

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie des Procédés



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences & Technologiques

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie des Procédés de l'environnement

Présenté Par :

- Chaib Sawséne
- Cherfi Rania

THEME

**Etude technico-économique et
environnementale de capteur solaire hybride
photovoltaïque / thermique (PV/T)**

Soutenu Publiquement : 13 - 06 – 2022

Devant les jurés :

Sekrifa Mohamed lamine	Pr	U.K.M.O	Présidente
Hacini zineb	MCA	U.K.M.O	Examinatrice
Lati mokhtar	MCA	U.K.M.O	Encadreur

Année Universitaire : 2021-2022

Remerciement

Tous mes remerciements vont a Allah de m'avoit donnée le courage la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail, en premier lieu.

*Je tiens en premier lieu à remercier très chaleureusement mon encadreur **DR.Lati Moukhtar** pour sa disponibilité et son indulgence et ses précieux conseils lucides qu'il a bien voulu ne prodiguer en vue de réaliser ce travail, j'en oublie pas enfin son aide précieuse dans la relecture et la correction de mémoire.*

*On remercier également monsieur **Houtti Ahmed** le technicien du laboratoire de physique pour son aide.*

On remercie vivement les membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail.

Ve remercie enfin tous les personnes qui de près ou de loin ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

Dédicace

Je tiens à remercier Dieu

A mes Très chers parents et Ma grand-mère

A mes frères Sid Ali Ammar

A mes sœurs Halima Nacira Rania Sabah

A mes ptite Belle enfants Dalal Mouhemed Joud Mayar

A ma grande famille

A tous mes amis

A tout ceux qui m'on aidé à réaliser de près ou de loin ce mémoire

*Nous voudrons exprimer notre remerciement les plus sincères à notre promoteur Lati
Moukhtar*

Sawséne

Dédicace

*Avant tout je remercie dieu le tout puissant de m'avoir
donnée le courage et la patience pour réaliser ce travail
malgré tout les difficultés rencontrées .*

Je dédie ce modeste travail à :

*Mes chers parents , tout mon respectes et affection en
témoignage de leur soutien sacrifie patience .*

Mes très cher frère : « Moataz, Issmail »

Mes sœurs : « Kalthoum Leila Safa Fatima Maroi Houda »

Mon fiallancé : « Ammar »

Mes meilleur amis : « Insaf, Zineb ,Chaima ,Afrah ,Rima »

Mes professeurs

Rania

Sommaire

Dédicace	I
Remerciement.....	II
Liste de la figure.....	III
Liste des tableaux.....	IV
Nomenclateurs.....	V
Introduction général.....	VI

Chapitre I : Généralité sur les Capteur et séchoir solaires

I.1 .Energie solaire.....	4
I.1.1 .Energie solaire photovoltaïque	4
I.1.2.Energie Solaire thermique.....	4
I.2Les Capteurs solaires	5
I .2 .1.Les types des capteurs.....	5.
I.2.1.1.Capteurs solaires photovoltaïques.....	5
I.2.1.2.Capteurs solaires thermiques.....	5
I.2.1.2.1.Les capteurs plans.....	6
I.2.1.2.2.Les capteurs par concentration.....	6
I.3.Fonctionne une cellule solaire photovoltaïque thermique.....	7
I.4.Le silicium.....	8
I.5.Fonctionnement d'un capteur solaire thermique.....	9
I.6.Paramètres et caractéristiques de fonctionnement des capteurs solaires	10
I.6.1.Paramètres externes	10
I.6.2.Paramètres internes	10
I.6.3Paramètres de fonctionnement	10
I.6.4Fonctionnement du capteur solaire photovoltaïque	10
1.7.Principe du capteur PV/T.....	11

I.8. Concept de capteur hybride photovoltaïque / thermique.....	11
I.9. Le séchoir solaire.....	12
I.9.1 Les types des séchoirs solaires.....	12
I.9.1.1. Le séchoir solaire direct.....	12
I.9.1.2. Le séchoir solaire indirect.....	13
I.9.1.3. Le séchoir solaire mixte.....	13

Chapitre II : Etude technico-économique et environnementale

II.1. Etude économique des séchoirs solaire	15
II.1.1 Coût annuel total.....	15
II.1.2. Coût annuel de maintenance.....	15
II.1.3. Coût annuel de l'investissement.....	15
II.1.4. Valeur annuelle de la consommation.....	15
II.1.5 Le retour sur investissement.....	16
II.1.6. Quantité d'énergie utile PV-T.....	16.
II.2. Production de l'électricité.....	17
II.3. Emission de Co ₂	17

Chapitre III : Etude Expérimentale

III.1. Présentation du site.....	19
III.2. Description de système du capteur solaire.....	19
III.2.1. Description de système du capteur PV-T.....	19
III.2.2. Description de système du capteur solaire thermique.....	20
III.3. Réalisation des prototypes.....	21
III.3.1. Préparation des composants.....	21

III.3.2. Construction des composants	26
III.4.Appareillages de mesure.....	26
III.5.les mesures.....	29
III.6.Calcul de la quantité d'énergie utile.....	33
III.7.Dépense énergétique annuelle.....	37
III.8.Etude économique des capteurs solaires.....	37
III.9.Les calculs économiques.....	39
III.10.Retour d'investissement.....	41
III.11.Etude environnemental.....	43
Conclusion Général.....	46
Références bibliographiques.....	47.

Résumé:

Ce travail présente les résultats d'une étude technico-économique et environnementale d'un capteur hybride photovoltaïque thermique, et d'autre part en a fait la construction des prototypes des capteurs solaires .

Le capteur hybride **PV-T** est l'assemblage d'un capteur solaire thermique (**T**) et d'un module photovoltaïque (pv).

Le capteur PV-T produit en même temps de l'électricité grâce à l'énergie solaire photovoltaïque et de la chaleur grâce à l'énergie thermique .

L'analyse économique consiste à calculer le coût et la production annuels de chaque capture solaire. Sur le plan environnemental le capteur solaire a permis d'éviter de 1614,72 kg de dioxyde de carbone (CO₂) produit par l'électricité.

Mots clé : capteur photovoltaïque, capteur thermique, l'énergie solaire, dioxyde de carbone (CO₂).

Abstract :

This work presents the results of a technical –economic and environmental study of a thermal photovoltaic hybrid sensor, and on the other hand made the construction prototype solar collectors.

The pv-t hybrid collector is the assembly of a thermal solar collector (**T**) and a photovoltaic module (pv).

The pv-t collector simultaneously produces electricity thanks to solar energy photovoltaic and heat thanks to thermal energy.

The economic analysis consists of calculating the annual cost and production of each solar capture ,on the environmental plan the solar collector has avoided 1614,72g of carbon dioxide (CO₂) produced by electricity.

Key words: photovoltaic sensor , thermal sensor, solar energy, carbon dioxide

المخلص

يقدم هذا العمل نتائج دراسه اقتصاديه و بيئيه لجهاز استشعار حراري ضوئي هجين ومن ناحيه اخرى قمنا ببناء مجمعات الطاقه الشمسيه النموذجيه

المجمع الهجين عباره عن تجميع لمجمع شمسي حراري ووحده كهروضوئيه .

يقوم المجمع كهروضوئي في نفس الوقت بانتاج الكهرباء باستخدام الطاقه الشمسيه كهروضوئيه والحراره بفضل الطاقه الحراريه .

يهدف التحليل الاقتصادي الى حساب التكلفة السنويه و الانتاج لكل لاقط شمسي ومن الناحيه البيئيه التي تجنبا المجمع الشمسي وبلغ من من ثاني اكسيد الكربون التي تنتجها الكهرباء 1614,7

الكلمات المفتاحية مستشعر كهروضوئي مستشعر حراري الطاقه الشمسيه ثاني اكسيد الكربون

Liste des Figure

Chapitre I

Figure I.1 : Panneaux Photovoltaïque.....	5
Figure I.2 : Capteur solaire thermique.....	6
Figure I.3 : Fonctionnement d'une cellule.....	9
Figure I.4 : fonctionnement d'un capture solaire thermique.....	9
Figure I.5 : Représentation en coupe d'une cellule photovoltaïque.....	11
Figure I.6 : Schéma de séchoir solaire direct.....	12
Figure I.7 : Schéma de séchoir indirect.....	13

Chapitre II

Figure II.1 : Situation géographique de la wilaya d'Ouargla.....	19
Figure II.2 : Capteur solaire hybride PV-T.....	19
Figure II.3 : Capteur Solaire thermique.....	20
Figure II.4 : Le coffre.....	21
Figure II.5 : L'appareil de cisaillement.....	22
Figure II.6 : L'appareil de cintrage.....	23
Figure II.7 : La plaque d'aluminium.....	24
Figure II.8 : Isolant.....	24
Figure II.9 : La vitre de la capteur thermique.....	25
Figure II.10 : Panneaux photovoltaïque.....	25
Figure II.11: Capteur Hybride.....	26
Figure II.12 : Pyranomètre.....	27
Figure II.13 Solari mètre.....	28
Figure II.14: Débit mètre.....	29
Figure II.15 : Variation de l'intensité en fonction du temps.....	30

Figure II.16 : Variation de rayonnement en fonction du temps.....	31
Figure II.17 : Variation de vitesse en fonction du temps.....	32
Figure II.18 : Variation de puissance électrique en fonction du temps.....	33

Chapitre III

Figure III.1: Variation de Quantité d'énergie utile de capteur thermique et PV.....	34
Figure III.2 : Variation de Quantité d'énergie utile de capteur Hybride et PV.....	34
Figure III. 3 : Variation de Quantité utile quotidienne de capteur solaire.....	35
Figure III. 4 : Variation de Quantité utile annuelle de capteur solaire.....	36
Figure III.5 : Coût unitaire de l'énergie production par les capteurs solaires.....	41
Figure III.6 : Diffèrent temps d'investissement.....	42
Figure III.7 : Quantité de CO2 du capteur solaire.....	44

Liste de tableaux

Chapitre III

Tableau (III.1) : Quantité d'énergie utile annuelle et quotidienne produite de capteur solaire.....	35
Tableau (III.2) : Dépense énergétique annuelle.....	37
Tableau (III.3) : Prix unitaire des matériaux constituant de système.....	38
Tableau (III.4) : Coût du capteur thermique.....	38
Tableau (III.5) : Coût du capteur PV-T.....	38
Tableau(III.6) : Prix du Capteur Solaire (da).....	39
Tableau (III.7) : Effet de divers paramètres sur prix unitaire de produit	39
Tableau (III.8) : Retour sur investissement	40
Tableau (III.9) :La Quantité de Co2 dans les capteur solaire.....	43

Nomenclature

Grandeur	Signification
E	L'énergie d'un photon
H	la constante de Planck
V	la vitesse de la lumière
λ	Longueur d'onde (m)
N	La Durée de vie par défaut de l'appareil
Rent	Le Taux d'intérêt bancaire
Q u	Quantité d'énergie utile
Cp	Chaleur massique de l'air
P	Masse volumique de l'air
mCo2	Quantité de CO2
ρ	Densité
\dot{m}	Debit massique
Cu	Le coût unitaire d'un kilo watt – heure
Q u A	Quantité d'énergie utile annulle
Q u J	Quantité d'énergie utile qoutidienne

Liste des symboles

PV	Panneau photovoltaïque
PV/T	Panneau Hybride
Tamb	Température ambiante
Ts	Température de sortie
Te	Température d'entrée
CAT	Coût total(CAT)
CAI	le coût d'investissement annuel
CAME	Coût annuel de maintenance et d'exploitation
VAA	La valeur d'amortissement annuelle
CC	le coût matériel de l'appareil
FRC	Le facteur de récupération du capital
S	la valeur consommateur de l'appareil
FAF	Le facteur d'amortissement de fond
RSI	Le retour sur investissement
ROI	Return on investissement
Q u A	La Quantité d'énergie utile annuelle
Q u j	La Quantité d'énergie annuelle quotidienne
NJ	Nombre de jours
QT	Quantité Total



Introduction

Introduction Générale

Le contexte énergétique national se caractérise essentiellement par une dépendance excessive vis-à-vis des hydrocarbures. Les hydrocarbures occupent toujours un poids important dans l'économie. 98% de nos recettes d'exportations proviennent du pétrole et du gaz conventionnel.[1]

La croissance continue de la demande interne d'énergie (pétrole et gaz), les risques d'épuisement de ses ressources ainsi que le réchauffement climatique, font clairement apparaître la nécessité d'engager une transition énergétique vers un modèle plus durable.

La réalisation des objectifs de la sécurité et de la durabilité énergétique, ainsi que celui de l'accès à une énergie propre exige un cadre politique solide et stable qui donnera la priorité aux politiques d'efficacité énergétique ainsi qu'au développement des énergies renouvelables. [1]

Il est donc nécessaire d'engager une transition énergétique vers un système énergétique faisant appel à des sources d'énergie non fossiles, notamment les énergies renouvelables.

L'exploitation directe de l'énergie solaire au moyen de capteurs relève de deux technologies bien distinctes, les systèmes solaires thermique ou photovoltaïque [1]. cela a conduit à une combinaison des systèmes des différentes sources d'énergie, ces systèmes sont appelés aussi les systèmes hybrides, et ils sont utilisés pour améliorer la production énergétique. Parmi ces différents types des systèmes hybrides, on va étudier dans ce travail le système hybride photovoltaïque thermique. Durant la conversion photovoltaïque du capteur solaire une chaleur générée ce qui augmentera la température de la cellule photovoltaïque et causera une chute de son rendement. ce phénomène est dû à la partie du rayonnement solaire non converti en électricité par les cellules et qui sera à l'origine de son échauffement [2] cet échauffement a été considéré comme néfaste pour améliorer le rendement des captures solaires photovoltaïque et plusieurs

efforts ont été consentis pour évacuer cette chaleur. Il Ya eu aussi l'idée d'exploiter ce phénomène par la combinaison du système photovoltaïque avec un système thermique pour former le capteur hybride PV-T qui va générer en même temps de l'électricité et de la chaleur . le rendement électrique du capteur hybride PV/T pourrait même s'améliorer avec l'augmentation de l'intensité du rayonnement solaire si un système est placé pour extraire de la chaleur des cellules solaires, ce qui le refroidir en même temps. [2]

L'objectif de ce travail consiste à apporter une contribution à la valorisation des ressources renouvelables et locale est aussi permettre de diminuer la part des combustibles fossiles (gaz naturel et pétrole) qui sont actuellement la principale ressources renouvelables pour la production d'électricité du pays de plus l'utilisation des ressources renouvelables comme le solaire vont permettre de répondre à la demande croissante d'énergie, mais aussi de faire face eu tarissement de ces sources fossiles.

Dans ce contexte , ce travail s'articule autour de trois chapitre :

- ❖ Le premier chapitre est consacré à l'étude bibliographique sur les séchoir et les capteur solaires.
- ❖ Le deuxième chapitre est consacré à l'étude technico-économique est environnementale .
- ❖ Le dernier chapitre porte sur une étude expérimentale.

Le document termine par une conclusion générale.

**Chapitre I :Etude
bibliographique sur les
captures et les séchoir
solaires**

Chapitre I : Les Capteurs solaires

I .1.Energie solaire

La distance de la terre au soleil est environ 150 million de kilomètres et la vitesse Lumière est d'un peu plus de 300000km/h [3], les rayons du soleil mettent donc environ 8minues sa nous parvenir. Le constant solaire est la densité d'énergie solaire qui atteint la frontière externe de l'atmosphère faisant face au soleil .Sa valeur est communément pris égal à 1360 W/m².

Au niveau du sol, la densité d'énergie solaire est réduit à 1000 W/m² à cause de photoélectrique que la lumière n'avait pas qu'un caractère ondulatoire, mais que son énergie l'absorption dans l'atmosphère. Albert Einstein à découvert en travaillant sur l'effet est portée par des particules, les photons. L'énergie d'un photon étant donnée par la relation : [3]

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (I-1)$$

h: la constante de Planck

C: la vitesse de la lumière

λ : Longueur d'onde (m)

I.1.1.Energie solaire photovoltaïque : [4]

L'énergie solaire, peut être photovoltaïque ou bien thermique. Cette énergie est récupérée à partir des rayons solaires qui se reflètent sur des panneaux. L'énergie est ensuite envoyée vers les villes. L'utilisation de cette énergie permet de faire d'importantes économies et ainsi d'alimenter les habitations en électricité.

I.1.2. Energie solaire thermique :[4]

Pour utiliser l'énergie solaire thermique , on doit installer des panneaux solaires sur le toit des habitations. Ces panneaux pourront ainsi réfracter la chaleur des rayons du soleil afin de permettre le réchauffement du fluide colporteur de l'information.

L'information sera ensuite transmise à un ballon tampon qui permettra l'échange avec les dispositifs de chauffage ou de l'eau chaude sanitaire.

I.2. Les Capteurs Solaires : [5]

Les capteurs de chaleur solaire sont des appareils transformant l'énergie du rayonnement solaire en énergie thermique, on peut ensuite utiliser cette chaleur comme celle de toutes les sources usuelles de chaleur.

I.2.1.Types de Capteurs Solaires :

Principalement il y a deux types de capteurs solaires.

- ❖ Capteur solaire photovoltaïque
- ❖ Capteur solaire thermique

I.2.1.1. Capteurs solaires photovoltaïques :

C'est un appareil transformant l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique. Il compose des cellules solaires photovoltaïques.[6]

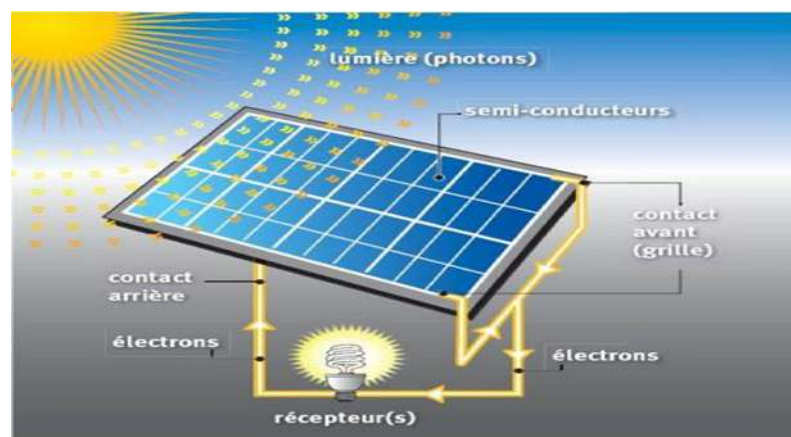


Figure (I.1) : Panneaux photovoltaïque [7].

I.2.1.2.Capteurs solaires thermiques :

Les capteurs solaires thermique sont des appareil permettant la conversion de l'énergie de rayonnement en énergie thermique, en se basant sur l'effet de serre, s'explique par les fait que le verre est un matériau quasiment transparent au rayonnement Solaire alors

qu'il est presque opaque au rayonnement infrarouge, un flux solaire traversant une vitre et venant chauffer un corps derrière cette vitre se trouve donc piégé, Puisque le rayonnement émis par ce corps ne peut traverser la vitre. [8]

Il existe deux principaux types de capteurs solaires :

_ Les capteurs plans

_ Les capteurs par concentration

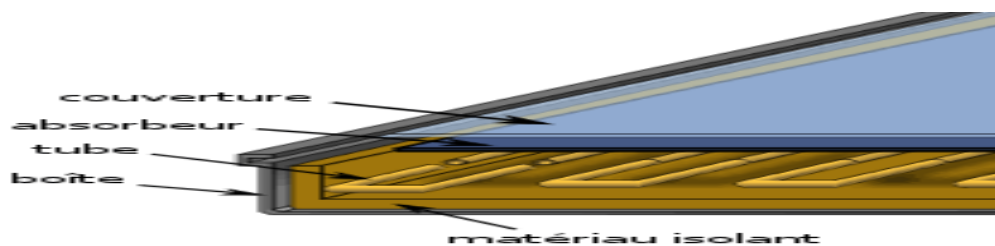


Figure (I. 2) : Capteur solaire thermique [4]

I.2.1.2.1.les capteurs plans :

les capteurs plans absorbent la rayonnement solaire au moyen d'une plaque peinte en noir munie de fines conduites destinées au fluide caloporteur. lorsqu'il traverse les conduites, sa température (liquide ou air) augmente en raison de la chaleur reçue par la plaque absorbante.[9]

I .2.1.2.2 : Les capteurs par concentration :

les capteurs plans peuvent généralement pas porter les fluides caloporteur à très haute températures. En revanches , il est possible d'utiliser des capteurs par concentration mais ils sont plus complexe et plus onéreux.

Il s'agit de réflecteurs en demi-cercle qui renvoient et concentrent l'énergie solaire sur un tuyau où circule un fluide caloporteur. Cette concentration entraîne une augmentation de l'intensité et les températures obtenues sur le récepteur (appelé cible) peuvent atteindre plusieurs centaines voire même plusieurs milliers de degrés Celsius.[7]

I.3 .Fonctionne une cellule solaire photovoltaïque thermique :

L'effet photovoltaïque utilisé dans les cellules solaires permet de convertir directement l'énergie lumineuse des rayons solaires en électricité par les biais de la production et du transport dans un matériau semi-conducteur de charge électrique positives et négative sous l'effet de la lumière.

Ce matériau comporte deux parties, l'une présentant un excès d'électrons et l'autre un déficit en électrons, dites respectivement dopée de type n et dopée de type p .

Lorsque la première est mise en contact avec la seconde, les électrons en excès dans

Le matériau n diffusent dans le matériau p. la zone initialement dopée n devient chargée positivement, et la zone initialement dopée p chargés négativement .

Il se crée donc entre elle un champ électrique qui tend à repousser les électrons dans la zone n et les trous vers la zone p.

Une jonction (dite p-n) a été formée en ajoutant des contact métalliques sur les zone n et p, une diode est obtenue. Lorsque la jonction est éclairée, les photons d'énergie égale ou supérieur à la largeur de la bande de valence dans la bande de conduction est laisse aussi un trou captable de se mouvoir, engendrant ainsi une paire électron-trou. si une charge est placées aux bornes de la cellule, les électrons de la zones n rejoignent les trous de la zone p via la connexion extérieur, donnant naissance à une différence de potentiel : le courant électrique circule.

L'effet repose donc à la base sur les propriétés semi-conductrices du matériau et son dopage afin d'en améliorer la conductivité.[10]

I.4. Le silicium :

le silicium employé aujourd'hui dans la plupart des cellules a été choisis pour la présence de quatre électrons de valence sur sa couche périphérique (colonne IV du tableau de Mendeleïev).

Dans le silicium solide, chaque atome dit tétravalent est lié à quatre voisins, et tous les électrons de la couche périphérique participe aux liaisons .

Si un atome de silicium est remplacés par un atome de la colonne V (phosphore par exemple), un de ses cinq électrons de valence ne participe pas aux liaisons ; par agitation thermique, il va très passer dans la bande de conduction et ainsi devenir libre de se déplacer dans le cristal, laissant derrière lui un trou fixe lié à l'atome de dopant. Il Ya conduction par un conduction par un électron, et le semi-conducteur dit dopé de type n.

Si au contraire un atome de silicium est remplacé par un atome de la colonne III (bore par exemple) à trois électrons de valence, il en manque un pour réaliser toutes les liaisons, et un électrons peut rapidement venir combler ce manque et occuper l'orbitale vacante par agitation thermique.

Il en résulte un trou dans la bande de valence, qui va contribuer à la conduction, est le semi-conducteur est dit dopé de type p.

Les atomes tels que le bore ou le phosphore sont donc des dopants du silicium.

Les cellules photovoltaïques sont assemblés pour former des modules .

N.B. voir dans les cellules photovoltaïque organique :

Vers le tous polymère....[10]

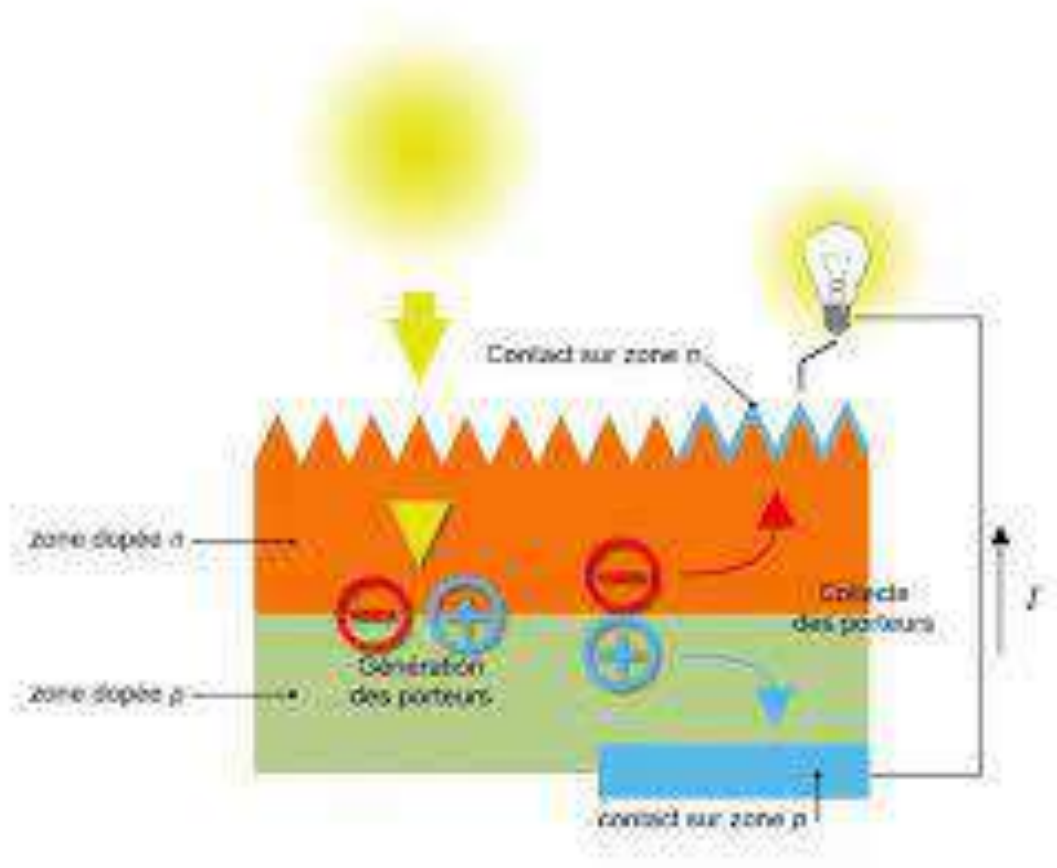
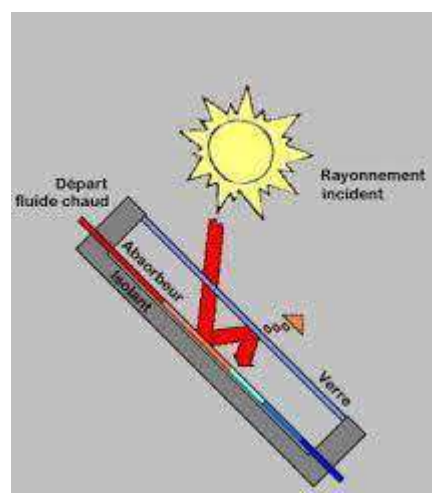


Figure (I.3). Fonctionne d'une cellule.[11]

I.5.fonctionnement d'un capteur solaire thermique :

Les capteurs solaires sont des appareils permettant la conversion de l'énergie de rayonnement en énergie thermique , en se basant sur l'effet de serre , s'explique par le fait que le verre est un matériau quasiment transparent au rayonnement solaire alors qu'il est presque opaque au rayonnement infrarouge, un flux solaire traversant une vitre et venant chauffer un corps derrière cette vitre ce trouve donc piégé, puisque le rayonnement émis par ce corps ne peut traverser vitre. [12]



la

Figure (I.4.) : Fonctionnement d'un capteur solaire thermique [13]

I.6 .Paramètres et caractéristiques de fonctionnement des capteurs solaires :[14]

I.6.1.Paramètres externes :

Le rayonnement solaire global dépend de la position du soleil et de la durée de l'ensoleillement qui est fonction de :

- La température ambiante ;
- La vitesse du vent sur le capteur ;

I.6.2.Paramètres internes :

- Paramètres de position : l'inclinaison et l'orientation.
- Dimensions du capteur : épaisseur, longueur, largeur et la surface réceptrice.
- capteur La section de passage du fluide caloporteur.

I.6.3. Paramètres de fonctionnement :

- Le débit du fluide caloporteur ;
- Les températures des différentes parties du capteur ;
- Le facteur de concentration (cas des concentrateurs)[14].

I.6.4. Fonctionnement du capteur solaire photovoltaïque (PV) :

Les cellules solaires photovoltaïque transforment la lumière solaire incidente en différence de potentiel et courant électrique, tandis que la partie du capture thermique (absorbeur) récupère l'énergie calorifique envoyée par le soleil (notamment le rayonnement infra-rouge habituellement perdu sous forme de chaleur dissipé par le panneau). [12]

1-électrode négative

2-électrode positive

3-silicium n

4-silicium p

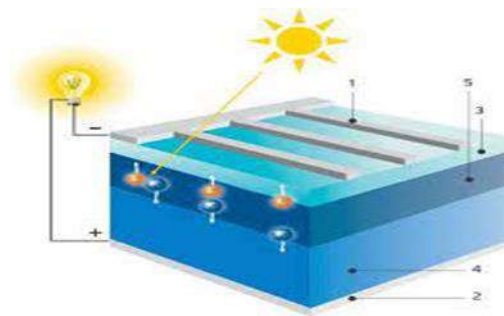


Figure.(I.5) : Représentation en coupe d'une cellule photovoltaïque[11]

I.7.Principe du capteur PV/T :

La principale caractéristique d'un système solaire Hybride PV/T est la conversion de rayonnement solaire en électricité et en chaleur en même temps et elles sont généralement tenues au même endroit, ce qui rend le combinaison du système est particulièrement intéressante , via le procédé d'extraction de chaleur du PV/T ,la cellule photovoltaïque est activement refroidie ce qui permet de stabiliser ces performances électriques élevées (La rendement total de l'énergie produite par unité de surface est augmenté) ; 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 diminuée des couts de l'installation [15]

I.8. Concept de capteur hybride photovoltaïque / thermique : [16]

Le concept de capteur hybride photovoltaïque / thermique consiste à superposer les deux fonctions énergétiques électrique e/t thermique. Il est caractérisé par une combinaison sandwich séparant air et eau. Le fluide caloporteur est canalisé, ce qui

permet une circulation forcée. La face inférieure est isolée et ne comporte pas d'absorbeur.

I.9. Le séchoir solaire :

Le séchoir solaire ou un solaire est un concept relativement simple. Une caractéristique importante des dispositifs de séchage et la taille des capteurs solaires. En fonction de la quantité de produit à sécher les capteurs doivent avoir la capacité de fournir des quantités suffisantes d'air chaud à la chambre de séchage . des capteurs trop petits par rapport à la quantité des aliments à sécher entraîneront l'échec des tentatives et la détérioration des aliments.[17]

I.9.1. Les types des séchoirs solaires:

Il existe deux types de séchoir solaires :

I.9.1.1.Le séchoir solaire direct :

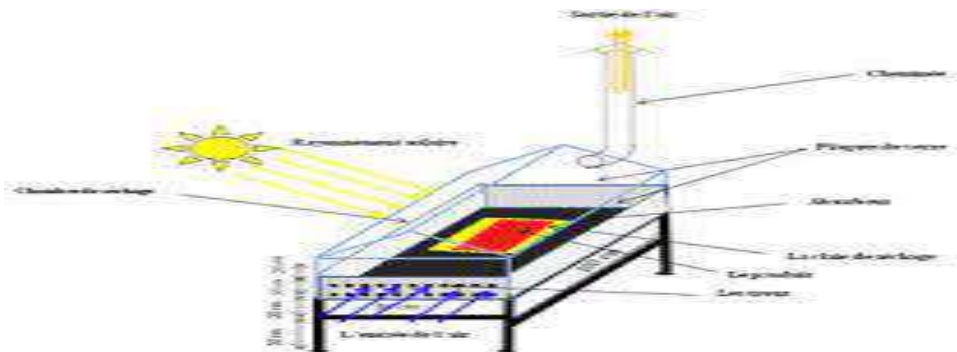


Figure (I.6) . Schéma de séchoir solaire direct [18]

- le séchoir solaire est généralement un capteur plan.
- la chaleur est transférée aux produits à sécher (qui sont installés sur les claies) par convection et par rayonnement.
- la circulation d'air dans le séchoir se fait par thermosiphon (tirage naturel).

I.9.1.2. Les séchoirs solaires indirects :

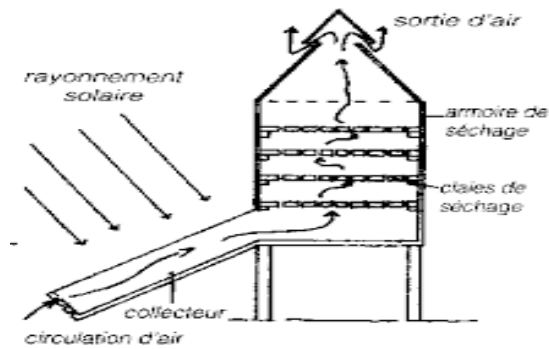


Figure (I.7) : Schéma de séchoir solaire indirect [18]

-le capteur solaire (générateur d'air chaud) et la cellule de dessiccation sont séparés par une conduite.

-le tirage de l'air chaud est soit naturel (effet de cheminée), soit forcée (utilisation d'une pompe ou d'un ventilateur).

I.9.1.3. Les séchoirs solaires mixtes :

Ces séchoirs combinent les dispositifs des séchoirs directs et indirects. Dans ce type de séchoirs, l'action combinée du rayonnement solaire direct sur le produit à sécher et le capteur solaire est de fournir la chaleur nécessaire pour le processus de séchage.

[19]

Chapitre II : Etude technico-économique et environnementale

II.1. Etude économique des séchoirs solaire utilisés :

II.1.1. Coût total (CAT) [20] :

On appelle investissement bruts, la sommation des investissements nets des amortissements et des variations des stocks. Il mesure le total des investissements, qu'ils soient nouveaux ou de remplacement. Quant à l'investissement net, il consiste à la variation effective du stock de capital au cours d'une période donnée (année). C'est-à-dire l'investissement brut moins la dépréciation du capital.

$$\text{Coût annuel total} = \text{CAI} + \text{CAME} - \text{VAA} \quad (\text{II.2})$$

II.1.2. Coût annuel de maintenance (CAME) :

Entretien régulier de l'appareil, nécessaire pour garantir que ses composants restent intacts contre les dommages. Tous ses composants doivent être nettoyés des impuretés qui y sont attachées, et remplacés si possible des fonctionnements et le coût de maintenance et d'exploitation annuelle de l'appareil, il peut être considéré comme 5% du coût matériel de l'appareil. Mais ce n'est pas très élevé. Les taxes annuelles et les frais d'assurance (le cas échéant) sont négligés. [21]

II.1.3. Le Coût annuel de l'investissement (CAI) :

le coût matériel de l'appareil CC et le facteur de récupération du capital FRC, de sorte que le Coût annuel de l'investissement est calculé par l'expression suivante : [21]

$$\text{CAI} = \text{CC} \times \text{FRC} \quad (\text{II.3})$$

$$\text{FRC} = \frac{r(r+1)^n}{(1+r)^n - 1} \quad (\text{II.4})$$

n: La Durée de vie par défaut de l'appareil est estimée à 15 Ans

r: Le Taux d'intérêt bancaire est de 5%

II.1.4. Valeur annuelle de la consommation (VAA): [21]

La valeur consommateur de l'appareil. Il peut être considéré comme un pourcentage du coût initial de l'appareil utilise estimée à 15%, tandis que la valeur de la consommation annuelle est écrite dans la phrase suivante :

$$\text{VAA} = \text{S} \times \text{FAF} \quad (\text{II.5})$$

$$\text{FAF} = \frac{r}{[(1+r)^n - 1]} \quad (\text{II.6})$$

FAF : Le facteur d'amortissement de fond

VAA : La valeur d'amortissement annuelle

II.1.5. Le retour sur investissement (RSI) [22] :

Le retour sur investissement (RSI), également connu sous le nom de ROI (Return on investment) est une mesure financière, il permet de mesurer et de comparer le ROI. En général, le retour sur investissement est un calcul basé sur les marges bénéficiaires. Le retour sur investissement est choisi entre plusieurs projets et déterminez lequel apporte les métriques les plus importantes par rapport au montant initialement investi.

$$RI = \frac{\text{Prix du capteur solaire}}{\text{benefinc net annuel}} \quad (\text{II.7})$$

II.1.6. Quantité d'énergie utile (Q_u) PV+T : [23]

Pour pouvoir calculer le coût unitaire de l'air produit, vous devez calculer la quantité totale d'air ' Q_u ' en appliquant la formule suivante :

$$Q_u = \rho C_p Q (T_s - T_e) \quad (\text{II.8})$$

Q_u : Débit volumique de l'air

C_p : Chaleur massique de l'air $C_p = 1006 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

ρ : Masse volumique de l'air, elle est calculée par l'expression suivante :

$$\rho = 1,2$$

$T_{e;cap}$: Température entrée de Capteur (K)

$T_{s;cap}$: Température sortie de Capteur (K)

Où :

T_{amb} : température ambiante

La Quantité d'énergie utile annuelle $Q u A$ produite est donnée par

$$Q u A = QJA .NJ \quad (II.9)$$

Avec : TUGFH

QJA : Quantité d'énergie utile quotidienne

NJ : Nombre de jours

II.2. Production de l'électricité [24] :

La Production d'électricité en Algérie provient majoritairement du gaz naturel à un taux 99%.L'électricité est fournie en Algérie par quatre filiales de la sonelgaz , la SDA(Alger),la SDC(Centre et sud),la SDO (Ouest)et la SDE(Est).Le coût de production du kilowattheure est de près 12DA,et le prix à la consommation est de 4DA,est pris en charge par l'Etat.Le différentiel entre le coût de l'électricité,produite à 12dinars/kwh, et le prix de vente qui est de 4dinars, est pris en charge par l'Etat,le seul à pouvoir définir la politique de prix sur le marché énergétique national.

II.3. Émissions de CO2 :[25]

Estimations de l'agence internationale de l'énergie (AIE)La demande mondiale d'énergie augmentera de 65 %et les émissions de Co2 augmenteront réduire les émissions de Co2 d'au moins 70% entre 1995 et 2020 , Une augmentation due aux deux tiers chine et autres pays en développement. cette augmentation est principalement. Due à en raison de la demande mondiale d'électricite et d'énergie.



**Chapitre III :Etude
expérimentale**

III.1. Présentation du site :

La Wilaya d'Ouargla est située au sud-est de l'Algérie, couvrant une superficie de 163230 Km². La ville de Ouargla se trouve à une altitude de 128 mètres et 32, 5° Est de la latitude. Elle est caractérisée par un climat saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées en période estivale, une forte évaporation et par une faible vie biologique de l'écosystème. L'insolation solaire moyenne est estimée en tant que 2900 kWh/m² annuellement, la ville d'Ouargla change de 2,280 kWh/m² en décembre, à 7,620 kWh/m² en juillet, sur une surface horizontale. Le rayonnement diffus est évalué à 1,324 kWh/m² en janvier, et 1,984 kWh/m² en juillet. Les températures mensuelles enregistrées au mois le plus chaud (juillet) sont de 37° C à 50° C. Alors que celles du mois le plus froid (janvier) sont de 9,7 °C à 10,8°C.

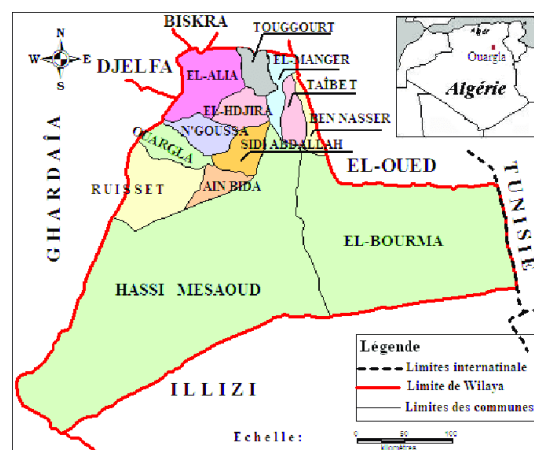


Figure (III.1) : Situation géographique de la wilaya d'Ouargla[9]

III.2. Description de système du capteur solaire :

III.2.1. Description de système du capteur PV-T :

Dans notre travail nous avons réalisée deux prototype de capteur solaire plan à air au laboratoire à l'université centrale, l'atelier de la halle technologique, le premier capture composé de l'assemblage d'un capteur solaire thermique (T) et d'un panneau photovoltaïque (PV). Il s'agit d'un capteur solaire plan à air à simple circulation et à simple vitrage dont la configuration est parallélépipédique (1m× 0.5m), le panneau PV

produit de l'électricité grâce à l'énergie solaire photovoltaïque et de la chaleur grâce à l'énergie thermique.



Figure(III.2) : Capteur solaire hybride PV-T

III.2.2. Description du capteur solaire thermique :

Dans notre travail nous avons réalisé de prototype de capture solaire plan à air thermique à simple passage et simple vitrage. Et les composants du capteur sont :

- La couverture transparente : verre d'épaisseur 4 mm
- L'absorbeur avec revêtement de surface : une plaque mince en aluminium avec une épaisseur 2,5 mm peinte en noir matte.
- l'isolation en polystyrène sur les côtés et l'arrière du capteur.
- le cadre ou le coffre : plaque mince en acier galvaniser avec d'une épaisseur de 2 mm..



Figure(III.3) : Capteur solaire thermique

III.3. Réalisation des prototypes:

III.3.1. préparation de composant :

a)le coffre :

On utilise une plaque d'acier galvanisé de dimension 50x100 cm et d'épaisseur 2 mm Qu'on plie sur les côtés pour pouvoir contenir les isolants **Figure(III.4)**.



Figure (III.4): Le coffre

Pour réaliser le coffre on utilise les appareils suivant :

Le cisaillement et le cintrage sont faits à l'aide des appareils qui sont disponibles dans L'atelier de la maintenance comme le montre dans les photos ci-dessus.



Figure (III.5): L'appareil de cisaillement (la cisaille)



Figure (III.6) : L'appareil de cintrage

b) l'absorbeur :

On a 2 prototypes et chaque prototype à dimensions de la plaque d'Aluminium de 50x100 cm :

-deux plaques en aluminium peint en noir mate.



Figure (III.7) : La plaque d'aluminium

c) l'isolant

On utilise matériaux qui sont le polystyrène avec 5 cm d'épaisseur a l'arrière et coté latérale.



Figure (III.8) : Isolant

d) le verre :

Quant au verre de 5mm, il n'est placé que dans une seule capture (capture thermique).



Figure(III.9) : La vitre de la capture thermique

e) Panneaux photovoltaïques :

Quant aux panneaux photovoltaïques il est placé uniquement dans le deuxième capture (le capture hybride PV-T).



Figure (III.10) : Panneaux photovoltaïques



Figure(III.11) : Capture hybride PV-T

III.3.2. Construction des composants :

Après la préparation on montage les composants :

Coller l'isolant de 5cm épaisseur sur le couvre et coté puis pose plaque a acier de (1 x 0.50) m et installé avec le silicone ou longueur est 75mm après ça pose l'absorbeur , on remarque un vide de 25mm pour l'entrée de l'aire et on pose le vitre (verre) sur le coté de couvre et coller avec silicone dans le capture thermique et dans le capture hybride en ajoute le panneaux PV-T et coller avec le silicone.

III.4.Appareillages de mesure :

III.4.1.Le pyranomètre :

Le pyranomètre est un instrument pour mesurer l'irradiante solaire (directe et diffuse) qui atteint la surface terrestre. Avec cet instrument, il est possible de mesurer non pas

seulement le rayonnement global, mais aussi le rayonnement solaire réfléchi et le rayonnement diffus au moyen d'une bande d'occultation. Le pyranomètre mesure des valeurs de rayonnement dans la gamme de longueurs d'onde de 300 à 3000 nm, avec une visibilité de 2π stéradians. L'élément utilisée pour la mesure est une thermopile dont la surface extérieure a été assombrie par une peinture noir mate afin de porter le pouvoir réfléchissant à moins de 2% dans la gamme spectrale du capteur.

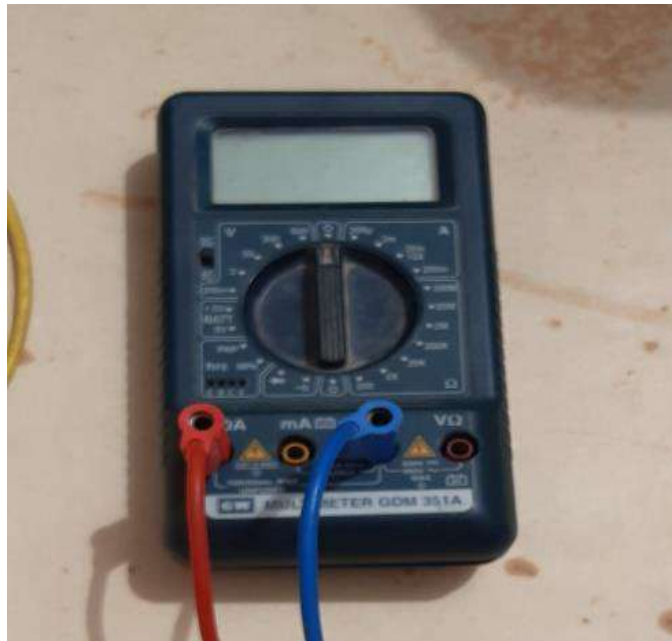


Figure (III.12) : Le pyranomètre :

III.4.2. Solari -mètre :

Le rayonnement globale reçu sur le plan du capteur est mesurer en w/m^2 à l'aide d'un Solari mètre et ceci durant la journée de l'expérience.



Figure (III.13) : Solari mètre

III.4.3. Le Débit mètre :

Mesure le débit de l'air à l'entrée du capteur solaire est mesuré à l'aide d'un sonde à affichage numérique et aussi mesure la température à l'entrée et à la sortie du capteur.



Figure (III.14) : Le Débit mètre

III.5. Les mesures :

Les mesures à partir de 8 :00 h jusqu'à 17 :30 avec un pas dans université kasdi Merbah Ouargla dans les jours 16-17 et 18/05/2022.

On mesure les paramètres suivants :

- Intensité (A)
- Le rayonnement solaire.
- Vitesse.
- Puissance en (kWh)

III.5.1. L'intensité (A) :

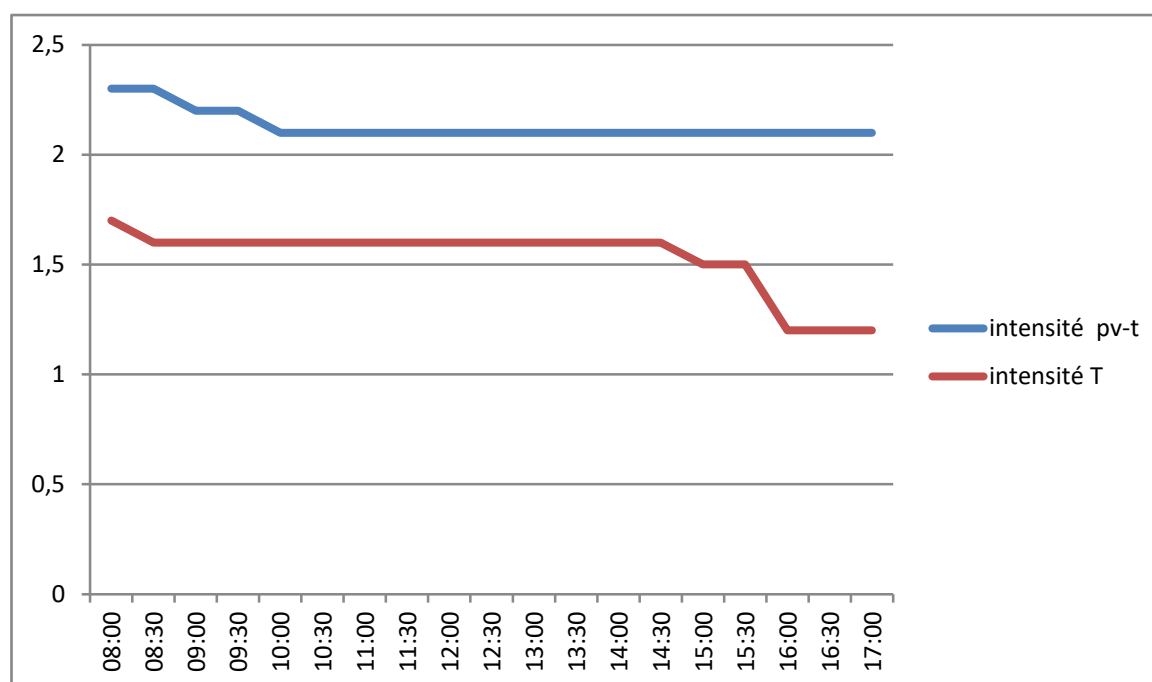


Figure (III.15) Variation de l'intensité en fonction du temps

Cette courbe montre la variation de l'intensité en fonction du temps du capture thermique et le capture hybride.

On constate que l'intensité il est presque stable dans les deux capture mais l'intensité dans le prototype Test moins que l'autre capture (hybride)

C'est-à-dire un valeur donnée de la résistance l'intensité du courant augmente si la tension augmente (et inversement) pour une tension donnée si la résistance diminue, l'intensité augmente.

III.5.2. Le rayonnement solaire :

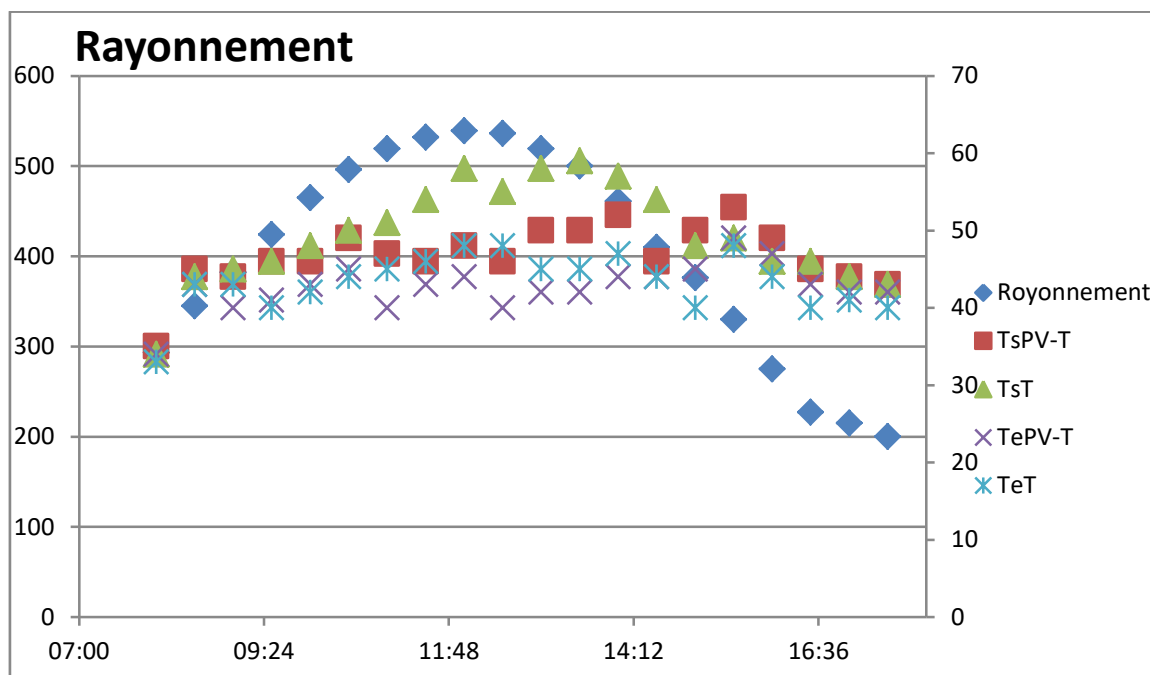


Figure (III.16) Variation de rayonnement solaire et de température en fonction du temps

La figure (III.6) présente la variation du rayonnement solaire et de température de l'air à l'entrée et à les sorties des capteurs solaires en fonction du temps pour les deux prototypes .La courbe de distribution des températures présente une similitude dans l'allure avec la courbe de l'éclairement global avec un léger décalage dans le temps . Les valeurs des températures ont atteint les valeurs maximales entre 11 : 00 h et 12 :30.La valeur de l'éclairement global est de 539 W/m², avec un pic vers 12 : 00h.

On remarque sur la figure(III.6) un l'écart important entre les températures de sorties et la température à l'entrée du capteur solaire, il est dû à l'influence du rayonnement

solaire sur l'absorbeur qui joue un rôle important de l'air sous l'effet de serre à l'intérieure du capteur solaire.

III.5.3. Vitesse :

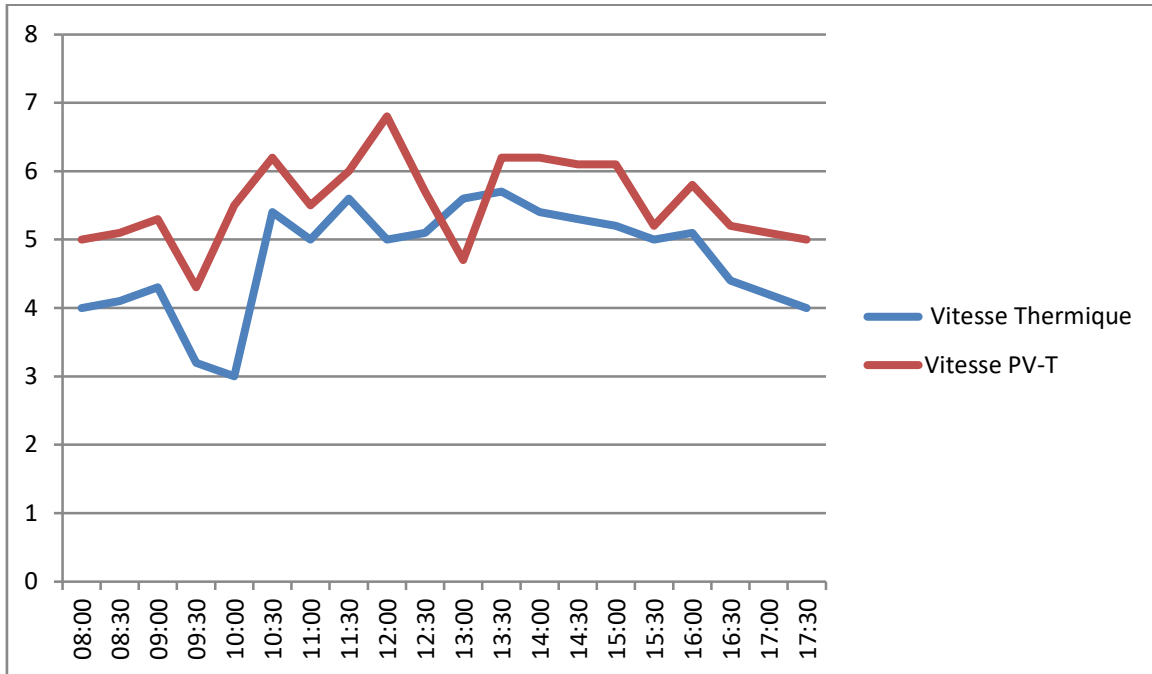


Figure (III.17) Variation de Vitesse en fonction du temps

Cette courbe montre la variation de la vitesse en fonction du temps du capture thermique et le capture hybride. Si bien nous constatons que la vitesse était stable dans le capture hybride et le capture thermique, puis la vitesse a commencé à changer progressivement avec le changement de température

III.5.4. Puissance (kWh) :

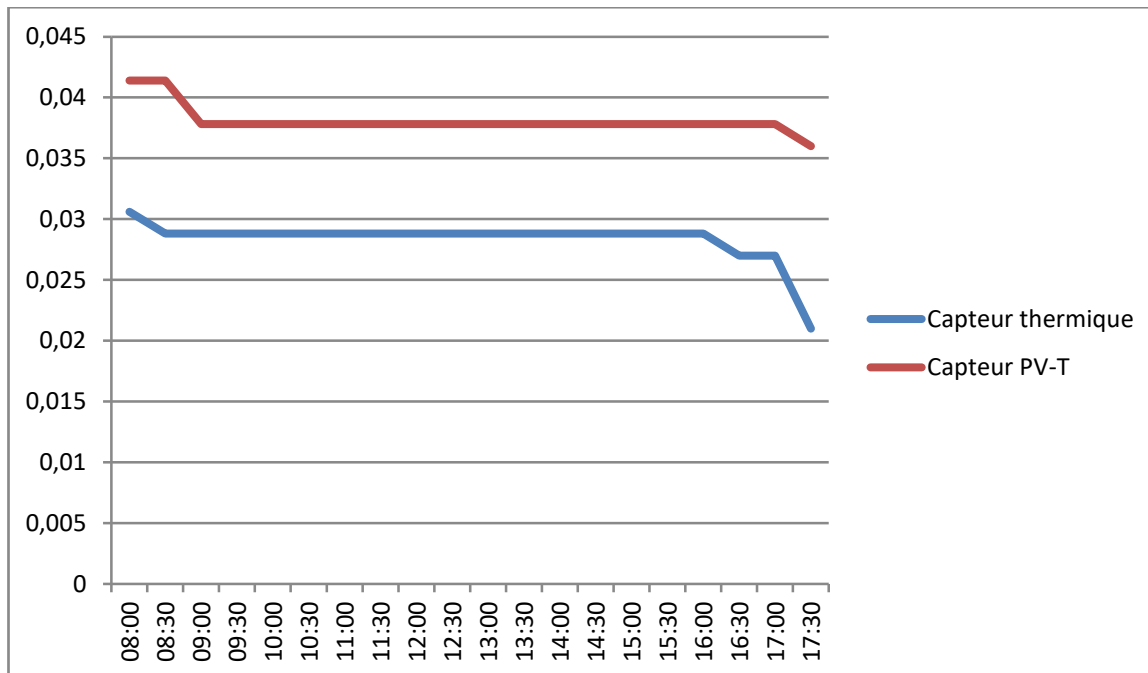


Figure (III.18) Variation de Puissance en fonction du temps

Cette courbe montre la variation de la puissance en fonction du temps du capteur thermique et le capteur hybride. On constate que la puissance est presque stable dans les deux capteurs mais la puissance dans le capteur thermique est moins que l'autre capteur hybride. C'est-à-dire une valeur donnée de la puissance du courant augmente si la tension et l'intensité augmente (et inversement) pour une tension donnée si la puissance diminue, l'intensité et tension augmente.

III.6. Calcul de la quantité d'énergie utile (Q_u) :

Pour Déterminer l'énergie thermique et l'énergie PV/T utile et l'énergie PV (Q_u) par le système, les températures de l'air à l'entrée T_e et à la Sortie T_s du capteur sont mesurées pendant toute la journée avec un pas de temps $t = 30$ minutes. Les valeurs des quantités d'énergies utiles quotidienne Q_{uj} et annuelle.

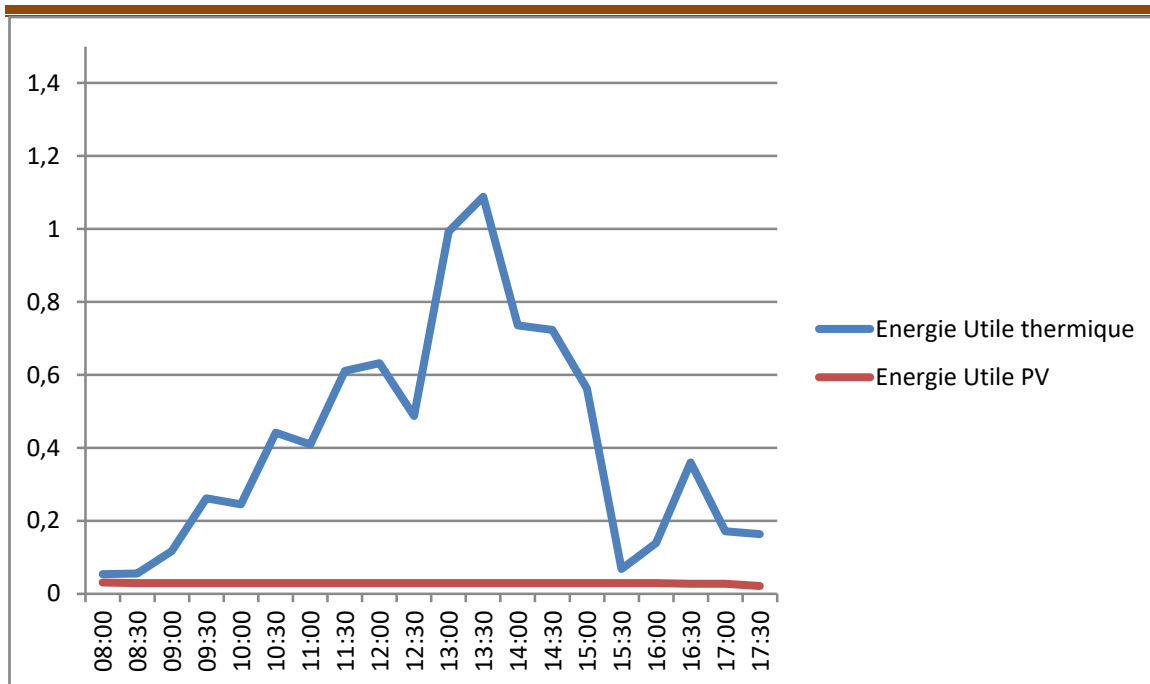


Figure (III.19) : Variation Quantité d'énergie utile de capteur Thermique et PV

On constate par la courbe suivante que l'énergie utile dans le capteur thermique et PV qu'il augmente et diminue ensuite d'une manière oscillante jusqu'à ce qu'il atteigne sa valeur la plus élevée à 15 :30 dans l'après-midi, et l'énergie utile en PV diminue puis se révèle puis retourne à diminuer tout au long de la période de fonctionnement.

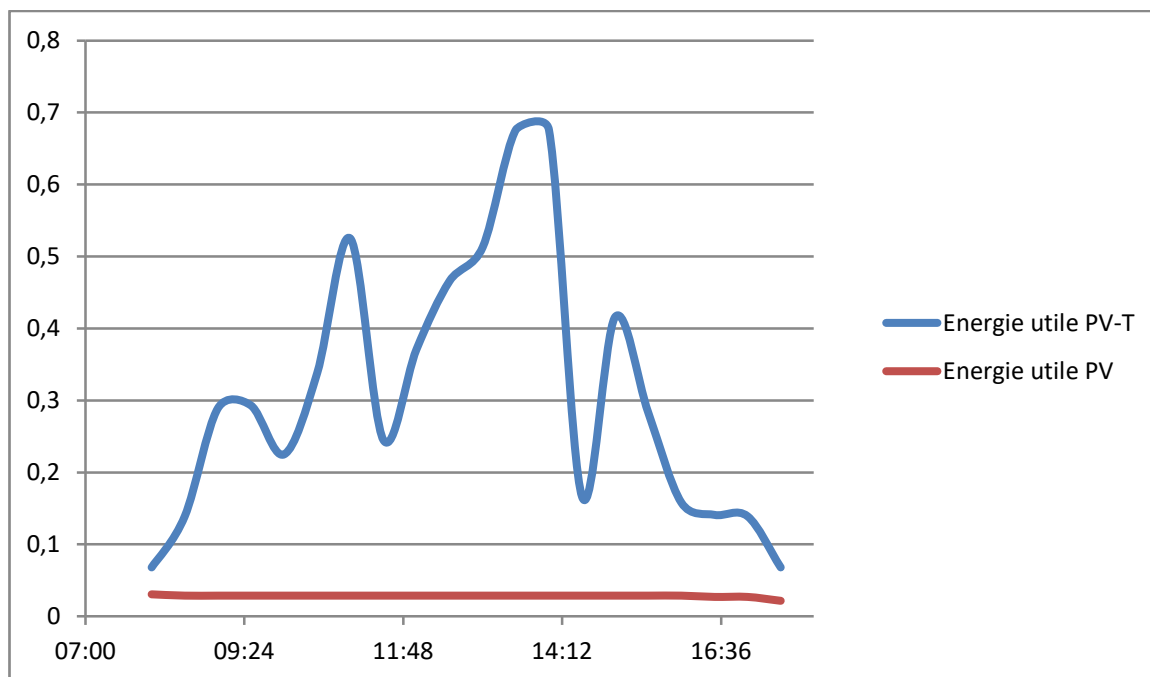


Figure (III.19) : Variation Quantité d'énergie utile de capteur PV-T et PV

On constate par la courbe suivante que l'énergie utile dans le capteur PV-T et PV, Nous avons remarqué que la valeur de l'énergie augmente, pour atteindre la valeur la plus élevée à 14h00 dans l'après - midi, puis diminue progressivement sa valeur et compensée par la valeur de l'énergie utile dans PV, Ce qui diminue, prouve alors, puis retourne à diminuer tout au long de la période de fonctionnement.

Tableau (III.1): Quantité d'énergie utile annuelle et quotidienne produite de capteur solaire

		Q_{uj} en k W h	TOTAL	Q_{uA} en k w h	TOTAL
Capteur purement thermique(T)		3.80	6.60	1387	2409.00
Capteur purement solaire PV		2.80		1022	
Capteur hybride (électrique et thermique)	T	3,67	6.66	1339.55	2430.90
	PV	2,99		1091.35	

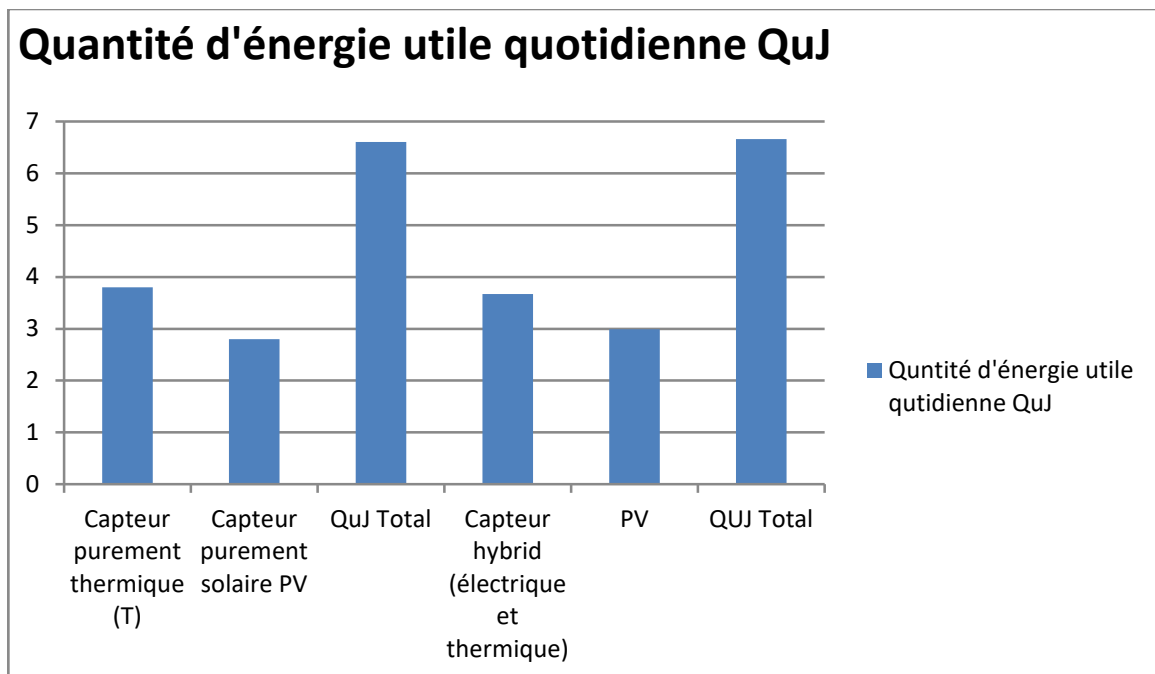


Figure (III.20): Quantité d'énergie utile quotidienne de capteur solaire

En fonction des résultats du tableau (III.1) et figure (III.20) pour constater que la Quantité d'énergie utile quotidienne de capteur solaire entre (2,80 à 6,66) et à travers

eux, nous avons remarqué que le PV-T et PV ils sont mieux en termes de quantité de production d'énergie d'utiles

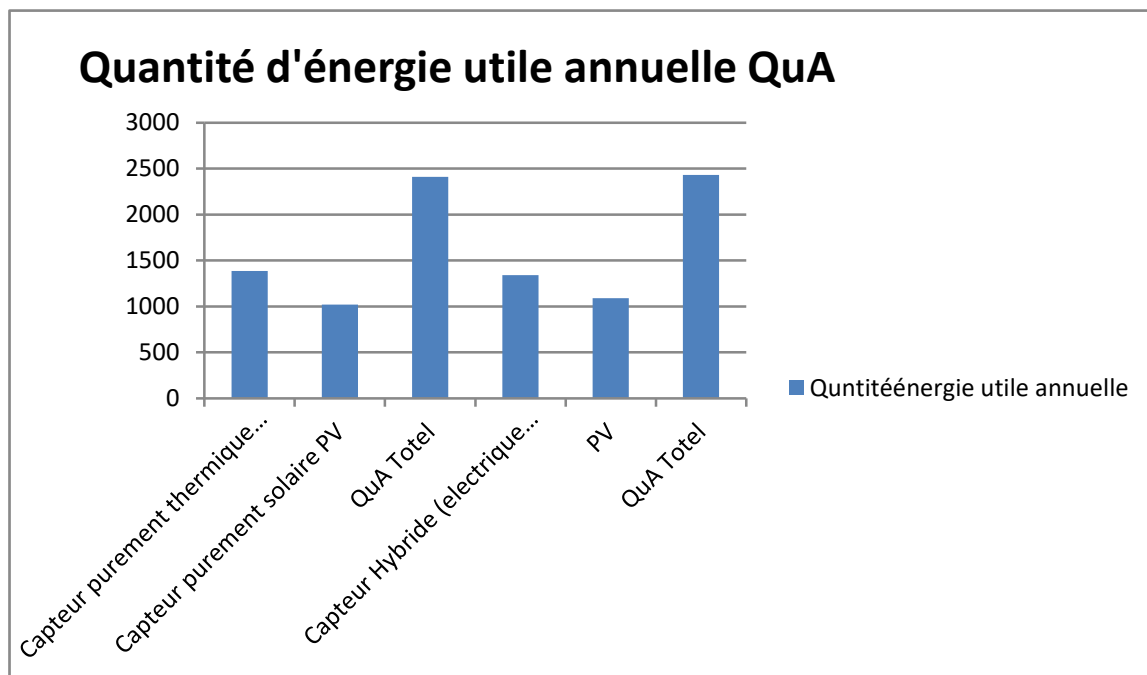


Figure (III.21) : Quantité d'énergie utile annuelle de capteur solaire

En fonction des résultats du tableau (III.2) et figure (III.4) pour constater que la Quantité d'énergie utile annuelle de capteur solaire entre (1022 à 1339,55) et à travers eux, nous avons remarqué que le PV-T et PV ils sont mieux en termes de quantité de production d'énergie d'utiles

III.7. Dépense énergétique annuelle

Si on utilisait un chauffage électrique pour chauffer la même quantité d'air, on aurait les résultats suivants :

Tableau (III.2) Dépense énergétique annuelle

Types de Capteur	Capteur purement thermique(T)	Capteur purement solaire PV	Capteur hybride)électrique et thermique(
			T	PV
Dépense énergétique annuelle DA	5797.66	4271.96	5599.319	4561.843

III.8. Etude économique des capteurs solaires utilisés :

C'est une question d'évaluation économique d'un capteur solaire expérimenté, cette évaluation y compris une étude de la productivité de ces capteurs, nous utiliserons les résultats et calcul économique régulé selon les lois du marché. La principale caractéristique d'un système économique est la valeur l'argent ne s'économise pas avec le temps. De plus, les différents coûts varieront selon temps, notamment en termes d'offre et de demande, mais aussi en en termes de pénurie ou ressources abondants ou progrès technologique, modèle économique utilisé le cadre de ce travail permet de considérer dans une certaine mesure ces différents paramètres. Les informations recherchées sont des données économiques pour les capteurs solaires.

L'estimation de leur coût total passe par le calcul de coût de chaque élément (prix de vente de matériel ; tôle ; verre ; isolant...exc.). Les tableaux (III.3) et (III.4) donnent les types des matériaux utilisés et les quantités nécessaires pour la confection du système.

Tableau(III.3) : Prix Unitaires des matériaux constituant système

Constituant	Matériaux	Prix Unitaire
Vitrage	Verre	900DA/ m2
Coffre	Acier galvanise	3000DA /m2
Absorbeur	Aluminium	3200DA/m2
Isolant	Polystyrène	800DA/m2

Tableau (III.4) Coût du capteur thermique

Les Constituant	Matériaux	Surface/Poids	Prix
Les Vitrage	Verre	0,55m2	500DA
Coffre	Acier galvanisé	50×100 cm	3000DA
Absorbeur	Aluminium	50×100 cm	3200DA
Isolant	Polystyrène	5cm	800DA
Accessoires	Peinture noire mat	250g	400DA
	Silicone liquide	Unité 3	850DA
Prix de Construction	/	/	3000DA
Prix Total	/	/	11750DA

Il a été constaté que Le coût du capteur thermique est de 11750 DA, ce coût est estimé sur la base des données du marché algérien

Tableau (III. 5) Coût du Capteur PV/T

Les Constituant	Matériaux	Surface/Poids	Prix
Coffre	Acier galvanisé	50×100 cm	3000DA
Absorbeur	Aluminium	50×100 cm	3200DA
Isolant	Polystyrène	5cm	800DA
Accessoires	Peinture noir mate	250g	400DA
	Silicone liquide	3 Unité	850DA
Panneau PV	/	/	13000DA
Prix de Construction	/	/	3000DA
Prix Total	/	/	24250DA

Il a été constaté que Le coût du capteur PV/T est estimé à 24250 DA, et ce coût est estimé augmenter et diminuer en fonction de données du marché algérien

(Tableau(III.6) : Prix du Capteur Solaire (DA)

Type de capteur	Prix du Capteur Solaire (DA)	
Capteur purement thermique(T)	11750= Prix PV/T - Prix PV + Prix vitrage (500DA)	
Capteur purement solaire PV	13000 = Prix PV	
Capteur hybride (électrique et thermique)	T	11250= Prix PV/T - Prix PV
	PV	13000= Prix PV

III.9. Les Calculs économiques :

Analyse de Coût unitaire de l'énergie produite Le coût unitaire d'un kilo watt - heure de l'énergie produite est exprimé :

Où

$Q u A$: Quantité d'énergie utile annuelle produite

$$C_u = \frac{CAT}{QuA} \quad (III.1)$$

Tableau (III.7) Effet de divers paramètres sur prix unitaire de produit (DA/kWh)

Type de Capteur		CC	FRC	FAF	CAI	VAA	CAME	CAT	QuA	Cu
Purement thermique(T)		11750	0,096	0,046	1128	81,07	587,5	1634,43	1387	1.17
Purement solaire PV		13000	0,096	0,046	1248	89,7	650	1808,3	1022	1.77
Capteur Hybride	T	11250	0,096	0,046	1100	79.01	560.2	1581.19	1339.55	1.18
	PV	13000	0,096	0,046	1248	89,7	650	1808,3	1091.35	1.65

Dans le Tableau (III.6) Effet de divers paramètres sur prix unitaire de produit on représente les valeurs du capital

‘ CC ’ Coût du système

‘ FRC ’ le facteur de recouvrement du capital

‘ FAF ’ le facteur d’amortissement de fond

‘ CAI ’ le coût annuel d’investissement

‘ VAA ’ la valeur d’amortissement

‘ CAME ’ le coût annuel de maintenance et d’exploitation

‘CAT’ le coût annuel total

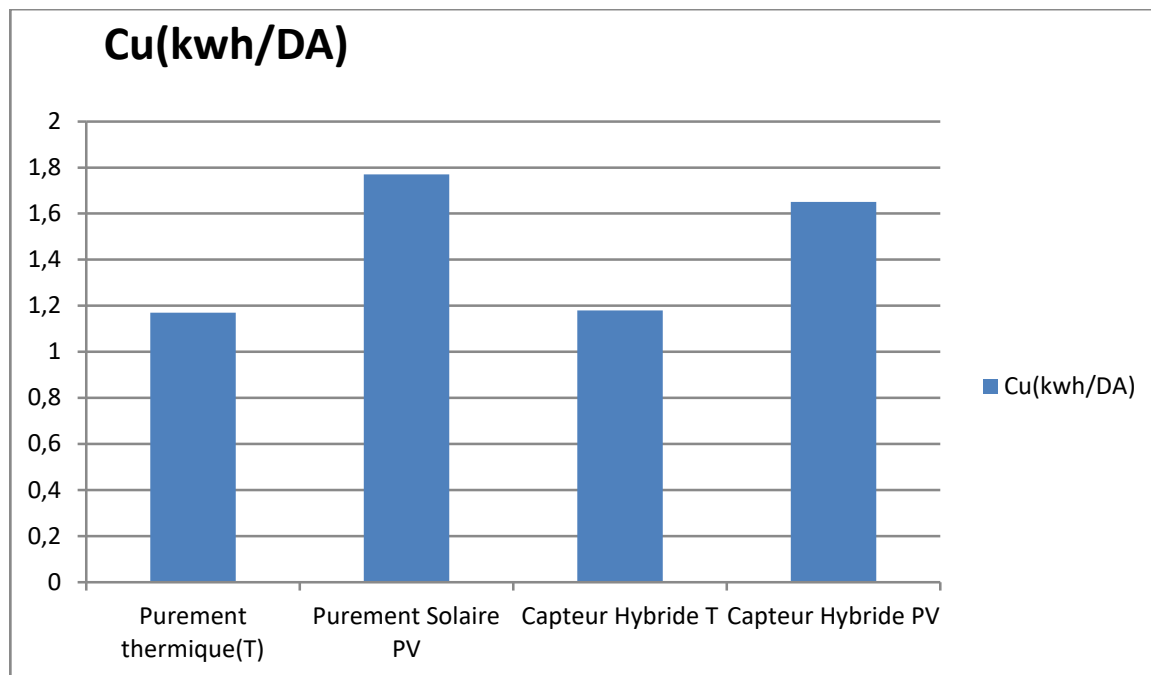


Figure (III.21) : Coût Unitaire de l'énergie Production par les Capteurs solaire

La figure (III.21) montre l'histogramme du coût unitaire d'un kilo-watt-heure de l'énergie produite par les différents types de capteurs solaires utilisés. On basons sur les résultats du tableau(III.7)et du figure(III.21)nous constatons que le prix unitaire d'un kilo-watt-heure de l'énergie produite est varié entre 1,17 à 1,77 dinar algerienne, il est fonction de types du capteur solaire utilisée. Le coût réel de production d'électricité à partir d'énergie fossile(Gaz naturel) est environ de 12 DA/kwh.Ainsi,nous avons remarqué que e coût réel de production et le projet rentable.Dans ces conditions,l'énergie solaire est utilisée pour produire un bon air chaud économique .

III.10. Retour d'investissement :

Le retour de l'investissement c'est le temps nécessaire pour que la somme des bénéfices nets annuels réalisés soit égale au montant de l'investissement initial.

Tableau (III.8) Retour Sur investissement

Types de Capture Solaire		Dépense énergétique annuelle (DA)	Prix du Capteur Solaire (DA)	Retour Sur investissement (ans)
Capteur purement thermique(T)		5797.66	11750	2.02
Capteur purement solaire PV		4271.96	13000	3.04
Capteur hybride (électrique et thermique)	T	5599.319	11250	2.00
	PV	4561.843	13000	2.85

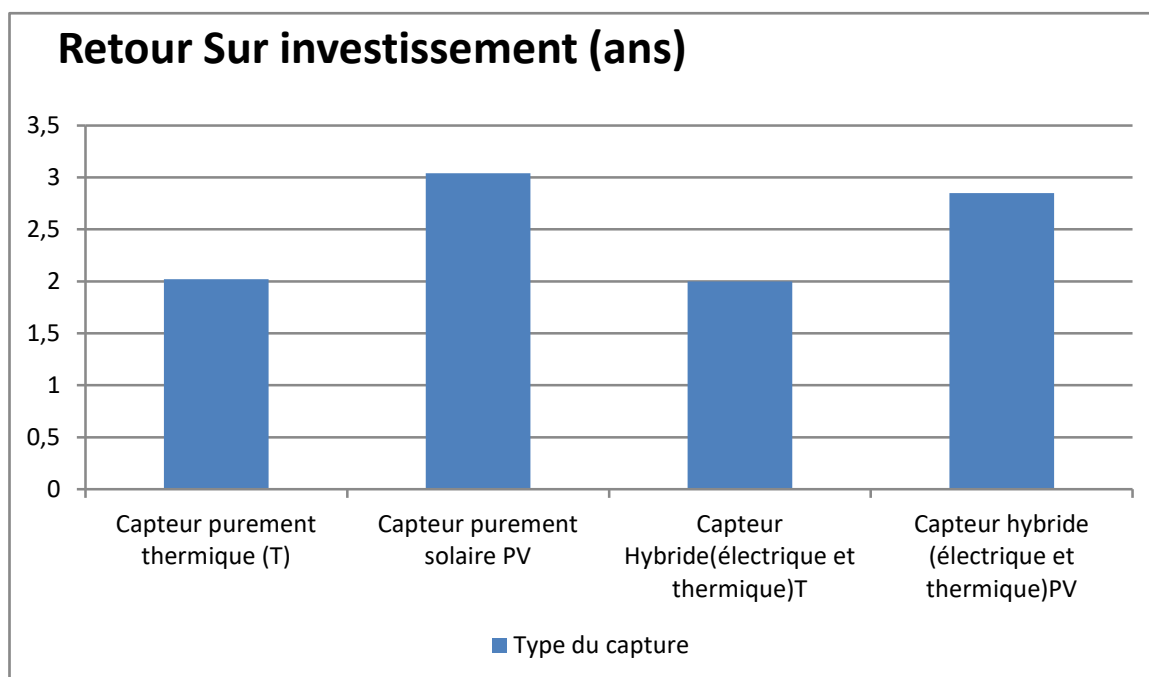


Figure (III.21) : Différent temps d'investissement

Dans ce cas, le délai de récupération est entre (2 à 3,04 ans) . Par rapport à la durée de vie du capteur estimée à environ 15 ans , d'où l'intérêt d'utiliser ce type de capteur. L'approche de conception de système de chauffage solaire doit être optimisée de deux manières perspectives technique et économiques .

III.11. Etude environnemental :

La méthode est basée sur le principe simple de diviser les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) Production d'énergie donnée. La teneur moyenne en CO₂ de la production peut être calculée en divisant les émissions totales de CO₂ provenant de la production d'électricité et de la production nette d'électricité. La teneur moyenne en CO₂ de la production d'électricité en Algérie est de 0,66420926 kg CO₂/kwh. La quantité de CO₂ (mco₂) est déterminée par l'expression suivante :

$$m_{CO_2} = Q_{uA} \times 0,66420926$$

Tableau(III.9) : La Quantité de CO₂ dans les Capteur solaire

Type de Capteur		Q _{uA} en (kWh/ans)	Quantité CO ₂ (kg/ans)
Capteur purement thermique(T)		1387	921.25
Capteur purement solaire PV		1022	678.82
Capteur hybride (électrique et thermique)	T	1339.55	889.74
	PV	1091.35	724.98

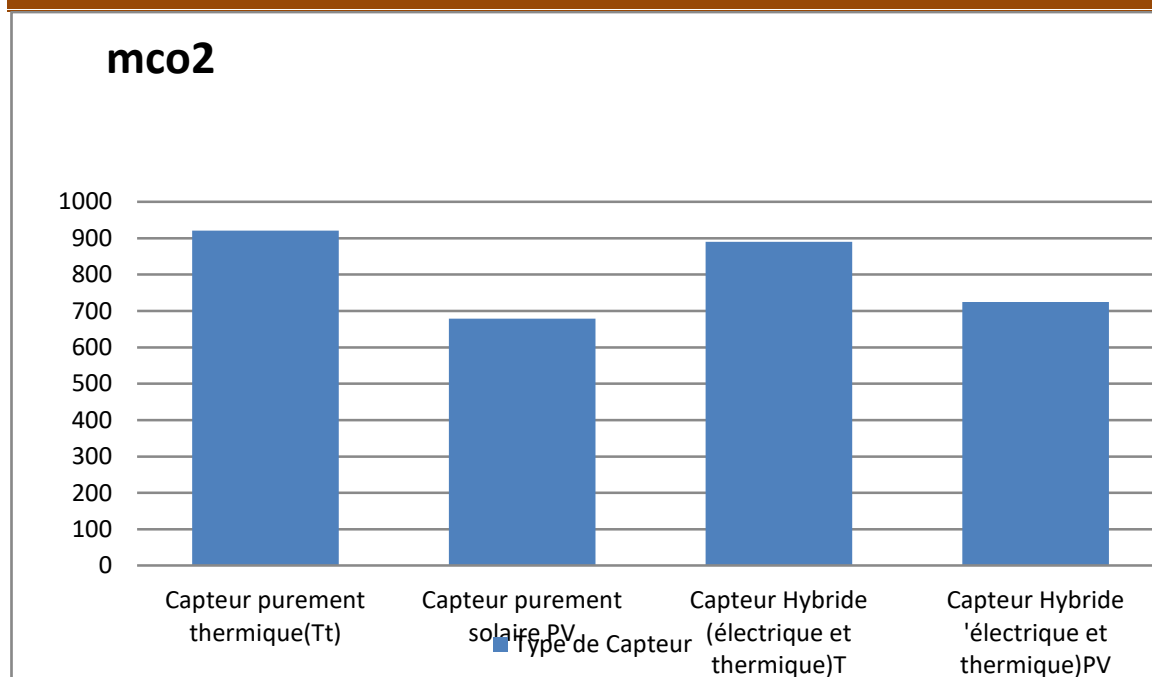


Figure (III.22) : Quantité de CO2 du capteur solaire

Cette courbe montre la variation de quantité de CO2 en fonction de capteur solaire en a remarque que quand en utilise le capture thermique tout seule la quantité de CO2 moins que le capteur PV-T et PV et d'après nous résultats nous constatons que le capteur PV-T , PV efficace par rapport l'autre capteur thermique dans la diminution de quantité de CO2



Conclusion

Conclusion :

Dans travail nous avons fait la construction de deux prototype des capteur solaire le capteur hybride **PV-T** et la capteur thermique **T** pour faire l'étude technico-économique et environnementale de capture hybride.

On se basons sur les résultats on point de vue économique unitaire d'un kilo wathheure de l'énergie produit est variée entre 2.68à 4.38 dinar algérienne, il est fonction de type capteur utilisée.

Le cout de production d'électricité à partir d'énergie fossile (gaz naturel) est environ de 4.17 da /kWh il est bien clair que le cout unitaire est loin du cout réel de production et le cout est réel de production et le projet est rentable.

On point de vue environnementale, l'énergie fossile augmente et donc la production de carbone diminue est grâce à notre étude nous avons constatons que nous pouvons ne débarrassez de 521.9 production annuel de CO_2 .

Les résultats obtenu montrent que le capture hybride **PV-T** constitue une bonne solution aux capteur **PV-T** et aux capteur thermique< séparées utilisée est un système complet pour l'alimentation en énergie électrique.



Références bibliographies

[1] kamel ait cherif, “les enjeux et les défis de la transition énergétique en algérie” .

Algerie-eco.21mars 2017.

[2] khelifa abdelkrim, « contribution à la conception et modélisation d’un capteur solaire hybride photovoltaïque thermique PVT » université hadj lakhder de batna département des sciences de la matière, 22/01/2017.

[3] J. Royer et T. Djiako et E. Schiler, B. Sadasy. “ Le pompage photovoltaïque”, université d'Ottawa, 1998.

[4] I.HACHMI et B.BOUROUIS ; Modélisation d’un capteur photovoltaïque/thermique
Mémoire de Master, Université de kasdi Marbah Ouargla (2018)

[5] N. CHALAL ; Etude d’un séchoir solaire fonctionnant en mode direct et indirect.

Mémoire de Magister, Université Mentouri Constantine (2007).

[6] ben.mahjoub étude comparative dans les capteurs solaires plans à air . university kasdi merbah ouargla.

[7] A.BAHADJ ; Etude expérimentale de séchage solaire de pomme de terre ,Mémoire Master, Université de kasdi Merbah Ouargla (2014)

[8] N .Nadir, Recherche des conditions optimales de fonctionnement d’un séchoir solaire. Mémoire de magister, université Kasdi Merbah Ouargla(2009).

[9] h. ben cheikh.M.ould sidi med et y.draoui .conception et réalisation d’un séchoir solaire indirect opérant en mode convectif, mémoire d’ingénieur université de kasdi merbah ouargla.

[10] BEN.MAHJOUB. étude comparative dans les capteurs solaires plans à air . university kasdi merbah ouargla.

[11] www.futura-science.com

[12] livre « guide des captures solaires

[13] [www.kartable .fr](http://www.kartable.fr)

[14] CH.BENBOUZA ; Production et performance des capteurs Hybrides (PV/T) à eau intégrés dans la bâtiment-cas de l'Algérie, Mémoire de Magistère(2014)

[15]MT.BAISSI,K.TOUFEK,I.TABET,A.KHLEIFA ;Conception d'un capteur solaire (Hybride photovoltaïque thermique (système-thermosiphon)

[16] Z.CHIBI ; Effet du refroidissement sur les performances des panneaux PV, Mémoire de Master, Université de Tlemcen (2016)

[17]siaka toure, « les applications du solaire thermique basse température », l'aboratoire d'énergie solaire, université félix houphouet-boigny abidjan cocody cote d'voire, 25-27 juin 2015ouagadougou.

[18] étude expérimentale du séchage .solaire de la pâte de tomate dans un séchoir direct

[19] N .Nadir, Recherche des conditions optimales de fonctionnement d'un séchoir solaire. Mémoire de magister, université Kasdi Merbah Ouargla(2009).

[20] S.A.Kalogirou, Solar Energy Engineering,2009. Academic Press,

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374501-9.X0001-5>

[21] M .Lati, Valorisation de la pomme de terre de la région d'El oued par le procédé de séchage solaire Thèse de Doctorat, Université de Kasdi Merbah Ouargla (2019).

[22] S. BOUGHALI; étude et optimisation du séchage solaire des produits agro-alimentaires dans les zones ARIDES et DESERTIQUE, Thèse de Doctorat en sciences en Génie Mécanique (2010).

[23] M. Ben Alia, Etude Comparative dans les Capteurs solaires plans à air, Mémoire de Master, Université de Ouargla, 2012.

[24] E.A.TOUHRIA ; Etude technico-économique et environnemental des capteurs solaire à différents types des isolants thermique

[25] M.Tamali, A.Allali, M .Rahli, Economie de l'énergie(situation en Algérie),L'optimisation énergétique d'un réseau électrique par l'intégration d'une ressource renouvelable :Cas d'étude :ADE-Adrar.200 Références
