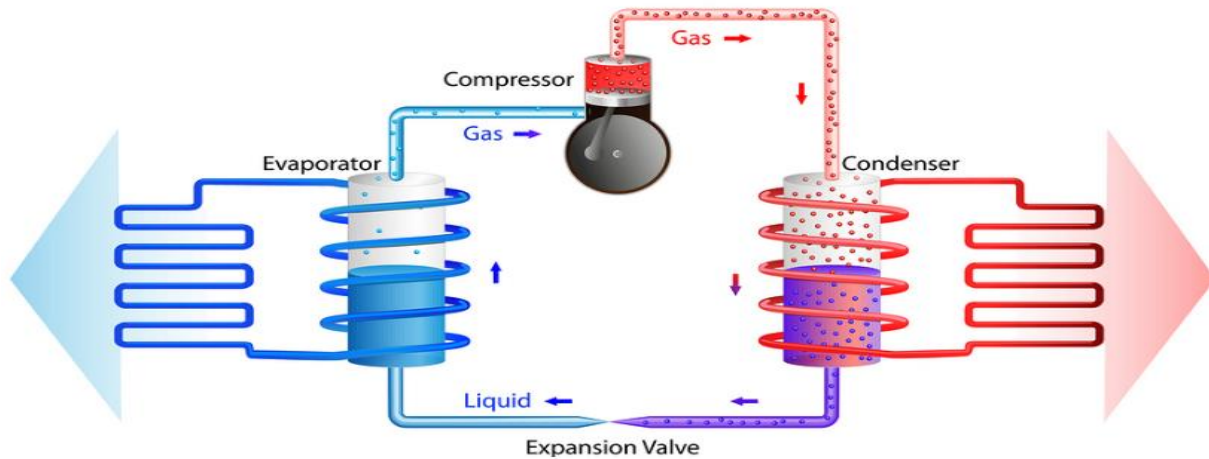


Figure I.7 : Cycle chauffage et climatisation [23].

### II.5.1. La Climatisation solaire

Le terme « climatisation solaire » désigne tous les modes de climatisation utilisant l'énergie transmise par la lumière du soleil comme source principale d'énergie [23].

Les paramètres essentiels de la climatisation sont généralement au nombre de cinq [24] :

- **La température** : précision et individualisation par local ; chaud et/ou froid par façade ou par pièce ;
- **L'humidité** : humidification en hiver, déshumidification en été ;
- **La qualité de l'air intérieur** : avoir un débit d'air neuf suffisant avec une qualité de filtration et de dépollution optimale ;
- **Le confort intérieur** : sensation de confort ou d'inconfort lié aux vitesses d'air isolation thermique, exposition aux rayonnements froids, etc. ;
- **Intégration environnementale** : pour l'esthétique du bâtiment et la maîtrise des rejets extérieurs.

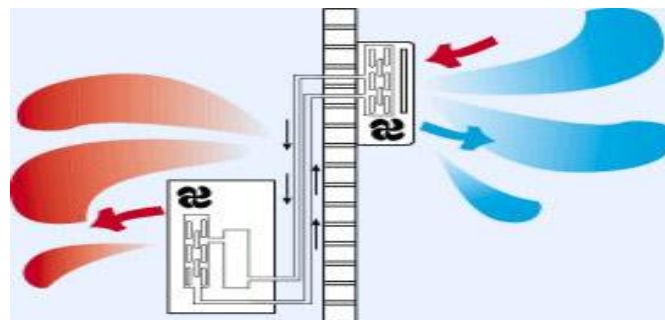


Figure I.8 : Schéma de principe du fonctionnement d'une climatisation [25].



## II.5.2. Cycle de Climatisation

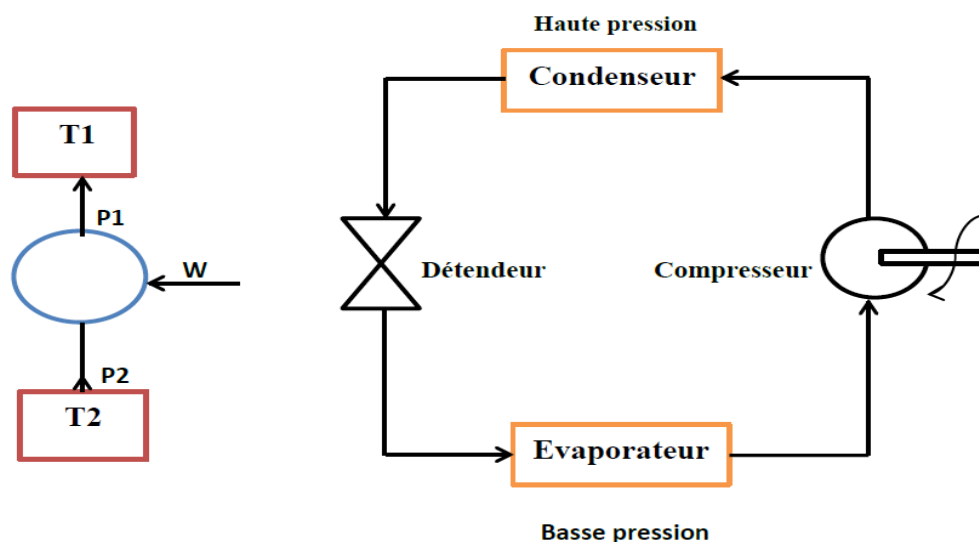
Le cycle de climatisation peut être défini comme des changements de température par un réfrigérant, où le refroidissement artificiel est obtenu par compression et absorption dans un espace fermé [23].

### II.5.2.1. Cycle de refroidissement par compression de vapeur

Les systèmes de réfrigération à compression de vapeur sont basés sur la condensation de vapeur d'un fluide réfrigérant à la suite d'une compression, et son évaporation à la suite d'une détente, c'est le procédé le plus répandu pour la production du froid, son principe est identique à celui employé pour les pompes à chaleur et le réfrigérant liquide condensé, qui se trouve dans un état thermodynamique appelé liquide saturé [26].

#### II.5.2.2.1. Principe de fonctionnement

Etant donné une source chaude à température  $T_1$  et une source froide à température  $T_2$ , on fait décrire au fluide frigorigène un cycle fermé au cours duquel il soutire à la source froide une quantité de chaleur  $P_2$ , puis cède à la source chaude une quantité de chaleur  $P_1$ , le transfert de chaleur d'une source froide à une source chaude étant impossible sans l'intervention d'un travail extérieur. Le fonctionnement d'une machine frigorifique implique donc la présence d'une source extérieure d'énergie.



**Figure I.9 :** Schéma de principe du fonctionnement d'un cycle de refroidissement par compression de vapeur.

### *II.5.2.2.2. Composants d'un cycle à compression de vapeur*

Tout système frigorifique à compression comprend au moins 4 éléments [27] [28] :

- **Le compresseur** : aspire le fluide frigorigène à la sortie de l'évaporateur avec une pression et température basses, le comprime et le refoule vers le condenseur avec une température et pressions hautes.
- **Le condenseur** : le fluide sortant du compresseur pénètre dans le condenseur après une désurchauffe de la vapeur saturée, commence la formation de gouttelettes jusqu'à condensation de la vapeur et sous-refroidissement du liquide, le deuxième fluide utilisé dans l'échangeur peut être de l'air ou de l'eau.
- **Le détendeur** : est alimenté en fluide frigorigène à l'état liquide va réduire la pression pour obtenir à la sortie un mélange de liquide et de vapeur, il permet aussi de réguler le débit du fluide entrant dans l'évaporateur en fonction de la charge.
- **L'évaporateur** : va permettre au fluide frigorigène d'absorber de la chaleur et de passer de l'état de mélange à l'état de vapeur saturée et ensuite de vapeur surchauffée, l'absorption de la chaleur par le fluide va induire le transfert d'une quantité de chaleur du milieu où est installé l'évaporateur et delà la production de froid.

### **II.5.2.2. Cycle de refroidissement par une machine frigorifique d'absorption**

C'est une machine qui soutire de la chaleur à la plus froide des sources thermiques sollicitées, elle fait évoluer dans le circuit un mélange qui possède deux constituants. Le mélange est appelé couple solvant-frigorigène. Donc l'objectif de ces machines de produire du froid et/ou du chaud à partir de l'énergie récupérée sur un effluent chaud [29].

#### *II.5.2.2.1. Principe de fonctionnement*

C'est le même principe que celui des machines à compression : vaporisation à basse température et condensation à haute température. Dans le bouilleur une solution riche en fluide frigorigène est portée à ébullition par une source de chaleur extérieure ce qui engendre une vaporisation du fluide. Cette vapeur est cheminée vers le condenseur, cède sa chaleur au circuit de refroidissement (air, eau). Le liquide sous-refroidi se détend par abaissement brusque de la pression à travers le détendeur puis s'évapore dans l'évaporateur. Cette vapeur rencontre l'absorbant qui permet une reconstitution du mélange riche en fluide frigorigène [30].

### II.5.3. Cycle de chauffage

Le principe consiste à distribuer la chaleur provenant des capteurs solaires selon les besoins voulus en bâtiments ou en industries.

#### II.5.3.1. Le chauffe-eau solaire

On ne peut pas utiliser directement l'eau chauffée dans les capteurs du fait de l'antigel. On va donc se servir de cette eau (eau antigel) pour chauffer l'eau sanitaire [31].

Le fluide (eau antigel) du circuit fermé passe dans les capteurs où il s'échauffe, il échange ensuite sa chaleur avec l'eau. Tandis ce dernier s'échauffe, le fluide (eau antigel) se refroidit. Il repasse alors à nouveau dans les capteurs (une pompe assure la circulation du fluide dans le circuit fermé) [33].

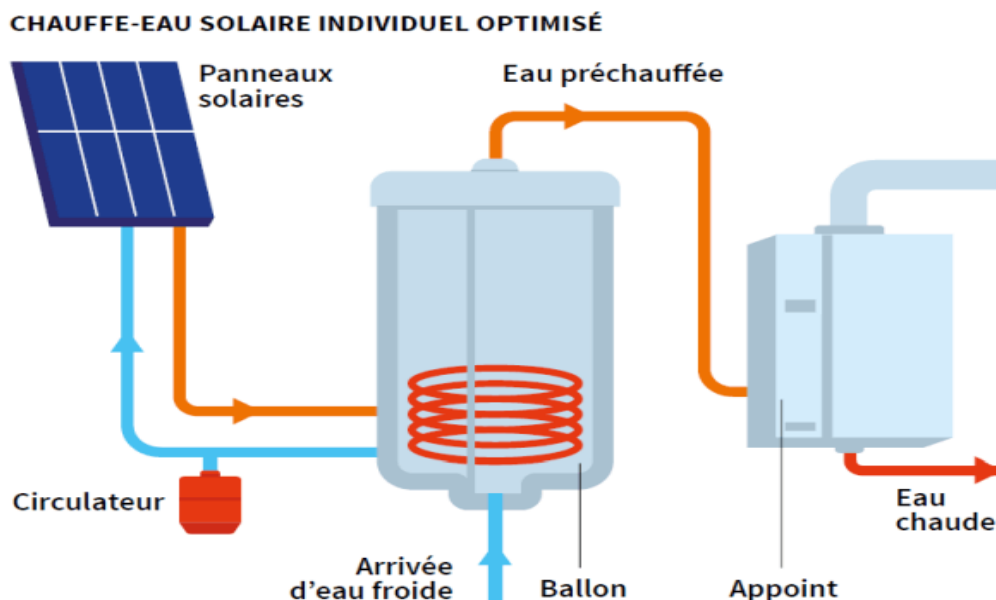


Figure I.10 : Schéma d'un chauffe-eau solaire [32].

#### II.5.3.2. Le chauffage solaire des maisons

On utilise la chaleur emmagasinée par le fluide (eau antigel) pour chauffer la maison. C'est donc un chauffage solaire à eau chaude, dans lequel la chaleur peut être distribuée par des radiateurs ou par le sol (solution plus fréquente). Dans ce dispositif, le fluide échange sa chaleur avec la dalle qui elle-même va transmettre la chaleur reçue par le fluide à l'air de la maison [34].

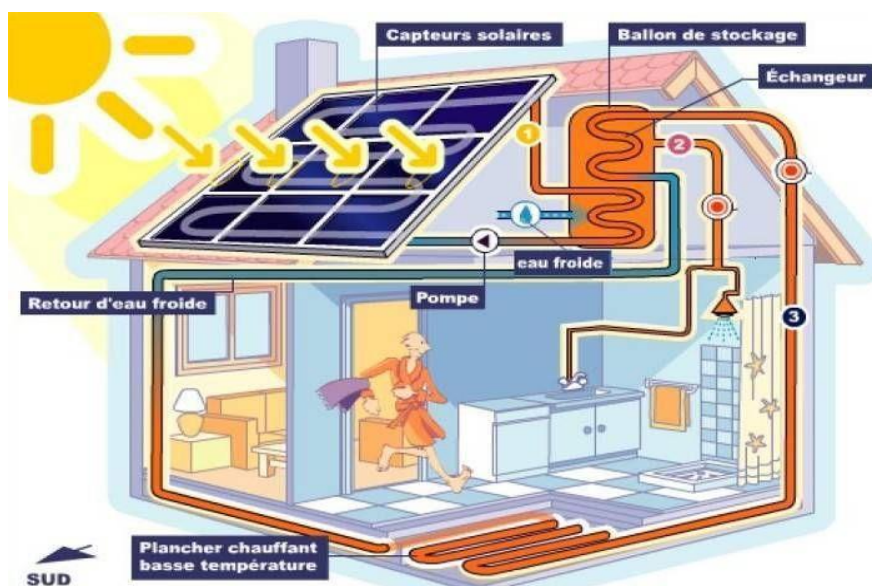


Figure I.11 : Schéma d'un chauffage solaire de maison [35].

## I.6. Recherche bibliographique

Feng Shan et al [Dynamic characteristics modeling of a hybrid photovoltaic–thermal solar collector with active cooling in buildings] ont présenté une simulation dynamique, d'un système HPVT utilisant un fluide frigorigène R410a comme fluide de travail. La simulation était évaluée et analysée pour les conditions météorologiques typiques à Nanjing en chine. D'après leurs résultats, Ils ont conclu qu'en se comparant à un collecteur de chauffage PV/T à (eau / air), le capteur HPVT utilisant un fluide frigorigène fonctionne assez bien et les températures de fonctionnement de la cellule solaire diminue jusqu'à un certain degré et que le module PV fonctionne dans un état idéal [36].

Jan Cremers et al [Experimental Analyses of Different PVT Collector Designs for Heating and Cooling Applications in Buildings] ont testés, deux types différents de capteurs hybrides PV/T avec et sans face arrière. Pour assurer le refroidissement ou le chauffage lors de leur intégration aux bâtiments. Les résultats montrent que pour les installations de chauffage et de refroidissement, l'ajout d'un absorbeur en face arrière conduit à l'amélioration de l'efficacité du collecteur de 20 à 30% [37].

Giovanni Angrisan et al [Dynamic simulation of a solar heating and cooling system for an office building located in Southern Italy] leur document étudie l'introduction d'un système de

chauffage et de refroidissement solaire dans un immeuble de bureaux caractérisé par une faible demande énergétique. Les simulations dynamiques étaient basées sur les performances énergétiques, environnementales et économiques en variant différents paramètres, tels que : Les technologies des panneaux solaires, angle d'inclinaison, zone de collecte...etc. L'analyse du système montre que le système solaire sera compétitif lorsque les prix de l'électricité et du gaz naturel seront des incitations gouvernementales élevées et fortes [38].

Amirreza Moaleman et al [Simulation of the performance of a solar concentrating photovoltaic-thermal collector, applied in a combined cooling heating and power generation system] les chercheurs ont évalué les performances d'un système combiné de refroidissement, de chauffage et de production d'électricité (tri génération) ; composé d'une unité PV/T à concentration, couplée à un refroidisseur à absorption eau-ammoniac [39].

Le dispositif photovoltaïque / thermique à concentration, équipé d'un collecteur de Fresnel linéaire, est utilisé comme source de chaleur. Le cycle de réfrigération à absorption ammoniac-eau avec une capacité de refroidissement de 5 KW est considéré comme faisant partie du système de tri génération. Les performances du système ont été modélisées et simulées à l'aide du logiciel TRANSYS. Les auteurs ont conclu que ce système pourrait être utilisé comme source de chauffage et de refroidissement d'un bâtiment résidentiel typique.

T.S. Ge, R.Z. Wang et al [Solar heating and cooling: Present and future development] dans cet article, les auteurs ont développés une étude bibliographique dans laquelle ils ont présenté la situation actuelle du chauffage et de la climatisation solaires, puis quelques nouvelles réalisations dans des divers domaines. Ils ont constaté que le développement du système de chauffage solaire de l'eau chaude est en voie rapide ces dernières années avec le tube solaire sous vide, ces systèmes sont dominants dans le marché, pour le refroidissement solaire des efforts ont été faits pour améliorer l'efficacité ; des méthodes de refroidissement solaire thermique conventionnelle en termes de technologies d'adsorption et d'absorption. Les auteurs ont conclu qu'un faible cout initial une allocation avantageuse sont les moyens les plus efficaces pour rendre le système de chauffage et de refroidissement solaires économiquement attractifs [40].

Ahmed Zarei et al [A Novel, eco-friendly combined solar cooling and heating system, powered by hybrid Photovoltaic thermal (PV/T) collector for domestic application] dans leur étude, ont montré que les technologies de chauffage et de refroidissement solaires peuvent

participer au développement économique, ils ont aussi étudié les performances du système combiné de refroidissement / chauffage solaire utilisant un capteur thermique photovoltaïque pour des applications résidentielles. L'avantage de ces systèmes est les conversions de la quantité maximale d'énergie solaire en énergie électrique et énergie thermique [41].

L'eau a été utilisée comme fluide caloporteur qui a servi pour refroidir les cellules solaires d'un côté et d'un autre l'intégrée, après avoir passé dans le collecteur, dans le cycle de refroidissement. Ce dernier comprenait un cycle de réfrigération hybride éjecto-compression avec deux températures de l'évaporateur. Deux fluides frigorigènes différents utilisés dans le cycle sont R600a et R290 pour remplacer le R134a. Leurs résultats ont montré que l'utilisation du R290 pour le cycle de réfrigération et refroidissement du panneau entraîne une amélioration du coefficient de performance du cycle.

Rafał Figaj et Maciej Zołądek [Experimental and numerical analysis of hybrid solar heating and cooling system for a residential user] ont proposé une étude comparative entre les résultats issus du logiciel de calcul TRANSYS et ceux issue de l'étude expérimentale. Leur expérience était à basé d'un système composé d'un capteur solaire thermique plan qui travaillait avec de l'huile comme agent thermique et aussi d'un concentrateur type miroir parabolique. L'objectif principal de leur étude était l'analyse de la production de chaleur à partir du système de chauffage et de refroidissement. Leurs résultats ont montré que le modèle numérique de la parabole solaire et du capteur solaire exagère l'énergie produite de moins de 5% par rapport à l'étude expérimentale [42].

## **I.7. Conclusion**

Ce chapitre était divisé en deux grandes parties, dans la première partie on a fait la présentation des différentes notions qui entrent dans la conception des énergies : solaire thermique et photovoltaïque connus sous la notion du système hybride, tout en expliquant le principe de fonctionnement de chaque conception, aussi on a montré tous les éléments constrictifs des systèmes et en présentant leurs avantages et leur inconvénients.

La seconde partie a été consacrée pour les systèmes de chauffage et de climatisation en introduisant des définitions essentielles, aussi on a montré la différence entre le cycle de refroidissement par compression de vapeur et leur composante avec un cycle de refroidissement par une machine frigorigère d'absorption. On parle aussi du principe de

fonctionnement de chaque cycle. Enfin, on a parlé du cycle de chauffage et leur différent modèle.

# *Chapitre II*

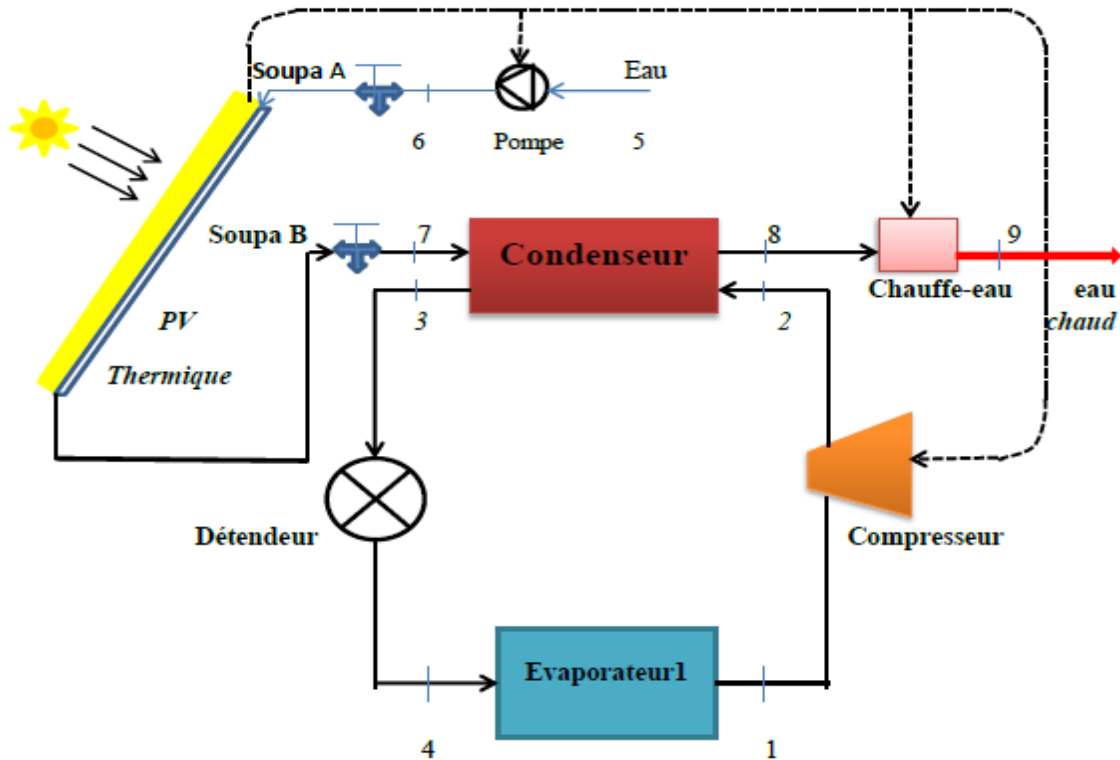


## II.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à la modélisation de notre système global. Ce dernier se compose de deux systèmes complémentaires l'un à l'autre. Pour le premier système, hybride photovoltaïque /thermique à l'eau, regroupe un panneau photovoltaïque, qui produit de l'électricité, à un capteur thermique pour produire la chaleur. On s'est basé sur le bilan d'énergie entre les différents éléments du système puis sont complétées par le calcul des différents rendements de ce capteur. Dans le second système, chauffage et climatisation, on peut le modéliser à partir de résultats du système hybride PV/T (température et puissance utile), et par la puissance ( $Q$  évaporateur) des éléments réfrigérés que nous utilisons et la température que nous voulons obtenir de résistance électrique [43].

## II.2 Description du système proposé et identification du problème

L'objectif principal de cette recherche est de concevoir un système combiné afin d'obtenir le refroidissement et le chauffage avec le rendement le plus élevé possible du capteur PVT. À cette fin, les effets de certains paramètres, tels que la température ambiante, la vitesse du vent, l'irradiante solaire et le débit massique d'eau, sur l'efficacité du système sont à étudier.



**Figure II.1:** Schéma de principe du PVT hybride proposé un système de capteurs pour le refroidissement et le chauffage solaire domestique.

Le schéma proposé est un système de refroidissement électrique solaire, dans lequel la puissance requise pour le compresseur est obtenue par le module PVT, et un fluide de refroidissement qui est de l'eau. Comme décrit précédemment, si le système PVT était conçu à des fins de chauffage, l'efficacité électrique diminuerait considérablement avec l'augmentation de la température de la cellule. Pour surmonter ce problème, dans cette recherche, le module PV/T est destiné pour le chauffage. Selon la figure 1, le cycle de réfrigération est un système hybride qui comprend un évaporateur et un condenseur afin d'obtenir l'état fluide (liquide/vapeur). En plus d'un compresseur pour comprimer la vapeur et un détendeur pour réduire la pression du liquide .

Au cours de la journée, la puissance utile et la température de l'eau à la sortie du PVT varient continuellement en raison des changements de l'ensoleillement, de la température ambiante et de la vitesse du vent. Après ; au niveau du condenseur un échange de chaleur s'effectue entre l'eau provenant du capteur solaire, et entre le fréon R134a venant du compresseur (état 2) permettant à ce dernier de céder sa chaleur à l'eau puis se passera ensuite dans chauffe-eau pour destination sanitaire. A la sortie du condenseur (état 3) ; le fréon suit le chemin vers le détendeur pour chuter sa pression jusqu'au point 4 avant entrée à l'évaporateur qui refroidit le fréon et lui change vers l'état vapeur (état 1).

### II.3 L'analyse du système

Dans cette section, les équations thermiques et électriques régissant le PVT sont présentées, et l'évaluation thermodynamique du cycle de refroidissement est décrite en détail.

#### II.3.1 Analyse du collecteur PVT

##### II.3.1.1 Modèle thermique

Dans cette étude, les équations du bilan énergétique sont utilisées pour étudier les performances thermiques du PVT. D'où, les hypothèses suivantes ont été formulées lors de l'évaluation du système proposé :

- Le transfert de chaleur se produit dans un seul sens (1 D).
- La capacité thermique des couches de capteurs et de l'isolant a été négligée.
- Le débit d'eau entre le Tedlar et l'isolant est uniforme et pleinement développé.
- Le système est un état quasi-stationnaire [44].

En appliquant un bilan énergétique pour différents composants du PVT, Les équations de température de surface et le coefficient global de perte de chaleur peut être obtenu à partir des équations. (5) – (7) [45].

$$T_{cell} = \frac{(\alpha\tau)_{eff}G + U_t.T_{amb} + U_T.T_{bs}}{U_t + U_T} \quad (5)$$

$$T_{bs} = \frac{h_{b1}(\alpha\tau)_{eff}G + U_{tT}.T_{amb} + h_f.T_f}{U_{tT} + h_f} \quad (6)$$

$$T_f = \left( T_{amb} + \frac{h_{p1} \cdot h_{p2} (\alpha\tau)_{eff} G}{U_L} \right) \left( 1 - \frac{1 - \exp\left(\frac{U_L \cdot A_{PV} \cdot F'}{\dot{m} \cdot C_{p,w}}\right)}{\frac{U_L \cdot A_{PV}}{\dot{m} \cdot C_{p,w}}} \right) + T_6 \left( \frac{1 - \exp\left(-\frac{U_L \cdot A_{PV} \cdot F'}{\dot{m} \cdot C_{p,w}}\right)}{\frac{U_L \cdot A_{PV}}{\dot{m} \cdot C_{p,w}}} \right) \quad (7)$$

Où  $T_{cell}$ ,  $T_{bs}$ ,  $T_f$  sont les températures de la cellule solaire, température de la surface arrière et température moyenne de l'eau dans le conduit d'écoulement, respectivement.

Les coefficients associés à ces équations sont définis comme suit :

$$U_T = [L_{cell}/K_{cell} + L_{ted}/K_{ted}]^{-1} \quad (8)$$

$$U_t = [L_{ver}/K_{ver} + 1/h_{conv} + 1/h_{rad}]^{-1} \quad (9)$$

$$U_{tT} = [1/U_t + 1/U_T]^{-1} \quad (10)$$

$$U_{tf} = [1/h_f + 1/U_{tT}]^{-1} \quad (11)$$

Le coefficient de transfert de chaleur de l'eau ( $h_f$ ) peut être calculé par équations (12) et (13) [46,47].

$$Nu_D = \frac{h_f D_h}{K_w} = 5.39 \quad Re_D \leq 2300 \quad (12)$$

$$Nu_D = \frac{h_f D_h}{K_w} = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^{0.4} \quad Re_D > 2300 \quad (13)$$

Le coefficient de transfert de chaleur par convection ( $h_{conv}$ ) en équation. (14) peut être obtenu par [48] :

$$h_{conv} = 2.8 + 3 \times V_{wind} \tag{14}$$

Où  $V_{wind}$  est la vitesse du vent.

$U_L$  Peut être obtenu en utilisant l'équation ci-dessous :

$$U_L = U_{tf} + [L_{ins}/K_{ins} + 1/h_{conv}]^{-1} \tag{15}$$

L'efficacité thermique du capteur peut être calculée comme suit [38] :

$$\eta_{th} = \frac{Q_u}{A_{pv}.G} \tag{16}$$

Le taux total de collecte d'énergie utile ( $Q_u$ ) est fonction de l'eau, débit massique ( $\dot{m}_w$ ), capacité thermique ( $C_{p,w}$ ) et différence de température de l'eau d'entrée et de sortie.

$$Q_u = \dot{m}_w C_{p,w} (T_7 - T_6) \tag{17}$$

En calculant les coefficients mentionnés et  $Q_u$ , la température de l'eau de sortie peut être obtenue.

$$T_7 = T_6 + \frac{Q_u}{\dot{m}.C_{p,w}} \tag{18}$$

Les paramètres requis, utilisés dans cette recherche sont rapportés dans le Tableau.II.1 suivant :

**Tableau II.1 :** Caractéristiques thermiques des capteurs HPVT [41].

Paramètres du module PV	Valeur
$L_{ver}$	0.003 m
$K_{ver}$	1 W/m K
$(\alpha\tau)_{eff}$	0.85
$L_{cell}$	$3 \times 10^{-4}$ m
$K_{cell}$	0.035 W/m K
$\delta$	0.05 m
$L_{ins}$	0.05 m
$K_{ins}$	0.035 W/m K

Le schéma des résistances thermiques équivalent de notre système PV/T est illustré dans la figure II.2.

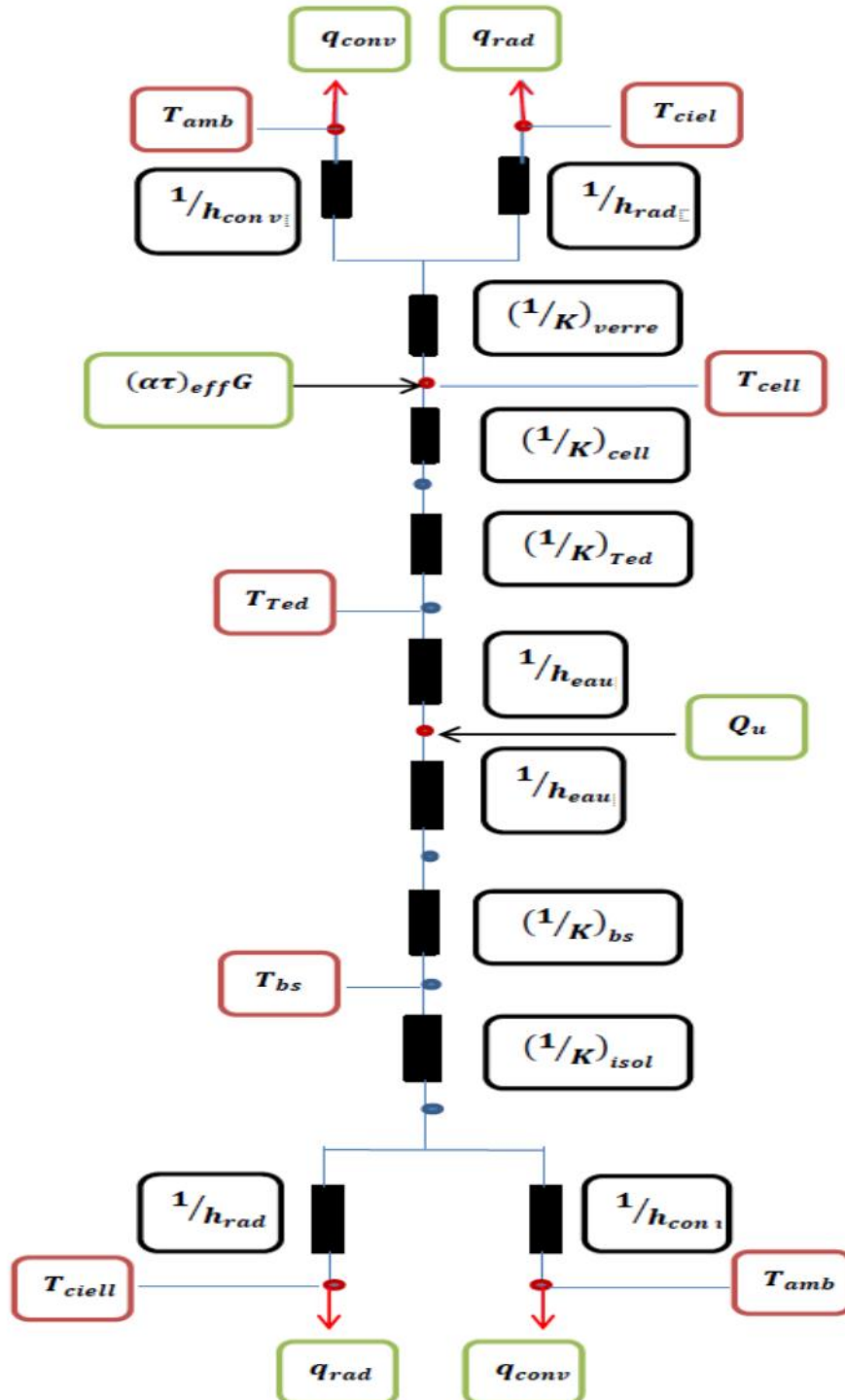


Figure II.2 : Schéma des résistances thermiques équivalent pour le système PV/T.

### II.3.1.2. Modèle électrique

L'équation (19) représente l'efficacité du panneau en fonction de la température de surface de panneau.

$$\eta_{elect} = \frac{P_{pv}}{A_{pv} * G} = \eta_{elect,R} [1 - \beta_R (T_{cell} - T_R)] \quad (19)$$

Dans ce travail, un panneau utilisant des cellules monocristallines est [Sun Power Corporation] dont les propriétés électriques du panneau sont mentionnées dans le tableau 2.

**Tableau II. 2 :** Spécification du module SUNPOWER SPR-MAX3-400 [4].

Paramètres du module PV	Valeur
Puissance maximale (P <sub>mmp</sub> )	400W
Dimensions	1690 × 1046 × 40 mm
Nombre de cellule (N)	104 (monocristallines)
Surface utile(A)	1.65 m <sup>2</sup>
Efficacité maximale du panneau (η <sub>mmp</sub> )	22.6%
Coefficient de température de puissance (β)	-0.29%/°C

Enfin, l'efficacité globale du système PVT peut être calculée comme suit :

$$\eta_{globale} = \frac{\eta_{elect}}{0,4} + \eta_{th} \quad (20)$$

### II.3.2. Analyse thermodynamique

Dans cette section, les équations régissant le cycle de refroidissement sont décrites par une analyse thermodynamique. Les hypothèses prises en compte pour cette évaluation sont répertoriées comme suit [46,47] :

- La chute de pression dans tous les éléments et les tuyaux de raccordement ont été négligés.
- Le processus d'étranglement dans le détendeur est isenthalpique (H = cte).
- Les conditions de référence pour l'analyse sont  $T_0 = 29 \text{ °C}$  et  $P_0 = 1 \text{ bar}$ .
- Les énergies potentielles et cinétiques de tous les éléments, sont négligées.

Compte tenu des hypothèses ci-dessus, les équations de conservation de la masse et de l'énergie peuvent être écrites comme suit :

$$\sum \dot{m}_e = \sum \dot{m}_s \quad (21)$$

$$\sum Q - \sum W = \sum \dot{m}_s h_s - \sum \dot{m}_e h_e \quad (22)$$

**Tableau II.3.** Les équations de bilan énergétique de chaque élément.

Eléments	équations
Compresseur	$\dot{W}_{comp,s} = \dot{m}_2 h_{2,s} - \dot{m}_1 h_1$ $\dot{W}_{comp} = \frac{\dot{W}_{comp,s}}{\eta_{ele}}$
Condenseur	$\dot{Q}_{cond} = \dot{m}_2 h_2 - \dot{m}_3 h_3$ $\dot{m}_2 h_2 - \dot{m}_3 h_3 = \dot{m}_8 h_8 - \dot{m}_7 h_7$
Evaporateur	$\dot{Q}_{evp} = \dot{m}_1 h_1 - \dot{m}_4 h_4$
Détendeur	$\dot{Q}_{dét} = \dot{m}_4 h_4 - \dot{m}_3 h_3$
Résistance électrique	$\dot{W}_{R,ele} = \dot{m}_9 h_9 - \dot{m}_8 h_8$
Pompe	$\dot{W}_{pomp} = (\dot{m}_6 h_6 - \dot{m}_5 h_5) / \eta_{pomp}$
Débit	$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_3 = \dot{m}_4$ $\dot{m}_5 = \dot{m}_6 = \dot{m}_7 = \dot{m}_8 = \dot{m}_9$

Le coefficient de la performance du cycle peut également être obtenu par l'équation (23) : [49].

$$COP = \frac{Q_{evp}}{\dot{W}_{comp}} \quad (23)$$

En outre, les rendements de refroidissement et de chauffage du système peuvent être calculés comme suit [49] :

$$\eta_{\text{sol-refroi}} = \frac{Q_{\text{evp}}}{A_{\text{PV}}G} \quad (24)$$

$$\eta_{\text{sol-chauf}} = \frac{Q_{\text{chauf}}}{A_{\text{PV}}G} \quad (25)$$

Où  $Q_{\text{chauf}}$  est la chaleur totale que l'eau absorbe et peut être obtenu comme suit :

$$Q_{\text{chauf}} = \dot{m}_w C_{p,w} (T_8 - T_6) \quad (26)$$

On peut calculer l'erreur à partir de l'équation suivante :

$$e = \sqrt{\frac{\sum [(X_{\text{sim},i} - X_{\text{exp},i}) / X_{\text{exp},i}]^2}{n}} \quad (27)$$

**Tableau II.4 :** Conditions de conception pour l'analyse du système proposé.

Comme le montre le tableau II.4, la capacité de l'évaporateur est 5,171 kW.

Paramètre	Valeur
Efficacité isentropique du compresseur	0,9343-0,04478 (P2 / P1) [47]
Efficacité isentropique de la pompe	0,9 [54]
Température du condenseur	34 °C
Température de l'évaporateur	-20 °C
Capacité de l'évaporateur	5,171 KW
Température de l'eau à l'entrée du panneau	25 °C



## **II.4. Conclusion**

Dans cette partie nous nous sommes intéressés à la modélisation du système combiné global qui permet d'étudier tous les aspects (rendement, températures, puissance ...). On a élaboré les équations du bilan thermique de chaque système (capteur hybride photovoltaïque thermique PV/T à eau et le chauffage/climatisation), après, on a fait la résolution numérique du système d'équations. Enfin, on a montré les résultats aboutis par la simulation numérique de système globale présentée sous forme des graphes dans le chapitre suivant.

# *Chapitre*

*III*

### III.1. Introduction

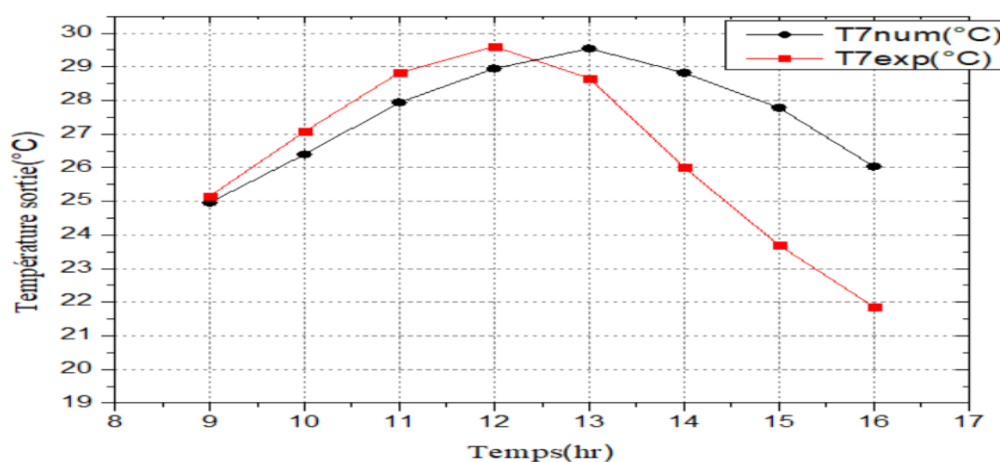
Dans ce chapitre, on présente les résultats numériques extraits du système qui a été décrit dans le chapitre II.

Ces résultats décrivent essentiellement la conception de notre système, la variation de la température et la puissance utile obtenue par le capteur, ainsi que le rendement solaire-chauffage, rendement solaire-refroidissement pour différents fluides : l'eau comme un fluide caloporteur utilisée pour le système de chauffage, et le R134a utilisé dans le système de refroidissement avec des débits différents. En outre, nous allons étudier l'effet de certains paramètres sur les performances du système étudié, notamment le rayonnement solaire, la puissance requise pour le refroidissement et la température de l'eau de chauffage. À la fin, la simulation de notre étude dans les conditions climatiques de Jijel sera également présentée dont les données étaient prises de l'expérience des étudiants Hansal et Chetouane en Mai 2017 sur un panneau hybride PV/T.

### III.2. Validation des résultats

#### III.2.1. Validation de nos résultats avec celles issues de l'article de Ahmed Zarei [41]

Dans la figure III.1 on a comparé nos résultats numériques établis par notre modèle avec les résultats expérimentaux de Zarei [41]. Cette comparaison concerne les variations temporelles de la température à la sortie du capteur PV/T notée « T7 ». On observe une bonne concordance dans les quatre premiers points entre les deux graphes avec une erreur de 7,8%, cela est dû aux hypothèses simplificatrices et aux incertitudes



**Figure III.1 :** la validation de nos résultats de température de sortie du capteur en fonction du temps avec celles issue d'Ahmed Zarei.

### III.3. Les résultats de la simulation numérique

#### III.3.1. Les performances du système au point de conception

Le tableau III.1 donne les propriétés thermodynamiques du système global au point de la conception. Dans ce tableau, on a déterminé les différents enthalpies, pression et température de chaque point du système pour un débit global d'eau égale 10,7316 kg/s et un débit global du fréon égale 1,0648 kg/s, avec un rayonnement 945 W/m<sup>2</sup>.

**Tableau III.1 :** Propriétés thermodynamiques.

R134a				
	P(kPas)	T(°C)	h(kJ/kg)	ṁ(kg/s)
1	132.7350	-20	386.55	1.0648
2	1000	66.8500	449.43	1.0648
3	1000	39.3876	255.50	1.0648
4	132.7350	-20	173.64	1.0648
5	100	25	104.92	10.7316
6	200	25.0025	105.02	10.7316
7	200	29.5416	124.	10.7316
8	200	34.1457	143.24	10.7316
9	200	46.72	195.79	10.7316

Le tableau III.2. Donne les performances du capteur solaire HPV/T. On a exposé les différents rendements du système PV/T tel que : le rendement solaire refroidissement et solaire chauffage, rendement thermique, électrique et global ; pour 44 panneaux et pour une surface totale de 54,56 m<sup>2</sup>, cela a été fait pour un débit massique global de 10,7316 kg/s.

Tableau III.2 : Performances du capteur PV/T.

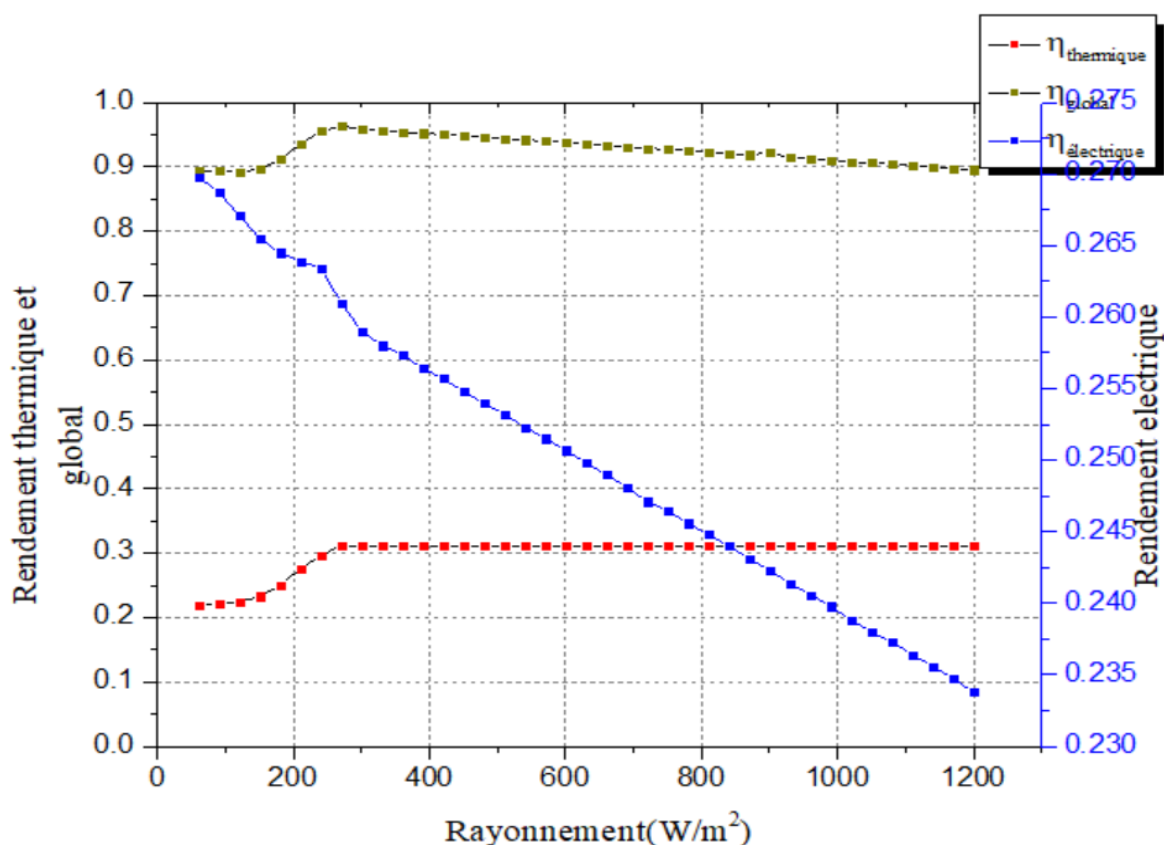
performances	Résultats
Cop	3.626
$T_7$ (°C)	29.54
$\eta_{\text{Sol\_ref}}$	0.1319
$\eta_{\text{Sol\_chauf}}$	0.2387
$\eta_{\text{therm}}$	0.3112
$\eta_{\text{elect}}$	0.2389
$\eta_{\text{global}}$	0.90845
$Q_u$ (W)	16046.80
$nb_{\text{panneau}}$	44
$S_{\text{tot}}$ ( $m^2$ )	54.56

### III.4. L'étude de l'effet de paramètre sur le fonctionnement de système

#### III.4.1. L'effet de changement du rayonnement

##### *III.4.1.1. L'effet de changement du rayonnement sur le rendement thermique, électrique et globale*

On remarque que la variation du rendement thermique est proportionnelle avec l'augmentation du rayonnement par contre le rendement électrique varie d'une façon inverse, lorsque le rayonnement augmente le rendement électrique diminue à cause de l'augmentation de la température de la cellule, et sa valeur sera minimale quand le rayonnement atteint une valeur de 1200 W/m<sup>2</sup>. Tandis que, la variation du rendement global suit la variation du rendement thermique, avec un écart qui représente le rendement électrique équivalent.



**Figure III.2 :** l’influence du rayonnement solaire sur le rendement électrique, thermique et global.

**III.4.1.2. L’effet de changement de rayonnement sur le rendement solaire chauffage et refroidissement**

La figure III.3 et III.4 montres l’effet de la variation du rayonnement sur le rendement solaire chauffage, rendement solaire refroidissement et le coefficient de performance COP.

On observe que le coefficient de performance le COP reste stable au cours de l’augmentation du rayonnement solaire qui égale 3,62, puisque la puissance d’évaporateur et la puissance de compresseur ne change pas. Par contre le rendement solaire chauffage et solaire refroidissement diminué à une valeur minimale de 0,1823 et 0.1018 respectivement quand le rayonnement augmente à une valeur maximale 1200 W/m<sup>2</sup>, alors il existe une proportionnalité inverse entre l’évaluation du rayonnement et le rendement solaire chauffage et refroidissement.

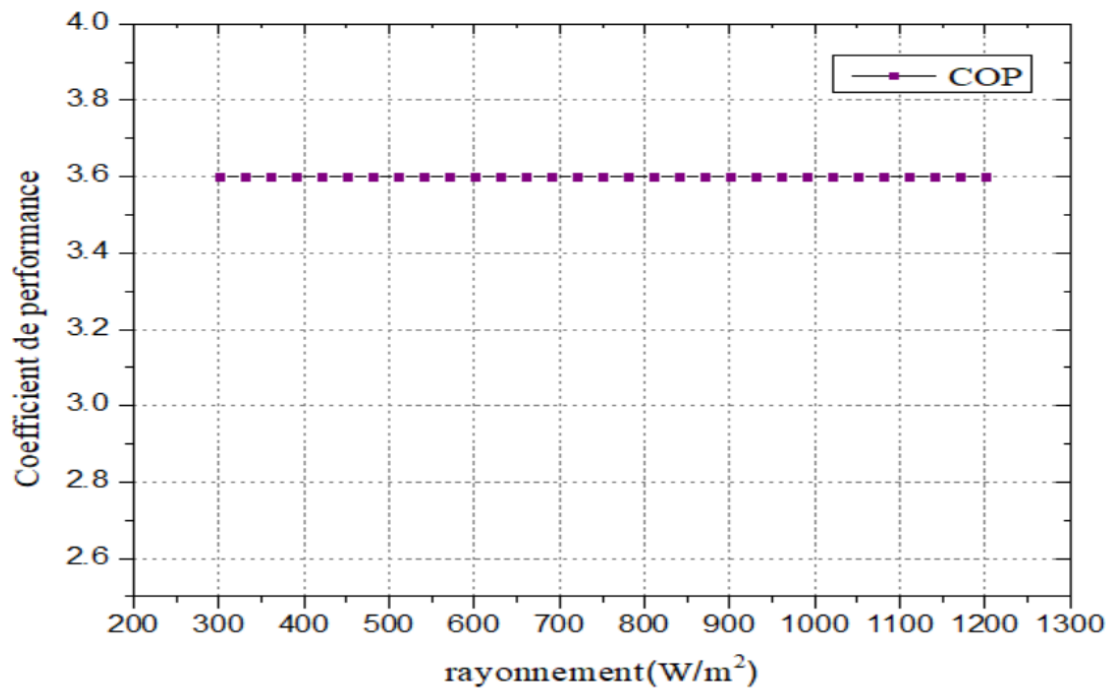


Figure.III.3 : Variation du COP en fonction du rayonnement G.

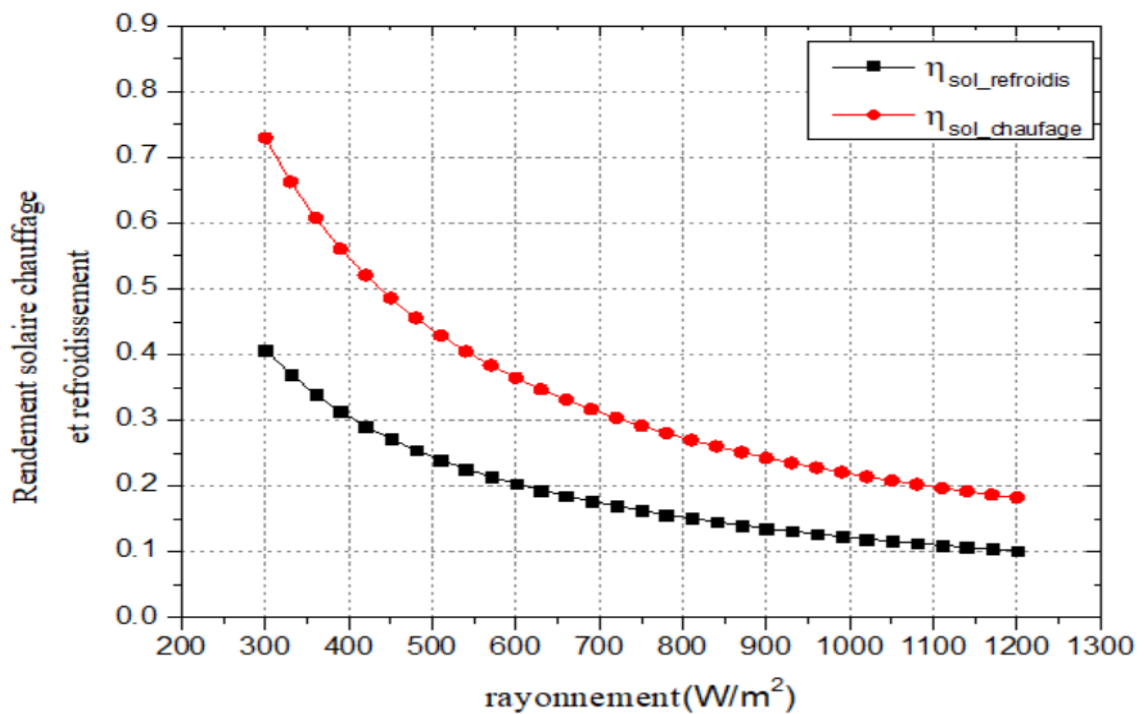
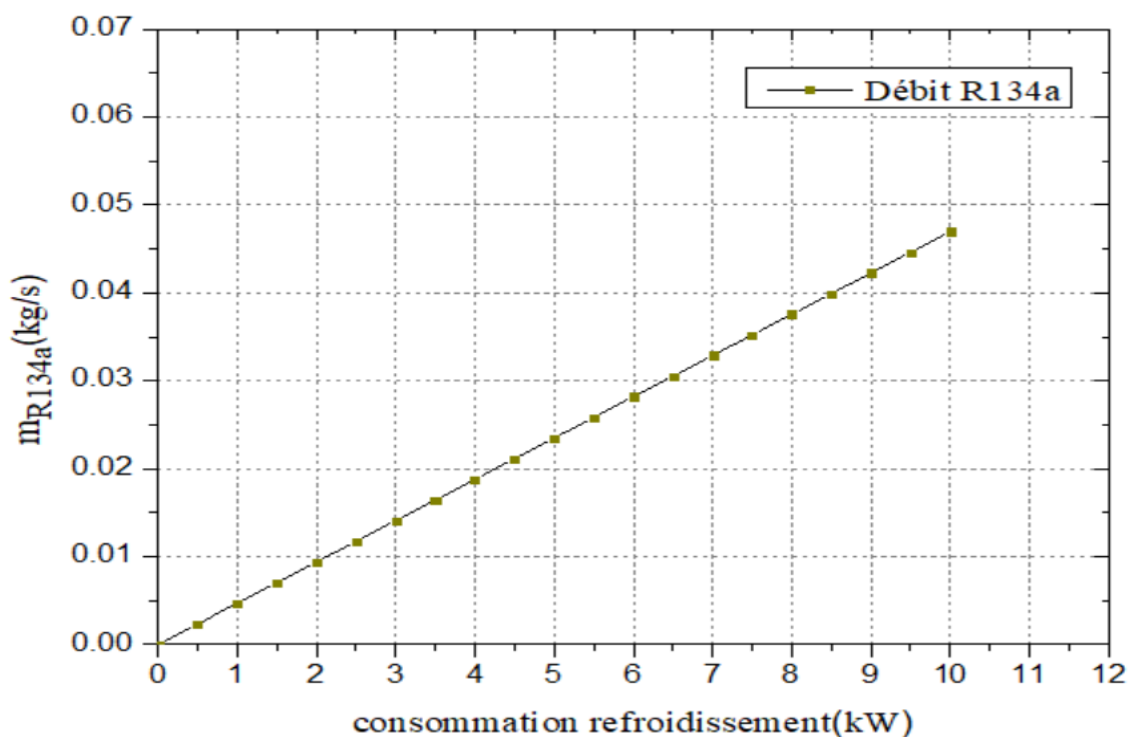


Figure.III.4 : Variation du rendement solaire chauffage et rendement solaire refroidissement en fonction du rayonnement G.

### III.4.2. L'effet de changement de la consommation de chauffage et refroidissement

#### III.4.2.1. L'effet de consommation de refroidissement sur le débit du fréon R134a

La figure III.5 montre l'influence de la variation de consommation de climatisation sur le débit du fluide frigorigène R134a. On observe que quand la consommation de refroidissement augmente le débit du fluide augmente d'une façon linéaire est atteint une valeur maximale 0.047 kg/s à une puissance d'évaporateur égale 10kW.



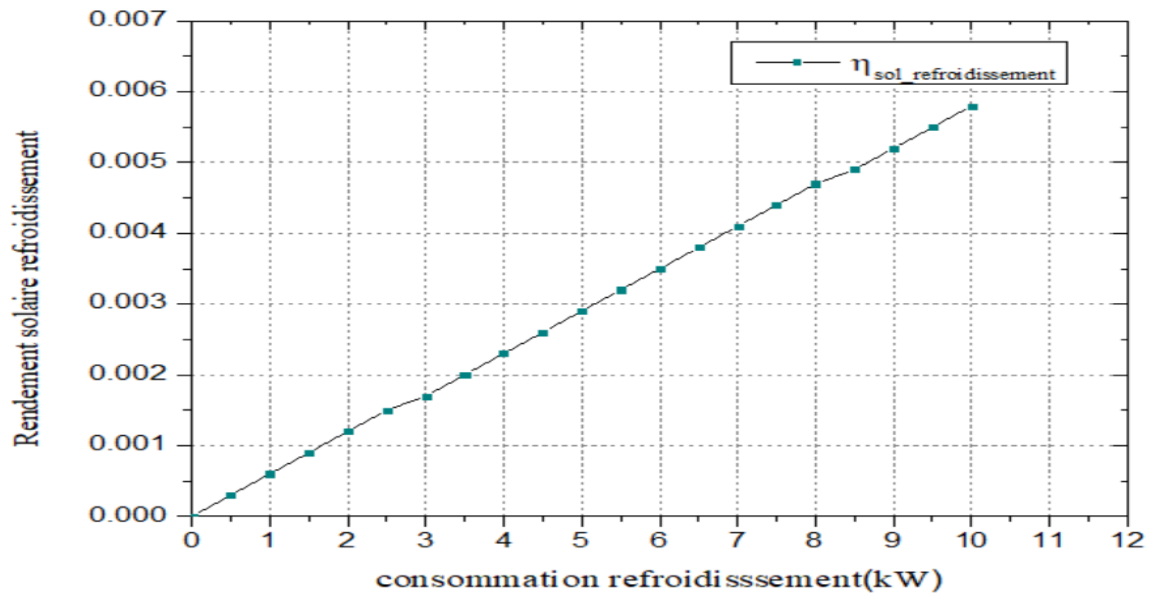
**Figure.III.5 :** Variation du débit de fluide frigorigène en fonction de la consommation de refroidissement

#### III.4.2.2 L'effet de consommation de refroidissement sur le rendement solaire refroidissement

La figure III.6 représente l'influence de consommation de refroidissement sur le rendement solaire refroidissement.

On observe que le rendement solaire refroidissement augmente d'une manière linéaire en fonction de la consommation de refroidissement, en raison de fixation du rayonnement solaire et la surface ( $A_{pvt}$ ).

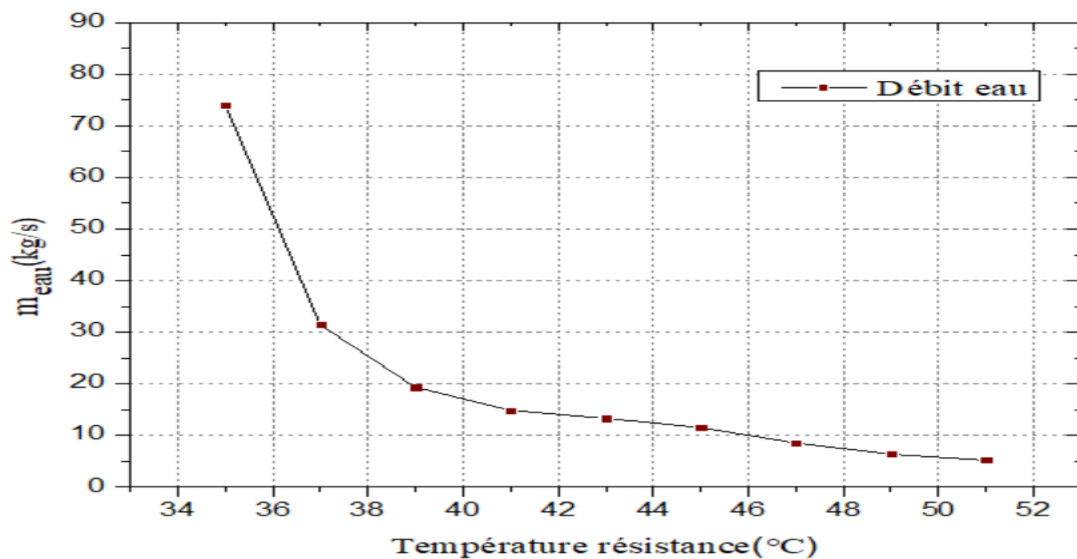




**Figure.III.6 :** Variation du rendement solaire refroidissement en fonction de la consommation de refroidissement.

**III.4.2.3. L'effet de consommation de chauffage sur le débit d'eau**

La figure III.7 montre l'influence de la variation de consommation de chauffage sur le débit d'eau. On observe que quand la consommation de chauffage augmente le débit d'eau diminué à une valeur minimale 5,18 kg/s à une température de sortie de la résistance égale 51°C.

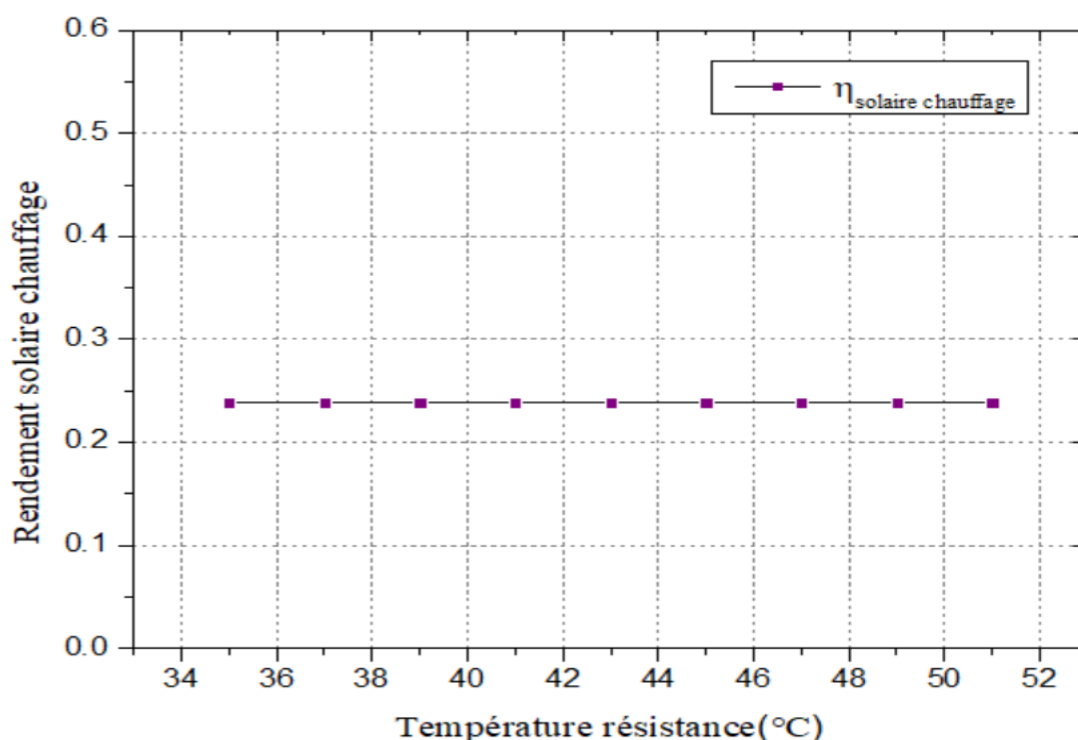


**Figure III.7 :** de la variation débit d'eau en fonction de température de la résistance.

#### III.4.2.4. L'effet de consommation de chauffage sur le rendement solaire chauffage

La figure III.8 montre l'effet de la variation de consommation de chauffage sur le rendement solaire chauffage.

On observe que le rendement solaire chauffage reste stable au cours de l'augmentation de consommation de chauffage qui égale 0.2387. En raison de la stabilité de la puissance de chauffage.



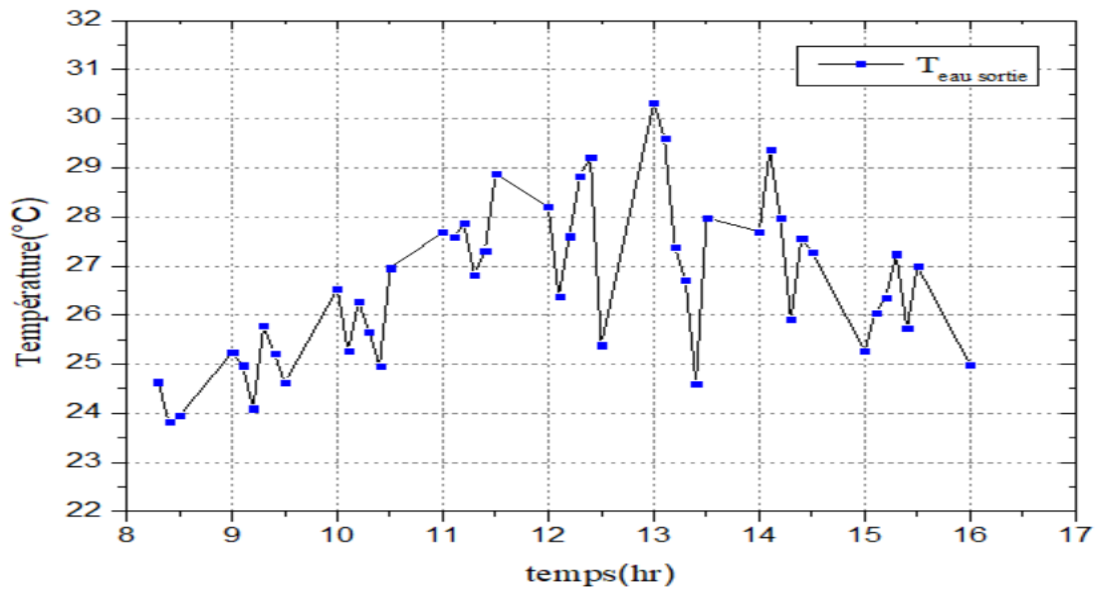
**Figure III.8 :** la variation de débit de rendement solaire chauffage en fonction de température de la résistance.

### III.4.3. Les variations de la performance du système pendant la journée à Jijel

#### III.4.3.1. La variation temporelle de la température

La figure III.9 représente la variation temporelle de la température (T7) à la sortie du capteur PVT au cours de la journée du 25 mai 2017 à Jijel issue de l'expérience [41].

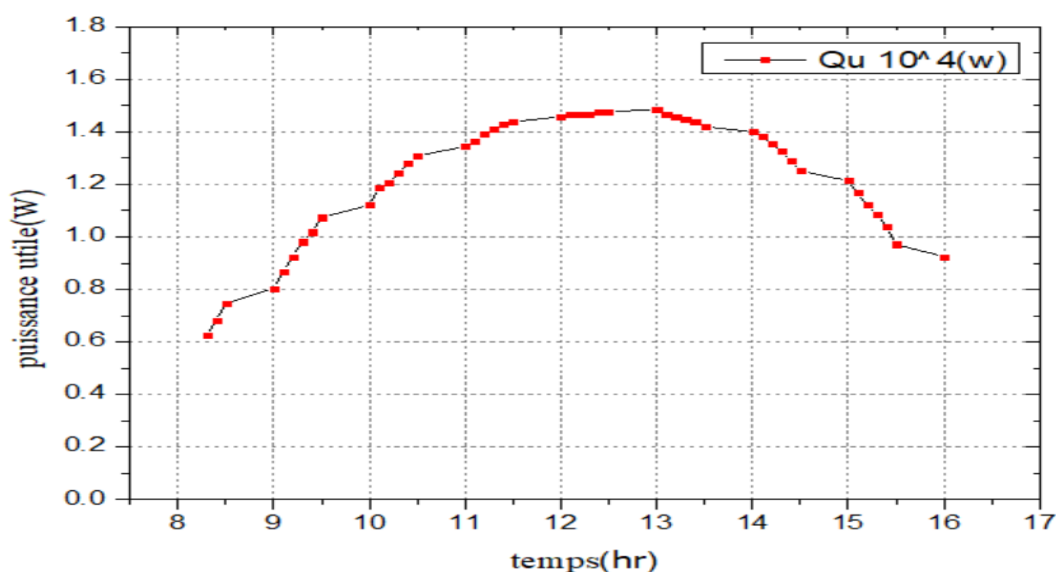
On remarque que la variation de la température (T7) augmente de 8 h à 13 h puis diminue de 14h à 17 h. Cette température prend une valeur maximale de 30,2 °C à 13h parce que le rayonnement solaire est maximal.



**Figure.III.9 :** Variation de la température T7 à la sortie de panneaux en fonction du temps à Jijel.

#### III.4.3.2. La variation temporelle de la puissance utile

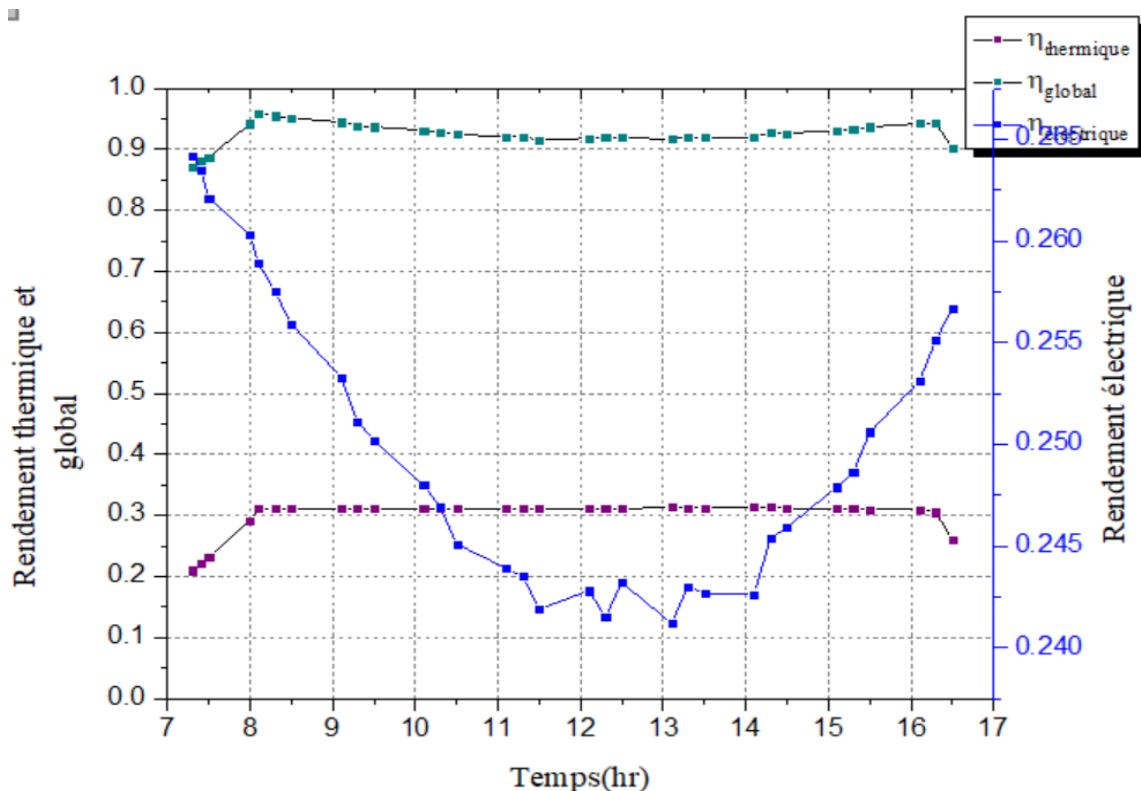
La figure III.10 représente la variation de la puissance utile durant l'expérience effectuée à Jijel par Hansal et Chetouane [48]. On remarque bien qu'au début de l'expérience la puissance utile était faible, ensuite la puissance augmente en fonction du temps et prend une valeur maximale de 14863W à 13h. De 13h à 16h on constate que la puissance utile diminue jusqu'à une valeur minimale de 900 W.



**Figure.III.10 :** Variation de la puissance utile globale en fonction du temps à Jijel pour la journée du 25 Mai 2017.

### III.4.3.3. La variation temporelle du rendement thermique, électrique et global

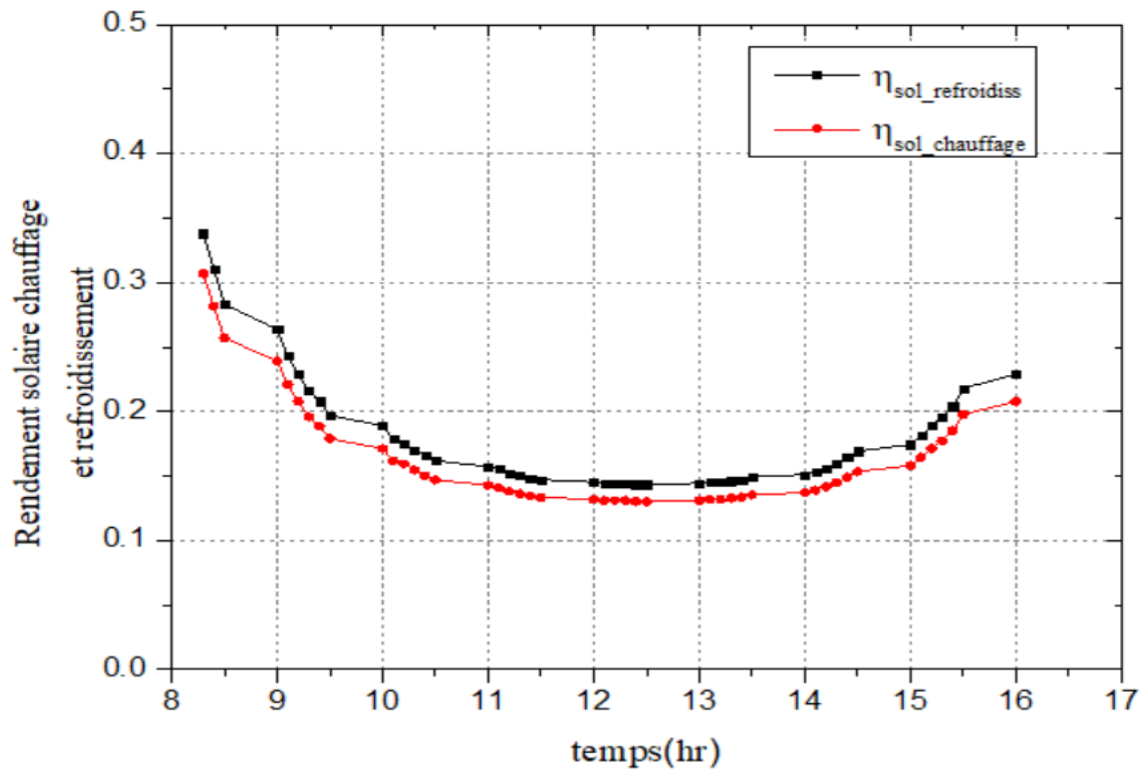
D'après la courbe dans la figure III.11, on remarque que la variation du rendement électrique varie inversement avec l'augmentation du rayonnement ce qui est communément connue. Par contre le rendement thermique est proportionnel avec la variation de la puissance utile du capteur solaire. D'autre part le rendement global est augment de la même façon de rendement thermique avec des valeurs qui représente la somme des deux rendements précédents.



**Figure.III.11** : Variation temporelle du rendement thermique, électrique et global à Jijel.

### III.4.3.3. La variation temporelle du rendement solaire chauffage et refroidissement

La figure III.12 représente la variation de rendement solaire chauffage et rendement solaire refroidissement pour l'expérience effectuée à Jijel le 25 Mai 2017 [48]. Dans ce graphe on remarque que les rendements précédents sont proportionnellement inversés avec la variation du rayonnement en fonction du temps, lorsque le rayonnement augmente vers la maximum valeur, le rendement solaire refroidissement et diminué vers la valeur minimale à 13h et le contraire pour la variation entre 13h jusqu'à 16h. à cause la diminution du rayonnement.



**Figure.III.12 :** Variation du rendement solaire chauffage et refroidissement en fonction du temps à Jijel [48].

### III.5. Conclusion

Dans ce dernier chapitre, on a présenté la variation de la température et la puissance utile obtenue par le capteur, ainsi que les propriétés thermodynamiques du système global et aussi les performances du capteur au point de conception  $G=945$ . En outre, nous allons étudier l'effet de certains paramètres sur les performances du système étudié, notamment le rayonnement solaire, la puissance requise pour le refroidissement et la température de l'eau de chauffage, d'après les résultats obtenus, il a été retenu que la valeur maximale du rayonnement solaire donne des faibles rendements électrique et solaire chauffage et refroidissement par contre pour un débit d'eau minimale on a obtenu une maximale de la température à la sortie de la résistance. À la fin, la simulation de notre étude dans les conditions climatiques de Jijel sera également présentée dont les conditions climatiques en Mai 2017 sur un panneau hybride PV/T.

## Conclusion Générale

. Le but de notre travail est d'étudier les installations de chauffage/climatisation solaire et la contribution à la régulation de la température d'un système dans un bâtiment.

La présentation théorique du chauffage/climatisation solaire nous a permis de détailler pleinement ce procédé et ses composants en plus du rôle de chacun d'entre eux dans ce procédé et selon la capacité de chaque élément afin d'obtenir la température que l'on souhaite.

Etudier et analyser l'influence de quelques paramètres sur les performances d'un système combiné chauffage/climatisation. Pour ce faire, on a étudié le fonctionnement des capteurs hybrides PV/T ou on a fait un calcul numérique pour obtenir un bon rendement (électrique, thermique) et un rendement solaire (refroidissement et chauffage). Les principales conclusions tirées de ce travail sont comme suit :

D'abord, on a comparé nos résultats analytiques établis par le logiciel de calcul Matlab avec les résultats expérimentaux de Zarei [41]. On a observé une bonne concordance entre les graphes.

- La variation du rendement thermique est proportionnelle avec l'augmentation du rayonnement.
- Le rendement électrique varie d'une façon inverse, lorsque le rayonnement augmente.
- Le coefficient de performance reste stable au cours de l'augmentation du rayonnement solaire.
- Quand la consommation de refroidissement augmente le débit du fluide augmente d'une façon linéaire.
- Le rendement solaire chauffage reste stable au cours de l'augmentation de consommation de chauffage qui égale 0.2387.

Enfin, une étude plus profonde sur plusieurs types de fréon sera comme perspective à ce travail.

## Références

- [1] Roula Badreddine. Boulouaret Hocine « L'influence des paramètres de fonctionnement sur les performances d'un capteur hybride PV/T », Mémoire master de l'université de Jijel, 2020.
- [2] Rouibah Med Lamine. Merabet Ibrahim « Simulation numérique d'un capteur hybride PV/T avec un absorbeur rainure en V »,
- [3] Mr Reddah Takieddine, « Etude et dimensionnement d'un système solaire combiné Application : Logement individuel type F3 à Batna », mémoire magistère de l'université de hadj Mohammed Lakhdar, Batna, 2015.
- [4] LE RECKNAGEL « manuel pratique génie climatique ». Ventilation, climatisation, conditionnement d'air. Tome 03, 3ème édition JJMG éditions / pyc livres 2001.
- [5] :<https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energie-solaire-exploitation>
- [6] Soteris A. Kalogirou , « Solar Energy Engineering Processes and Systems », Academic Press, Elsevier, 1er xvidition, 2009.
- [7] :<https://panneau-solaire.ooreka.fr/astuce/voir/474871/capteur-thermique>.
- [8] :<https://www.nouvenergie.fr/e-formation/solaire-1/les-capteurs-thermiques/>
- [9] Galleb Amel, « Modélisation Et Optimisation Des Capteur Solaires Hybrides », thèse de doctorat, option génie climatique, université de mentouri, constantine 1, 2018.
- [10] <https://www.lepanneausolaire.net/les-differents-types-capteurs.php>
- [11]<https://panneau-solaire.ooreka.fr/qr/voir/156530/avantages-et-inconvenients-panneaux-solaires-thermiques>
- [12] <https://www.climamaison.com/lexique/capteur-solaire-photovoltaique.htm>
- [13] <https://im.solar/fr/panneau-solaire-3>
- [14] Benaceur Fatma Zohra. Baazzi Aicha « Etude démonstrative des différents défauts des systèmes photovoltaïques installés au sein de l'URERMS Adrar », Mémoire master de l'université Ahmed draia , 2019
- [15] [www.jade-technologie.com](http://www.jade-technologie.com)
- [16] <https://www.maison-travaux.fr/maison-travaux/renovation-par-type/toiture-charpente/toiture-tture-charpente/avantages-inconvenients-dune-toiture-photovoltaique-fp-194680.html>.
- [17] <https://www.cooltec.ch/hybride-pvt-faq.html>.
- [18] <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/aerovoltaique/panneau-solaire-hybride>.

- [19] Ramdani, H, « Etude d'un Capteur Solaire Photovoltaïque/Thermique à Base de Nano-fluide», Mémoire master, Université 8 Mai 1945 Guelma, 2016.
- [20] <https://www.insunwetrust.solar/blog/le-solaire-et-vous/panneau-solaire-hybride/>
- [21] <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/aerovoltaique/panneau-solaire-hybride>.
- [22] <https://www.thermal.engineering.org/>, par Nick Conner, 2020.
- [23] <https://www.stelorder.com/fr/blog/quest-refrigeration/>
- [24] P.J. RAPIN, P. Jacquard, « Aide-mémoire – Formulaire du froid », 12<sup>ème</sup> édition, édition Dunod, 525p, 2003.
- [25] <https://www.futurascience.com/maison/dossier/maison-climatisation-fraicheur-demande-880/page/8>.
- [26] <https://atoutesvapeurs.com/systemes/systemes-de-refrigeration-et-de-compression-de-vapeur-simple/>.
- [27] <https://direns.mines-paristech.fr/Sites/Thopt/fr/co/refrigerateur.html>
- [28] <https://www.abcclim.net/le-circuit-frigorifique.html>.
- [29] <http://www.recuperation-chaleur.fr/machine-absorption>.
- [30] <https://www.abcclim.net/absorption.html>.
- [31] Manuel de Fabrication et installation du chauffage-eau solaire bon marché (CESBM) Sociedade do Sol – Société.
- [32] <https://conseils-thermique.org/contenu/chauffe-eau-solaire.php>.
- [33] <https://duboiseausolaire.com/realisation/4163-chauffe-eau-solaire-a-dreux-dans-le-28-en-eure-et-loir>.
- [34] : <https://www.ecohabitation.com/guides/2371/le-chauffe-eau-solaire-pour-chauffer-leau-et-la-maison/>
- [35] L'énergie solaire thermique, [www.pinterest.fr](http://www.pinterest.fr).
- [36] Feng Shan, Fang Tang, Lei Cao, Guiyin Fang, « Dynamic characteristics modeling of a hybrid photovoltaic–thermal solar collector with active cooling in buildings», 2014.
- [37] Jan Cremers<sup>1</sup>, «Irina Mitina<sup>2</sup>, Nansi Palla<sup>1</sup>, Fritz Klotz<sup>1</sup>, Xavier Jobard<sup>2</sup>, Ursula Eicker<sup>2</sup> Experimental Analyses of Different PVT Collector Designs for Heating and Cooling Applications in Buildings», 2015.
- [38] Giovanni Angrisani a, Evgueniy Entchev b, Carlo Roselli a, Maurizio Sasso a, Francesco Tariello a, Wahiba Yaïci b, «Dynamic simulation of a solar heating and cooling system for an office building located in Southern Italy», 2016.



- [39] Amirreza Moalemana, Alibakhsh Kasaeianb, Mohamad Arameshb, Omid Mahianc, Lovedeep Sahotad, Gopal Nath Tiwari, «Simulation of the performance of a solar concentrating photovoltaic-thermal collector, applied in a combined cooling heating and power generation system», 2017.
- [40] T.S. Ge, R.Z. Wang, Z.Y. Xu, Q.W. Pan, S. Du, X.M. Chen, T. Ma, X.N. Wu, X.L. Sun, J.F. Chen, «Solar heating and cooling: Present and future development», 2017.
- [41] Ahmad Zareia, Mohammad Liravi, Marzie Babaie Rabieec, Maryam Ghodrat, «A Novel, eco-friendly combined solar cooling and heating system, powered by hybrid Photovoltaic thermal (PVT) collector for domestic application», 2020.
- [42] Rafał Figaj et Maciej Zołądek, «Experimental and numerical analysis of hybrid solar heating and cooling system for a residential user», 2021.
- [43] Tiwari A, Sodha M, «Performance evaluation of solar PV/T system: an experimental validation», *Sol Energy*;80:751–9, 2006.
- [44] Sarhaddi F, Farahat S, Ajam H, Behzadmehr A, Adeli MM, « An improved thermal and electrical model for a solar photovoltaic thermal (PV/T) air collector» *Appl Energy*, 87:2328–39, 2010.
- [45] Chen Q, Hwang Y, Yan G, Yu J. «Theoretical investigation on the performance of an ejector enhanced refrigeration cycle using hydrocarbon mixture R290/R600a», *Appl Therm Eng*, 164:114456. 2020.
- [46] Zhao H, Yuan T, Gao J, Wang X, Yan J. «Conventional and advanced exergy analysis of parallel and series compression-ejection hybrid refrigeration system for a household refrigerator with R290», *Energy*, 166:845–61, 2019.
- [47] Sharples S, Charlesworth P.« Full-scale measurements of wind-induced convective heat transfer from a roof-mounted flat plate solar collector», *Sol Energy* 62:69–77,1987
- [48] Hansal, Chetouane. « Etude et simulation d'un système hybride photovoltaïque thermique»,2019.
- [49] Kim D, Ferreira CI. «Solar refrigeration options—a state-of-the-art review». *Int J Refrig*, 31:3–15, 2008.

## Résumé

Ce travail aura pour objectif d'étudier le système combiné chauffage et refroidissement en utilisant un système HPVT, cela pour produire des énergies à partir du rayonnement solaire, citons, l'énergie électrique qui utilisée pour alimenter d'autres éléments de notre système (compresseur, pompe et résistance électrique) et aussi de l'énergie thermique pour l'utilisation domestique (chauffage, l'eau chaud-sanitaire).

On s'est basé sur le bilan d'énergie entre les différents éléments du système thermique puis sont complétées par le calcul des différents rendements de ce capteur. Dans le second système, chauffage et climatisation, on a fait la modélisation à partir des résultats du système hybride PV/T.

D'abord, on a fait une comparaison de nos résultats numériques de la température du capteur PV/T avec ceux de la littérature, ensuite, on a étudié l'effet du rayonnement solaire et la consommation chauffage, refroidissement sur les performances du notre système comme les rendements thermique, électrique et solaire chauffage et solaire refroidissement. A la fin, on a appliqué notre système dans les conditions climatiques de Jijel à la journée de 25-05-2017.

**Mots clés :** capteur HPVT, cycle climatisation et chauffage, énergie solaire.

## المخلص

يهدف هذا العمل الى دراسة نظام مشترك للتدفئة و التبريد بواسطة نظام هجين ضوئي/حراري لإنتاج طاقات انطلاقا من الإشعاعات الشمسية منها الطاقة الكهربائية التي تستعمل في تغذية مختلف أجهزة نظامنا (الضاغط، المضخة، المقاومة الكهربائية) و أيضا طاقة حرارية للاستعمال المنزلي (التدفئة، تسخين المياه).

اعتمدنا في هذا النظام على الحصيلة الطاقوية بين مختلف عناصر النظام الحراري ثم تكتمل بحساب مختلف مردودات هذا المستشعر. في النظام الثاني للتدفئة و التبريد قمنا بالمحاكات من خلال نتائج النظام الهجين الضوئي/الحراري السابق.

أولا، قمنا بمقارنة عددية لدرجة حرارة المجمع الهجين ضوئي/حراري مع النتائج الموجودة في الدراسات السابقة، ثم درسنا تأثير الإشعاع الشمسي و استهلاك التدفئة و التبريد على أداء نظامنا مثل المردود الحراري، الكهربائي و التدفئة الشمسية و التبريد الشمسي. في النهاية طبقنا نظامنا في الشروط الجوية لجيجل بتاريخ 25-05-2017.

**الكلمات المفتاحية:** المستشعر الهجين الضوئي/الحراري، دورة التدفئة و التبريد، الطاقة الشمسية.

## Summary

The objective of this work will be to study the combined heating and cooling system using an HPVT system, this for produce energy from solar radiation, let us mention, the electrical energy which is used to supply other elements of our system (compressor, pump and electric resistance) and also thermal energy for domestic use (heating, hot-sanitary water).

We were based on the energy balance between the different elements of the thermal system and, then completed by the calculation of the different yields of this collector. In the second system, heating and air conditioning, modeling was done from the results of the PV / T hybrid system.

First, we compared our numerical results of the temperature of the PV / T collector with those of the literature, then, we studied the effect of solar radiation and heating and cooling consumption on the performance of our system. such as thermal, electric and solar heating and solar cooling yields. At the end, we applied our system in the climatic conditions of Jijel on the day of 25-05-2017.

**Key words:** HPVT collector, heating and cooling cycle, solar energy.