

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد -

تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

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

En : génie mécanique

Spécialité : énergie renouvelable

Par : ABDELLI Zakaria

Sujet

Recherche expérimentale sur les capteurs solaires thermiques

Soutenu publiquement, le 29/06/2022 , devant le jury composé de :

Mr.SELADJI Chakib

Mr.ALIANE Khaled

Mr.BENMANSOUR Abdelkrim

Mr.ROSTANE Ibrahim

Pr

Pr

MCB

MCA

Université de Tlemcen

Université de Tlemcen

Université de Tlemcen

Université de Tlemcen

Président

Examinateur

Encadreur

Co-Encadreur

Année universitaire : 2021 /2022

Remerciements

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mes encadrants Mr BENMANSOR ABDELKRIM et Mr ROSTANE pour avoir accepté la charge de m'encadrer, me guider et m'orienter tout au long de ce travail. Je leur remercie pour toutes les heures qu'ils ont consacrées pour l'accomplissement de ce mémoire. Je tiens à exprimer également ma profonde gratitude pour leurs qualités pédagogiques et scientifiques, leur confiance, leur patience, leur disponibilité, leur sympathie et leur gentillesse inestimable, qui m'ont permis de travailler dans les meilleures conditions. C'était vraiment un très grand plaisir de travailler avec vous, grâce à votre approche respectueuse de la personne humaine, je me suis continuellement senti à l'aise. J'exprime ma gratitude au chef de département de génie mécanique ainsi toute l'équipe d'enseignants de la faculté de technologie. Je souhaite témoigner ma profonde reconnaissance à Monsieur SELADJI Chakib, pour avoir aimablement accepté de participer à ce jury et examiner ce travail.

Je remercie également Monsieur ALIANE Khaled d'avoir accepté de siéger parmi les membres de jury. Et enfin je remercie toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail de près ou de loin et je m'excuse auprès des personnes que j'aurais pu oublier...

Dédicaces

Je dédie cet événement marquant de ma vie à la mémoire de mon père disparu trop tôt. C'est un geste d'un fils qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse dieu, le tout puissant l'avoir dans son vaste paradis.

A ma chère mère qui a sacrifiée son temps, son argent et sa force pour que je ne manque de rien, qui a tant sacrifiée pour m'offrir le meilleur, je ne te remercierai jamais assez, je te dédie le fruit de mes 18 ans d'études.

À ma grande mère qui est une source inépuisable de bonheur e d'optimisme, mon frère Salah Eddine et sa femme Imene, mes chères sœurs Meriem et Waffa, a Titi, Achraf et Ismail. Mes neveux Zineb, Younes, Yassine et Lina sans oublier Mario et tout ma famille.

Mes amis ou disant mes frères Sofiane, Mohamed, Yassine, Anes ... et a tous mes amis et les personnes qui m'ont soutenu de loin ou de près, a Meriem ma complice qui a été la toujours dans les jours de joie comme dans les jours de tristesse.

Résumé

La transition énergétique est devenue importante pour préserver la planète et pour couvrir nos besoins énergétiques. Les énergies renouvelables sont devenues le centre de la recherche scientifique. Ce travail a pour but d'avoir une idée sur l'influence des différents types d'absorbeur dans les capteurs solaires plans vitrés plus précisément. Pour étudier comment augmenter le rendement pour couvrir nos besoins et savoir quels paramètres d'absorbeur à choisir. Il présente les résultats d'une expérience pour mesurer le rendement et des capteurs solaires avec différents paramètres physique et optique, conçu au sein du laboratoire des énergies renouvelables de la faculté de technologie Abou Bakr Belkaied. Quatre capteurs avec des différents absorbeurs mais les mêmes isolations et les mêmes dimensions sont mises au même rayonnement a la même distance. L'expérience consiste à mesurer la température à un intervalle de temps précise. C'est une étude comparative et les résultats obtenus ont montré l'utilité du choix d'épaisseur et de la couleur noir qui présente un avantage pour augmenter le rendement.

Abstract

Renewable energy have become necessary nowadays because of the pollution caused of the energy produced from oil and gas, this why the scientifique research are more focused on how to increase performance of the clean energy.

This work aims to have an idea about renewable energies generally and glazed flat solar collectors precisely. It presents the results of an experiment for the sake of measuring the yield and absorptivity of solar collectors with different absorption parameters, designed within the laboratory of renewable energies of the faculty of technology Abou Bakr Belkaid. Four collectors with different absorbers but the same insulations and dimensions are set to the same radiation at the same distance. The experiment involves the sake of measuring the temperature at a specific time interval. It is a comparative study and the results obtained showed the usefulness of the choice of thickness and of the black color which has an advantage in increasing the yield.

ملخص

هذا العمل يهدف إلى إعطاء لمحة عامة حول الطاقات المتجددة وخاصة المجمعات الضوئية الحرارية، انه يقدم لنا مجموعة من النتائج المحصل عليها من خلال التجارب التي قمنا بها في مخابر كلية التكنولوجيا بجامعة ابو بكر بالقائد، لمعرفة مدى تأثير اختلاف مزايا اللاقطات الحرارية على فعالية المجمعات الضوئية الحرارية المزودة بعازل زجاجي، حيث تم استخدام أربعة لاقطات حرارية مختلفة الشكل؛ اللون والسمك مع الحفاظ على نفس ظروف التجربة من إشعاع، بعد مصدر الإشعاع وزمن أخذ النتائج. نتائج هذه الدراسة تؤدي لاختيار اللون على الفضي والاقل سمكا على حساب الأكثر سمكا.

Table des matières

Résumé.....	4
Abstract.....	5
ملخص.....	6
Problématique :	2
Objectifs initiaux :	2
Organisation du mémoire	2
Introduction aux énergies renouvelables :	4
I.1. Les types des énergies renouvelables :	4
I.1.1. L'Énergie hydraulique :	4
I.1.2. L'énergie éolienne :	7
I.1.3. L'énergie géothermique :	9
I.1.4. L'énergie de la biomasse :	11
I.1.5. Les énergies marines :	13
I.1.6. L'énergie solaire :	14
Les contraintes des énergies renouvelables :	15
Les avantages des énergies renouvelables :	16
I.2. Les inconvénients des énergies renouvelables :	17
I.3. Conclusion premier chapitre :	17
II. Capteurs solaires :	20
II.1. Introduction :	20
II.2. Les capteurs solaires thermiques :	20
II.3. Les capteurs solaires photovoltaïques :	21
II.4. Intégration dans l'habitat :	22
II.5. Support d'installation :	23
II.6. Conclusion.....	24
III. Capteurs plan	25
III.1. Introduction :	25
III.2. Le principe de fonctionnement :	25
III.3. Les composants d'un capteur plan vitré :	26
III.3.1. Le vitrage :	27
III.3.2. L'absorbeur :	28
Le fluide caloporteur :	31
III.3.4. Le cadre :	32
III.4. Les phénomènes physiques d'un capteur solaire plan vitré :	33
III.5. Notions sur les bilans thermiques :	34

III.6. Conclusion :	42
IV. Recherche expérimentale	44
IV.1. Introduction :	44
IV.2. Fonctionnement du dispositif expérimental :	44
IV.3. Caractéristiques du capteur solaire expérimental :	45
IV.3.1. Le capteur solaire :	45
IV.3.2. Les absorbeurs :	45
IV.3.3. Capteurs de température :	46
IV.4. L'expérience :	47
IV.5. Résultats et interprétation :	50
IV.5.1 Résultats :	50
IV.5.2. Calcul des rendements :	57
1 ^{er} cas : plaque noir mince :	57
2 ^{eme} cas : plaque en zigzag	58
3 ^{eme} cas : plaque épaisse en noir :	58
4 ^{eme} cas : plaque mince grise :	58
IV.5.3. Interprétation des résultats :	59

Liste des tableaux

Tableau 1: généralités sur l'énergie hydraulique.....	6
Tableau 2 : comparatif des différentes énergies marines	14
Tableau 3 : caractéristiques de différents matériaux	28
Tableau 4 : Propriétés des surfaces sélectives	29
Tableau 5 : les températures de l'absorbeur 1	51
Tableau 6 : les températures de l'absorbeur 2.....	53
Tableau 7 : les températures de l'absorbeur 3.....	55
Tableau 8 : les températures de l'absorbeur 4.....	56

Liste des figures

Figure 1 : centrale au fil de l'eau [1]	5
Figure 2: principe de fonctionnement d'une centrale hydraulique [2]	6
Figure 3: principe de la production électrique à partir d'une éolienne [3].....	7
Figure 4: Les éoliennes onshore [4]	8
Figure 5: Les éoliennes offshores [5]	8
Figure 6 : réseau de chaleur urbain [6].....	10
Figure 7 : méthode de fonctionnement de la géothermie [7].....	10
Figure 8 : Voies de valorisation de la biomasse [8]	12
Figure 9 : Ferme solaire [9].....	15
Figure 10: schéma regroupant les énergies renouvelables [11].....	18
Figure 11: Capteur solaire a air [12].....	21
Figure 12 : Schéma de fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque [13].....	22
Figure 13 : Exemple ; intégration des panneaux solaires sur une toiture [14]	23
Figure 14 : structure porteuse de panneau solaire sur terre [15].....	24
Figure 15 : capteur sans vitre [16].....	26
Figure 16 : émissivité du vitrage [17].....	27
Figure 17 : absorbeur film d'eau [18].....	30
Figure 18 : Absorbeur tube S [19].....	30
Figure 19 : Absorbeur montage Tickelman [20]	31
Figure 20 : cadre fabriqué pour la partie expérimental	32
Figure 21 : schéma du capteur solaire plan thermique utilisé	33
Figure 22 : Les phénomènes physiques dans un capteur plan vitré [21]	34
Figure 23 : Capteurs de type K utilisé au cours de l'expérience.....	47
Figure 24 : l'expérience	47
Figure 25 : l'emplacement des capteurs sur l'absorbeur.....	48
Figure 26 : l'emplacement des capteurs de températures sur la face avant du capteur solaire	48
Figure 27 : Emplacement des capteurs de température dans l'absorbeur	49
Figure 28: Emplacement des capteurs de température à l'extérieur du capteur solaire	49
Figure 29 : la plaque du premier absorbeur.....	50
Figure 30 : l'expérience avec le premier absorbeur	50
Figure 31 : la courbe de changement de température de l'absorbeur 1.....	51
Figure 32 : Absorbeur2 plaque mince plane grise.....	52
Figure 33 : l'expérience avec le 2eme absorbeur	52
Figure 34: la courbe de changement de température de l'absorbeur 2.....	53
Figure 35 : Absorbeur 3 plaque noir plane épaisse	54
Figure 36 : la courbe de changement de température de l'absorbeur 3.....	55
Figure 37 : Absorbeur 4 plaque noir en zigzag	56
Figure 38 : : la courbe de changement de température de l'absorbeur 3	57
Figure 39 : graphe des rendements de chaque absorbeur	58

Nomenclature

A	surface de captation de l'isolateur plan à air	m^2
e	épaisseur de la veine d'air mobile	cm
H_{cp}	coefficient de transfert conductif dans la paroi isolante du capteur	$w/m^2 k$
H_{rc}	coefficient de transfert radiatif entre la vitre du capteur et la voute céleste	$w/m^2 k$
h_{rnAl}	coefficient de transfert radiatif entre l'absorbeur et la plaque d'aluminium	$w/m^2 k$
h_{rnv}	coefficient de transfert radiatif entre l'absorbeur et la vitre	$w/m^2 k$
h_{rnv}	coefficient de transfert convectif entre la plaque d'aluminium et l'air	$w/m^2 k$
h_w	coefficient de transfert convectif du au vent	$w/m^2 k$
h_{Vnat}	coefficient de perte par conduction-convection naturelle entre absorbeur et vitre	$w/m^2 k$
l	largeur du capteur plan à air	cm
L	longueur du capteur plan à air	cm
\dot{m}	débit d'air massique	kg/s
Q_u	quantité de chaleur utile récupérée par l'isolateur	w/m^2
Q_P	quantité de chaleur perdue par l'isolateur	w/m^2
Q_{P1}	quantité de chaleur perdue par à l'avant de l'isolateur	w/m^2
Q_s	quantité de chaleur stockée	w/m^2
T_a	température ambiante	$^{\circ}C$
U_b	coefficient de perte thermique à l'arrière de l'absorbeur	$w/m^2 k$
U_L	coefficient global de perte thermique entre l'absorbeur et l'air ambiant	$w/m^2 k$
U_t	coefficient de perte thermique à l'avant de l'absorbeur	$w/m^2 k$
U_{t1}	coefficient de perte thermique à l'avant de la vitre	$w/m^2 k$

Lettres grecques

β	angle d'inclinaison du capteur
ϵ	porosité apparente du lit de particules
α	coefficient d'absorptivité de l'absorbeur
α_v	coefficient d'absorptivité de la vitre

le rapport de la luminance du corps réel sur la luminance du corps

τ_v	coefficient de transmittivité du vitrage	w/m^2
Φ_g	flux global reçu par le capteur plan à air	w/m.k
λ_f	conductibilité de l'air à l'instant	kg/ms
μ_f	viscosité cinématique de l'air à l'instant	m^2/s
ρ	masse volumique l'air à l'instant	kg/m^3
C_p	capacité calorifique de l'air	J/kg.k
η	rendement thermique du capteur plan à air	%
σ	constante de Stephan – Boltzmann	$\text{w/m}^2 \text{ k}^4$

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Dès la nuit des temps, l'homme ; pour se chauffer, éclaircir ses nuits et cuir sa nourriture a utilisé le bois comme une première source d'énergie, puis c'était au tour des animaux domestiques qui étaient utilisés dans le transport des ressources et traçage des charrues et faire tourner les moulins, ensuite il a créé le premier bateau à voile pour le transport ainsi que les moulins à vent pour mouliner le grain grâce à l'énergie éolienne .

Vers Le 18 e siècle plus exactement en 1720, c'était la découverte de charbon dans une pâture à Fresnes sur Escaut après plusieurs recherches mené par un ingénieur et un industriel. Le charbon c'est une roche sédimentaire et le résultat de la dégradation de la matière organique il assure les besoins énergétiques et à l'époque a permis le fonctionnement des machines et le développement de l'industrie, en 2015 le charbon était la 1ere source utilisée pour produire l'électricité (assure 35% de l'électricité mondiale), il est le fossile le plus facile à transporter stocker et surtout le moins chers.

Vers le début du 20 e siècle le monde a commencé à utiliser le gaz qui est la 3ème source d'énergie et le pétrole (Assure plus de 30 % des besoins énergétique mondial)

Donc Depuis toujours l'énergie était nécessaire pour l'être humain, et avec l'évolution et le développement de jours en jours, elle est devenue plus importante et indispensable.

Mais vu que rien n'est obtenu sans un prix à payé ; ce sont toutes des énergies non renouvelables très limitées donc épuisables au fil du temps, écologiquement polluantes et qui ont un impact sur l'échauffement climatique.

Problématique :

Nous vivons actuellement dans un monde où la technologie est vitale pour la vie quotidienne, On n'en peut pas s'en passer d'elle pour vivre, mais pour l'utiliser il faut d'abord une énergie pour la faire tourner et c'est l'électricité.

L'électricité est généralement produite par un générateur électromécanique alimenté par de la vapeur issue de la combustion de combustibles fossiles et de la chaleur dégagée par des réactions nucléaires. Mais vu les enjeux sociopolitiques et environnementales ; l'homme s'est dirigé vers des énergies plus écologiques et qui dépendent de sources d'énergie naturelles et renouvelables.

Alors peut-on relever le défi et tourner la page des énergies fossiles ?

Objectifs initiaux :

Etude détaillée d'un capteur solaire plan.

Etude des différents paramètres influençant sur le rendement d'un capteur solaire plan vitré.

Faire une comparaison entre les paramètres pour avoir une idée sur comment obtenir un meilleur rendement.

Organisation du mémoire

Nous avons organisé notre rapport en quatre grandes parties, chacune comportant un ou plusieurs chapitres traitant un aspect ou une étape du travail effectué :

- **Etat de l'art :** Dans cette partie, nous allons présenter les notions clés ainsi que les concepts théoriques liés à notre projet.
- **Calibration :** Dans cette seconde partie de notre mémoire, nous allons présenter les matériels utilisés dans les expériences ainsi que la calibration des thermocouples et les angles d'inclinaisons.
- **Etude de cas :** Dans la troisième partie de notre mémoire, nous allons présenter les résultats obtenus et faire une comparaison entre les absorbeurs utilisés pour qu'en fin de compte avoir le paramètre majeur pour avoir les meilleurs résultats.

INTRODUCTION GENERALE

- Conclusion générale : Nous allons dans cette partie, présenter la conclusion de notre mémoire, avec les perspectives que nous proposons pour l'évolution et la continuité du projet.

***CHAPITRE 01 : INTRODUCTION AUX
ENERGIES RENOUVELABLES***

Chapitre 01 : Introduction aux énergies renouvelables

Introduction aux énergies renouvelables :

L'énergie renouvelable ; dite énergie propre ou énergie verte ; est une source alternative pour couvrir les besoins énergétiques, elle est répartie dans le monde entier, elle provient généralement de deux grandes sources naturelles, le soleil

« À l'origine du cycle de l'eau ; des marées ; du vent et de la croissance des végétaux et le vent » et la terre « qui dégage de la chaleur »

On provient cette énergie de phénomènes naturels (soleil vent, eau...) elle est aussi dite l'énergie verte.

Bien qu'elle ait été négligée dans le passé ; elle est devenue de plus en plus nécessaire suite aux enjeux climatique et énergétique, l'exploitation de l'énergie verte engendre peu de déchets et moins d'émissions polluantes d'un côté et assure une partie de l'énergie nécessaire pour la vie quotidienne des peuples ; peu importe si les pays ont des ressources naturelles ou non ; vu qu'elle transforme l'énergie provenant du phénomène météorologique et terrestre à une énergie utilisable.

I.1. Les types des énergies renouvelables :

L'énergie renouvelable est divisée en 6 types :

I.1.1. L'Énergie hydraulique :

L'énergie hydraulique provient de tout sort de mouvement d'eau, les centrales hydroélectriques exploitent les courants, chutes, fleuves, rivières et les vagues pour en faire une énergie utile.

L'énergie hydraulique utilise la force cinétique des déplacements de l'eau sous toutes ses formes pour produire de l'énergie, le processus de la production est une manifestation indirecte de l'énergie solaire ainsi que la force de gravité de la lune exercée dans le cycle de l'eau. La pression de l'eau est essentielle dans le processus de production de l'énergie hydraulique ; puisque plus elle augmente ; et plus le mouvement d'eau est important.

L'énergie hydraulique représentait presque 16% de la production mondiale d'électricité en 2018 ce qui fait d'elle la plus grande ressource d'énergie renouvelable.

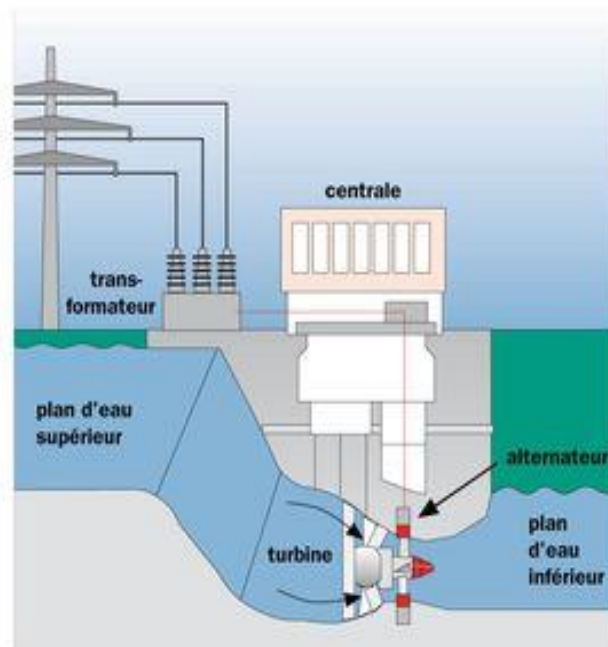
Chapitre 01 : Introduction aux énergies renouvelables

La longévité des centrales hydroélectrique s'étend sur des dizaines d'années qui ce qui est un atout financièrement et écologiquement parlant.

Il existe deux types de centrale :

La centrale «**au fil de l'eau** » : elle utilise le débit des cours d'eau et qui fournit de l'énergie continue. Cette centrale est peu couteuse mais elle dépend des conditions climatiques pour bien fonctionner.

Centrale au fil de l'eau



© AES

Figure 1 : centrale au fil de l'eau [1]

La centrale «**avec barrage**» : l'eau est stockée dans un réservoir et peut être activées en cas de pic de consommation ou un besoin urgent d'un surplus d'énergie. Cette infrastructure est plus couteuse mais elle fournit une énergie d'une façon plus régulière et peut stocker l'énergie.

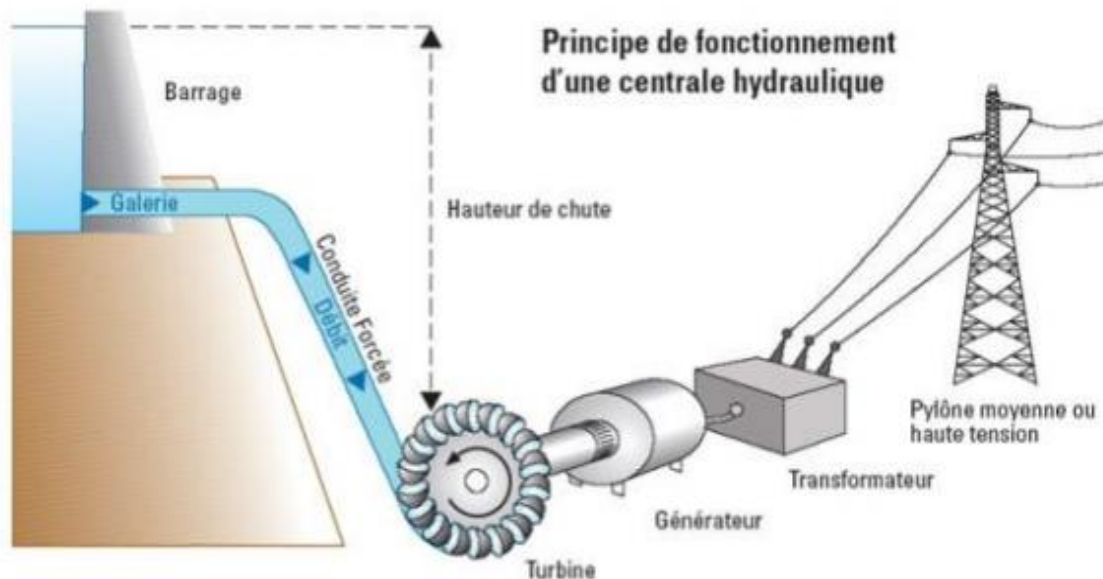


Figure 2: principe de fonctionnement d'une centrale hydraulique [2]

La classification des centrales hydroélectrique est faite par rapport à leurs potentielles :

- ❖ Petite centrale : $P \leq 10000$ kWh
- ❖ Mini centrale : $P \leq 2000$ kWh
- ❖ Microcentrale : $P \leq 500$ kWh
- ❖ Pico centrale : $P \leq 20$ kWh

Tableau 1: généralités sur l'énergie hydraulique

<p>La puissance maximum brute naturellement disponible sur un site est donnée par la formule simplifiée</p> $P = 9,81 QH$ <p>P : puissance (kWh) H : hauteur maximale de la chute (m) Q : debit maximum (m³/s)</p>	<p>La production d'énergie électrique correspondante est alors, compte tenu de différents paramètres, liées à l'épuisement électromécanique et au régime de cours d'eau :</p> $W = P t r$ <p>W : énergie produite (kWh) P : puissance hydraulique (kW) t : durée de fonctionnement (h) r : rendement des équipements électromécaniques</p>
---	---

Chapitre 01 : Introduction aux énergies renouvelables

I.1.2. L'énergie éolienne :

L'énergie éolienne ou l'énergie du vent est l'énergie cinétique des masses d'air qui circulent autour du globe. C'est une forme indirecte de l'énergie solaire : les rayons solaires absorbés dans l'atmosphère entraînent une différence de pression et de température. De ce fait les masses d'air se mettent à circuler et accumulent de l'énergie utile. On peut la transformer et utiliser sous plusieurs formes.

▪ La transformation en énergie mécanique :

Le vent est utilisé pour faire naviguer un voilier par exemple ; faire tourner un moulin ou pour irriguer ou abreuver le bétail.

▪ La production d'énergie électrique :

Le même principe du moulin sauf que la meule du moulin dans ce cas, est couplé à un générateur électrique. Le générateur est relié à un réseau électrique ; à un groupe électrogène ou à un parc de batteries pour stocker l'énergie.

L'énergie du vent est une énergie renouvelable qui n'émet pas de gaz à effet de serre dans la phase d'exploitation.

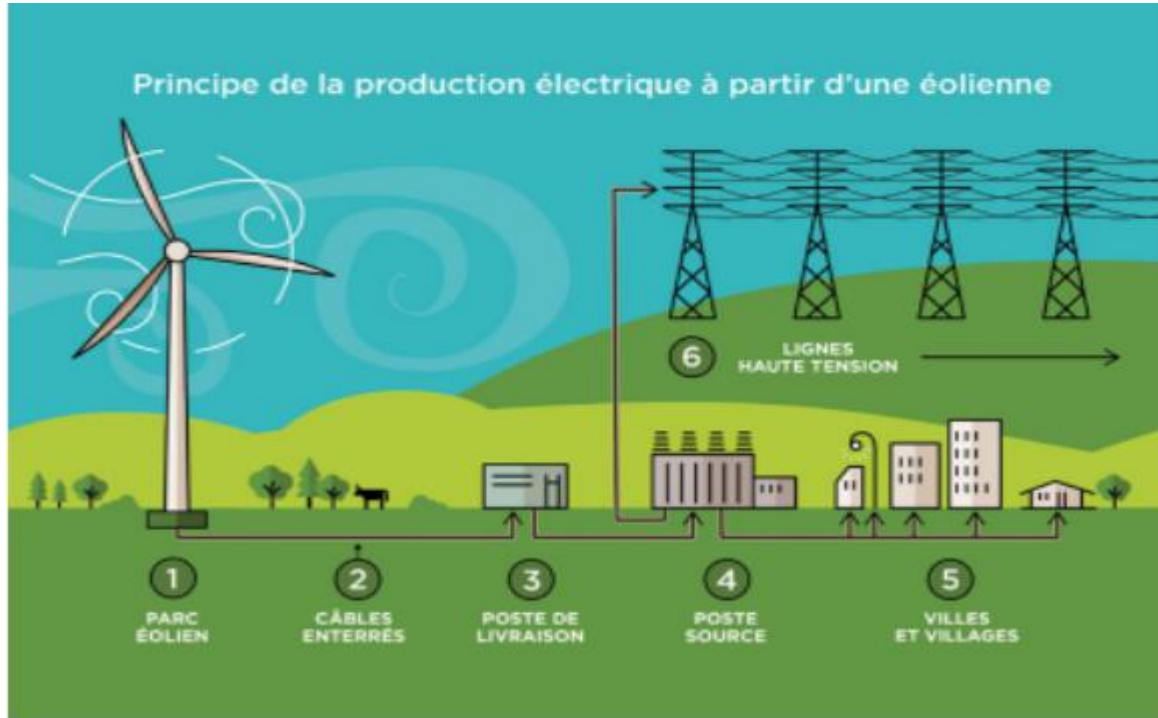


Figure 3: principe de la production électrique à partir d'une éolienne [3]

Chapitre 01 : Introduction aux énergies renouvelables

Il y a deux types d'éolienne :

Les éoliennes dites onshore, ce sont des éoliennes terrestres.



Figure 4: Les éoliennes onshore [4]



Figure 5: Les éoliennes offshore [5]

Les éoliennes offshore, ce sont des éoliennes plantées en mer.

Chapitre 01 : Introduction aux énergies renouvelables

I.1.3. L'énergie géothermique :

L'énergie géothermique veut dire l'extraction et l'exploitation de l'énergie stockée du sous-sol.

La production de l'électricité et la production de la chaleur sont les deux grandes familles de l'utilisation de cette énergie. Le critère de base pour l'énergie géothermique c'est la température, en effet il existe trois filières :

Haute énergie : Si la température dépasse les 150°C.

Moyenne énergie : Si la température est situé aux alentours de 30°C jusqu'à 90°C.

Basse énergie : Si la température est inférieur à 30°C.

Le principe de fonctionnement de l'énergie géothermie est très simple.

La planète dégage de façon naturelle de la chaleur. La température de la terre augmente de 3 degrés chaque 100m environ, donc plus on creuse en direction du centre de la terre plus la température augmente.

Il existe des nappes d'eau chaudes au niveau du sous-sol, Chaque 30 mètres sous le sol la température augmente de 1°C, et dans certaines zones (zones volcaniques) la température augmente de 100°C chaque 100 mètres. Ces régions la sont les plus grands utilisateurs de cette technologie.

Cette chaleur est exploitée ; en passant par une centrale ; pour produire de l'électricité et pour couvrir les besoins en chauffage.

Pour assurer l'utilisation de cette énergie, la centrale doit comprendre 3 composants obligatoires :

- Une pompe
- Un moyen de transport d'énergie (des lignes électrique)

Chapitre 01 : Introduction aux énergies renouvelables

- Une usine de production d'énergie

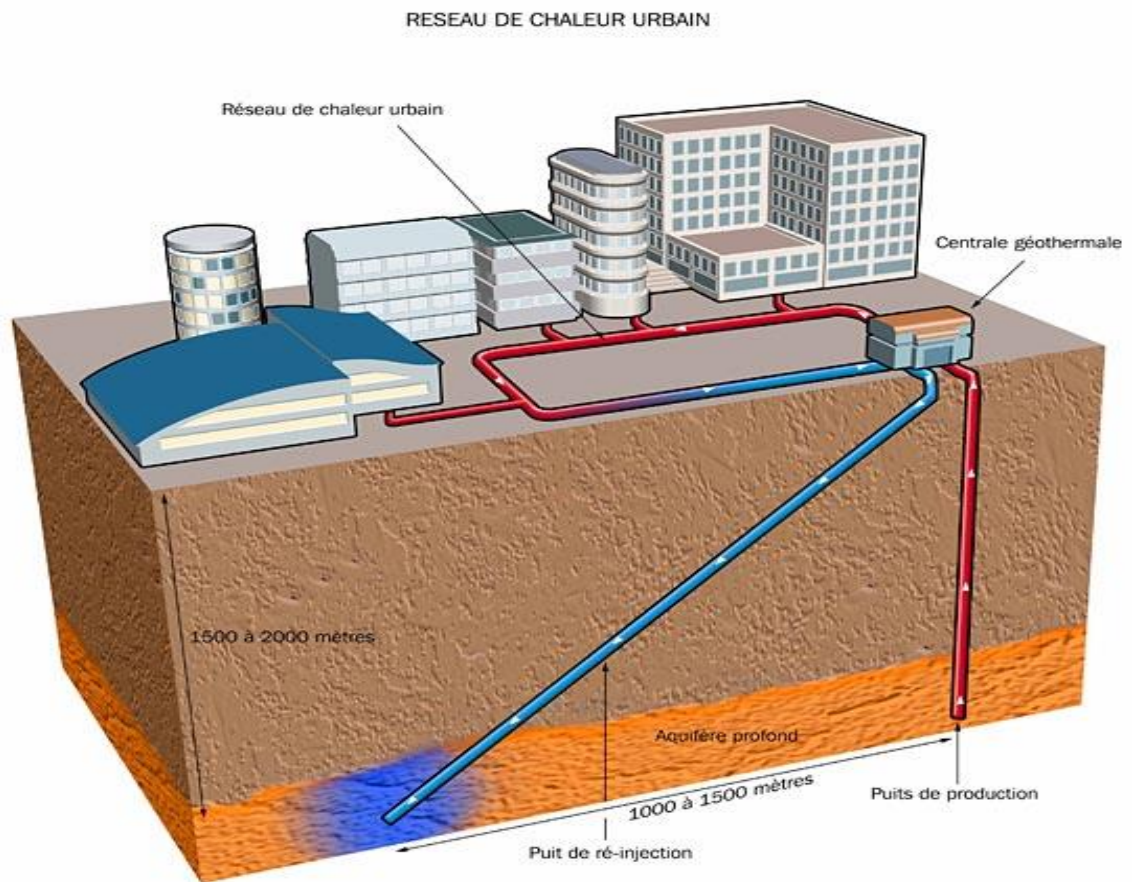


Figure 6 : réseau de chaleur urbain [6]

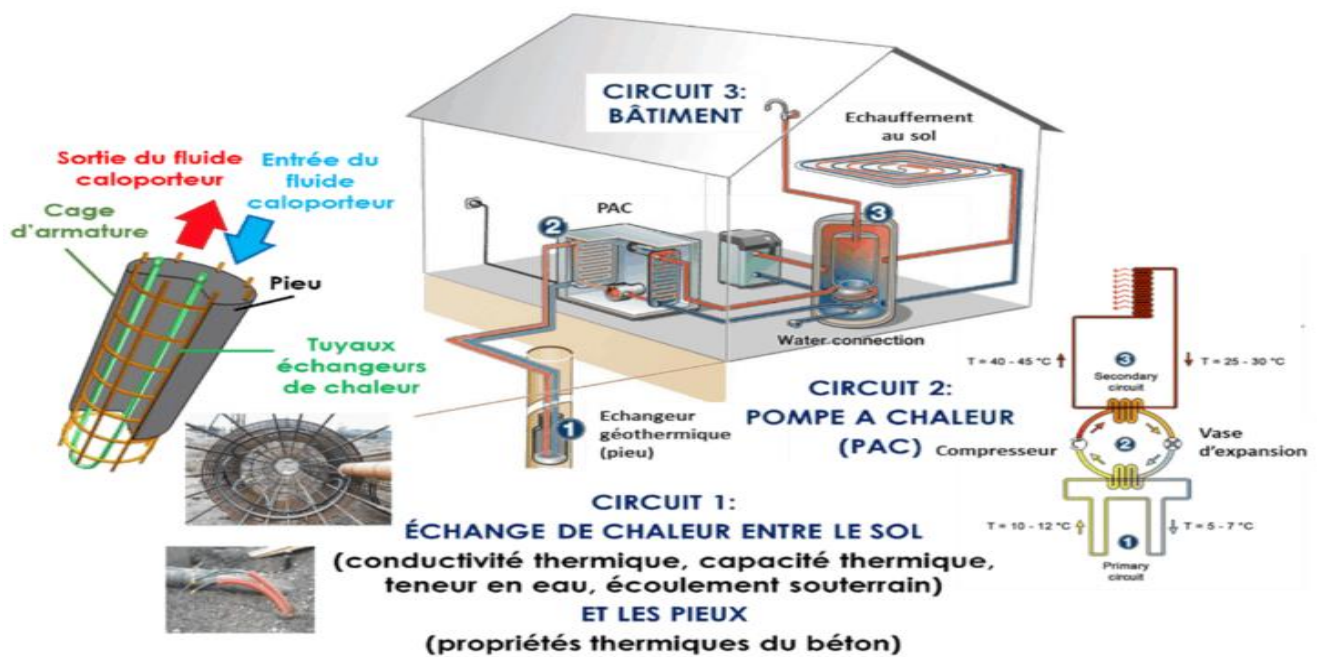


Figure 7 : méthode de fonctionnement de la géothermie [7]

Chapitre 01 : Introduction aux énergies renouvelables

I.1.4. L'énergie de la biomasse :

La biomasse est la transformation de toute matière organique en énergie que ce soit d'origine végétale comme le bois et les feuilles des arbres ; ou d'origine animale comme les êtres vivants sous le sol ou les cadavres des animaux.

Dans la biomasse on trouve trois formes, ces formes ont des caractéristiques physiques très variées :

- Les solides comme les pailles, les copeaux et les bûches
- Les liquides comme l'éthanol et les huiles végétales
- Les gazeux comme le biogaz

La valorisation de cette énergie se fait par des procédés spécifiques selon le type de constituant ; elle est née de l'action du soleil (grâce à la photosynthèse) ce qui la rend une réserve considérable d'énergie.

Elle est considérée comme énergie verte seulement si sa régénération est au moins égale à sa consommation.

La valorisation de la biomasse peut produire trois formes d'énergie en fonction du type ainsi que les techniques mises en œuvre ; ils sont :

- La chaleur
- L'électricité
- Une force de déplacement (force motrice)

On distingue trois procédés de valorisation de cette énergie :

- La voie sèche : elle est constituée principalement par la filière thermo-chimique ; elle regroupe la combustion ; la gazéification et la pyrolyse
- La voie humide : elle est constituée principalement de la méthanisation ; c'est un procédé basé sur la dégradation des micro-organismes de la matière organique. La réaction se fait en milieu anaérobie (sans oxygène).

La voie humide permet de produire du biogaz ainsi que le digestat.

- La production de biocarburants : les biocarburants sont des carburants gazeux ou liquides créés à partir d'une réaction chimique soit entre l'huile (colza, tournesol)

Chapitre 01 : Introduction aux énergies renouvelables

et l'alcool dans le cas du biodiesel, ou à partir d'un mélange de sucre fermenté et d'essence (cas du bioéthanol).

Il existe trois générations de biocarburants :

La 1^{ère} génération : biocarburants créés à partir des graines.

La 2^{ème} génération : biocarburants créés à partir des résidus non alimentaires (tiges, bois)

La 3^{ème} génération : biocarburants créés à partir : d'hydrogène ; micro-organisme ou d'huile produite par des algues.

La 2^{ème} et 3^{ème} générations ont pour vertu de ne pas utiliser des produits agricoles en compétition avec la production d'aliments pour l'homme.

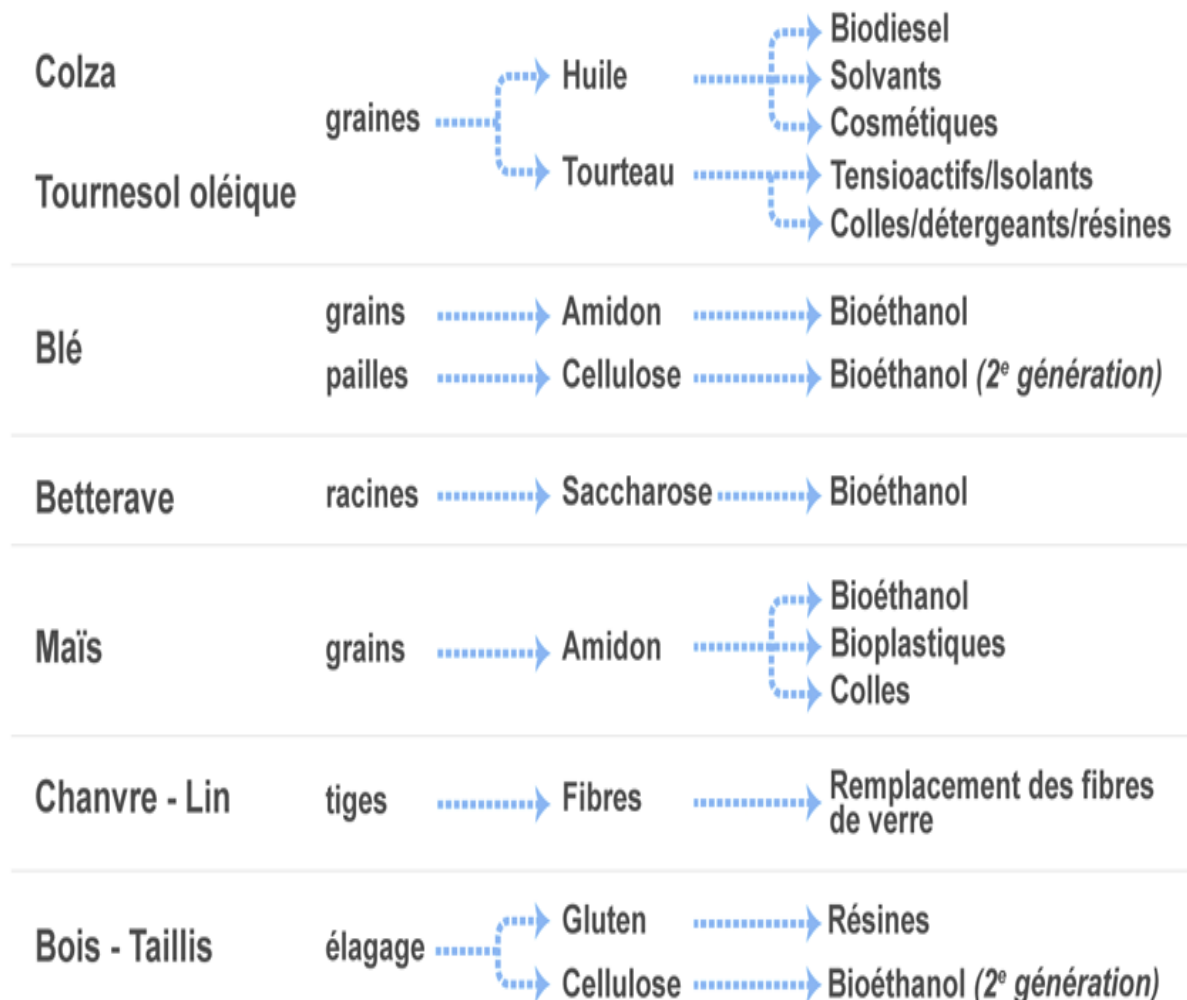


Figure 8 : Voies de valorisation de la biomasse [8]

Chapitre 01 : Introduction aux énergies renouvelables

I.1.5. Les énergies marines :

Les thalasso-énergies ou les énergies bleues connues sous le nom des énergies marines, ce terme est utilisé pour désigner toutes les formes d'exploitation des ressources issues du milieu marin (courants, marées, vagues, chaleur, salinité, biomasse et vents)

La planète est recouverte à plus de 70% d'eau, la quantité de flux énergétiques receler par les océans et les mers est énorme. Les origines de ces flux énergétiques sont :

- L'énergie solaire : qui est l'origine des vents ; la houle ; les grands courants marins et les différences de température de la mer.
- La variation de la gravité : elle est due aux positions de la terre, de la lune et du soleil ce qui engendre les marées.

Les énergies marines sont considérées comme des nouvelles sources d'énergie qui n'émettent pas de gaz à effet de serre.

On cite quelques types d'énergies marines :

L'énergie marémotrice issue des marées.

L'énergie hydrolienne issue des courants.

L'énergie houlomotrice issue des vagues et de la houle.

L'énergie thermique des mers issue de la chaleur des océans.

L'énergie osmotique issue de la salinité.

Chapitre 01 : Introduction aux énergies renouvelables

Tableau 2 : comparatif des différentes énergies marines

Type d'énergie & caractéristiques	Marémotrice	Hydrolienne	Houlomotrice	Thermique
Ressource énergétique mondiale estimée (TWh/année)	300	800	80 000	10 000
Stade de développement	Industriel pour le marémoteur classique – précoce pour les lagons offshore	Avancé	Préindustriel ou Avancé selon les projets	Très précoce
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> Technologie éprouvée 	<ul style="list-style-type: none"> Espace nécessaire réduit Pas ou peu des structures apparentes 	<ul style="list-style-type: none"> Pas besoin de fondations Entretien aisé 	<ul style="list-style-type: none"> Production continue Prédictibilité parfaite Production d'eau douce et d'air conditionné
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> Fonctionnement intermittent Bouversements environnementaux majeurs Faible potentiel mondial, sauf si utilisation des lagons offshore 	<ul style="list-style-type: none"> Fonctionnement intermittent Entretien compliqué Impact <i>a priori</i> négatif sur la faune et la flore Zones exploitables restreintes Peut empêcher les activités maritimes 	<ul style="list-style-type: none"> Fonctionnement intermittent Empêche les activités nautiques maritimes 	<ul style="list-style-type: none"> Investissement initial conséquent Solution réservée aux zones tropicales Complexité technique

I.1.6. L'énergie solaire :

Le soleil est la source de toutes les énergies d'une façon générale, le globe terrestre reçoit une puissance de 150 milliards de mégawatts de rayonnement ; il contribue aussi dans le jeu de transformation des éléments tels que : la lumière ; la thermodynamique ; l'énergie hydraulique ...etc.

On peut produire de l'électricité à partir de panneaux photovoltaïques ou des centrales solaires thermique. C'est une énergie propre qui n'émet pas de gaz à effet de serre.

Une installation solaire nécessite 3 éléments principaux : des panneaux solaires, un onduleur et un compteur. Ces trois éléments récupèrent l'énergie transmise par le soleil ; la transformer en électricité et finalement la distribuer.

Chapitre 01 : Introduction aux énergies renouvelables

- Les panneaux solaires convertissent la lumière en courant électrique continue.
- L'onduleur permet ensuite de transformer l'électricité obtenue en courant alternatif.
- Le transformateur élève la tension obtenue pour la régulariser avec la tension électrique du réseau pour l'injecter dans le circuit de distribution

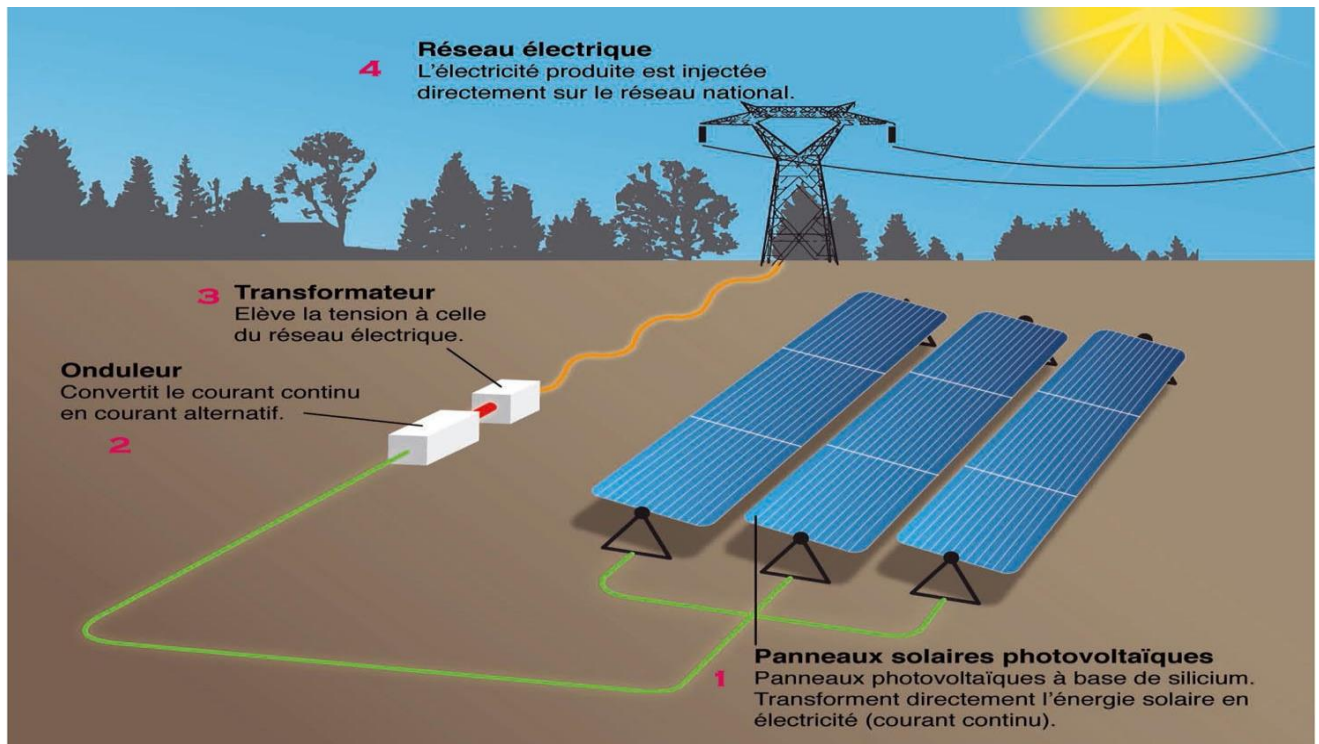


Figure 9 : Ferme solaire [9]

Les contraintes des énergies renouvelables :

L'exploitation des ressources fossiles nous a permis de nous extraire des contraintes liées au caractère souvent diffus et intermittent de énergies renouvelable ; en effet la combustion de presque 100 grammes de produits pétrolier et l'équivalent de 1000KG d'eau qui tombe d'une hauteur de 300 mètres. Et si on prend l'exemple d'énergie solaire on trouve que l'énergie solaire reçue par ciel clair sur un mètre carré pendant une heure, est comparable à la chaleur dégagée par 50 Microgrammes d'uranium radioactif. Alors que si un nuage passe ; on aura une chute énorme d'ensoleillement et donc il y aura une diminution de l'énergie reçue au sol ce qui impacte négativement sur la production d'électricité d'un capteur solaire ou un

Chapitre 01 : Introduction aux énergies renouvelables

panneau photovoltaïque ; sans oublier qu'on ne peut pas toujours avoir une force de vent qui peut faire tourner une éolienne.

Afin de répondre aux besoins en énergie, il est primordial de mettre en place des systèmes de stockage d'énergie produite, ce qui implique un coût d'investissement trop élevés.

De nombreuses problématiques scientifique, technique, économiques et environnementales s'entrechoquent et rendent forcément la transition énergétique un processus délicat à la fois et compliqué, pour la période « d'après pétrole »

Cet avenir devra reposer sur le nombre de choix qu'offrent les énergies vertes, qui ne sont pas juste un choix purement écologique ou économique, mais aussi une option sociale : l'accès à l'énergie est un composant essentiel dans l'organisation de la société, c'est un vrai enjeu de civilisation

Les avantages des énergies renouvelables :

Outre le fait qu'elles ne sont pas épuisables ; théoriquement, les énergies renouvelables ont d'autres avantages, par exemple sur le plan écologique ; l'électricité produite à partir de sources d'énergie verte n'émet presque pas de gazes à effet de serre, notamment lorsqu'on la compare aux sources d'énergie fossile.

Voici la liste des principales sources de production d'électricité en fonction de leurs émissions de CO₂ d'après le rapport du GIEC, Annexe 3 (de la moins polluante à la plus polluante, en valeurs médianes) :

- Éolien terrestre : 11 gCO₂eq/kWh
- Nucléaire : 12 gCO₂eq/kWh
- Hydroélectricité : 24 gCO₂eq/kWh
- Solaire thermodynamique : 27 gCO₂eq/kWh
- Géothermique 38 gCO₂eq/kWh
- Solaire photovoltaïque : 41-48 gCO₂eq/kWh
- Biomasse : 230 gCO₂eq/kWh
- Gaz naturel : 490 gCO₂eq/kWh
- Charbon : 820 gCO₂eq/kWh

Chapitre 01 : Introduction aux énergies renouvelables

Toutefois, ces calculs n'intègrent pas les émissions de CO₂ liées à l'infrastructure électrique, notamment le stockage qui est nécessaire pour la production d'électricité d'origine renouvelable. [10]

I.2. Les inconvénients des énergies renouvelables :

On pense que les énergies renouvelables sont totalement propres, mais la réalité est assez différente. Les éoliennes et les panneaux solaires n'émettent pas de CO₂, mais leur production en est génératrice. Pour fabriquer ces outils de production d'énergie, il faut extraire les matières premières du sol, transporté ensuite les pièces et différents matériaux sur les lieux de montage afin de les assembler. Pendant ce laps de temps, on utilise du pétrole en quantité qui génère beaucoup de CO₂. Même si les énergies renouvelables produisent moins de pollution que les énergies fossiles, elles sont encore loin d'être propres. Par exemple, les panneaux solaires produisent 10 fois moins de CO₂ que le gaz et 20 fois moins que le charbon ou le pétrole et ses dérivés, mais la production d'un panneau solaire nécessite un taux de matière néfaste pour l'environnement.

I.3. Conclusion premier chapitre :

L'énergie renouvelable est la source d'énergie la plus attrayante d'un point de vue écologique et durable, elle est une bonne solution à prendre pour couvrir les besoins énergétiques de la population qui ne cessent pas d'augmenter jour après jours ainsi que l'enjeu des énergies fossiles qui peuvent être épuisé au futur proche.

Autrement dit c'est l'énergie la moins polluante. Contrairement aux énergies fossiles qui ont un impact catastrophique vis-à-vis l'environnement en plus le faite d'être épuisable.

Une transition aux énergies renouvelables donc sera une évidence.

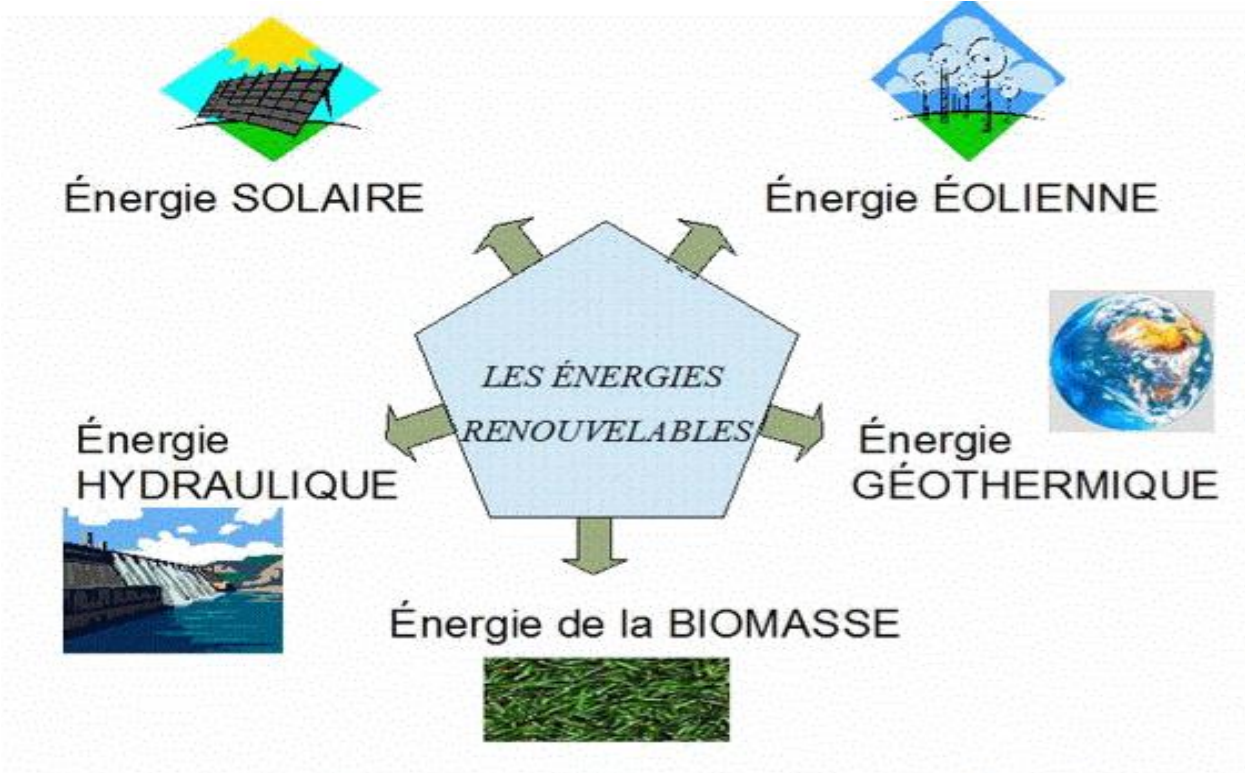


Figure 10: schéma regroupant les énergies renouvelables [11]

CHAPITRE 02

CAPTEURS SOLAIRES

Chapitre 2 : Capteurs solaire

II. Capteurs solaires :

II.1. Introduction :

Un capteur solaire est un appareil qui convertit l'énergie solaire en énergie. Cette énergie peut être délivrée sous forme d'énergie électrique, on parle de capteurs solaires photovoltaïques, ou de capteurs solaires thermiques. Les capteurs solaires se présentent sous la forme de panneaux plats d'environ 1 mètre carré, également appelés panneaux solaires.

En 1839, Antoine Becquerel a découvert le phénomène physique appelé l'effet photovoltaïque, ce principe a été introduit et exploité qu'un siècle plus tard.

On distingue 2 types de capteurs solaires :

II.2. Les capteurs solaires thermiques :

Connus aussi sous le nom de capteurs solaires thermiques ou capteurs chauffe-eau solaire individuel, sont des éléments qui permettent de chauffer de l'eau grâce à l'énergie solaire. Ils sont destinés à produire de l'eau chaude sanitaire, participer au chauffage ou à la climatisation des habitats.

Pour capter la chaleur du soleil, un capteur solaire passe par trois phénomènes physiques :

- Effet de corps noir
- Effet de serre
- Effet isolant

Ensuite, un fluide caloporteur (généralement l'eau glycolée), va être chauffé par la chaleur captée. Ce fluide va ensuite transmettre l'énergie récupérée à l'eau chaude, par le biais d'un échangeur situé dans un ballon d'eau chaude équipé d'un appoint (électrique ou chaudière).



Figure 11: Capteur solaire a air [12]

II.3. Les capteurs solaires photovoltaïques :

Le principal composant d'une cellule photovoltaïque est le silicium, il est utilisé pour ses propriétés électronique, caractérisées par la présence de quatre électrons sur sa couche périphérique. Une cellule solaire produit typiquement une puissance estimée de 1.3 W pour une surface de 100cm carré. La cellule photovoltaïque reçoit les rayons incidents du soleil, la réaction des matériaux semi-conducteurs se fait au moment où ils entrent en contact avec le rayonnement. Quand les photons contenus dans la lumière reçue frappent à la surface du panneau photovoltaïque, ils transmettent leur énergie aux électrons libres du silicium. Ces derniers se mettent alors en mouvement ce qui génère un courant continu.

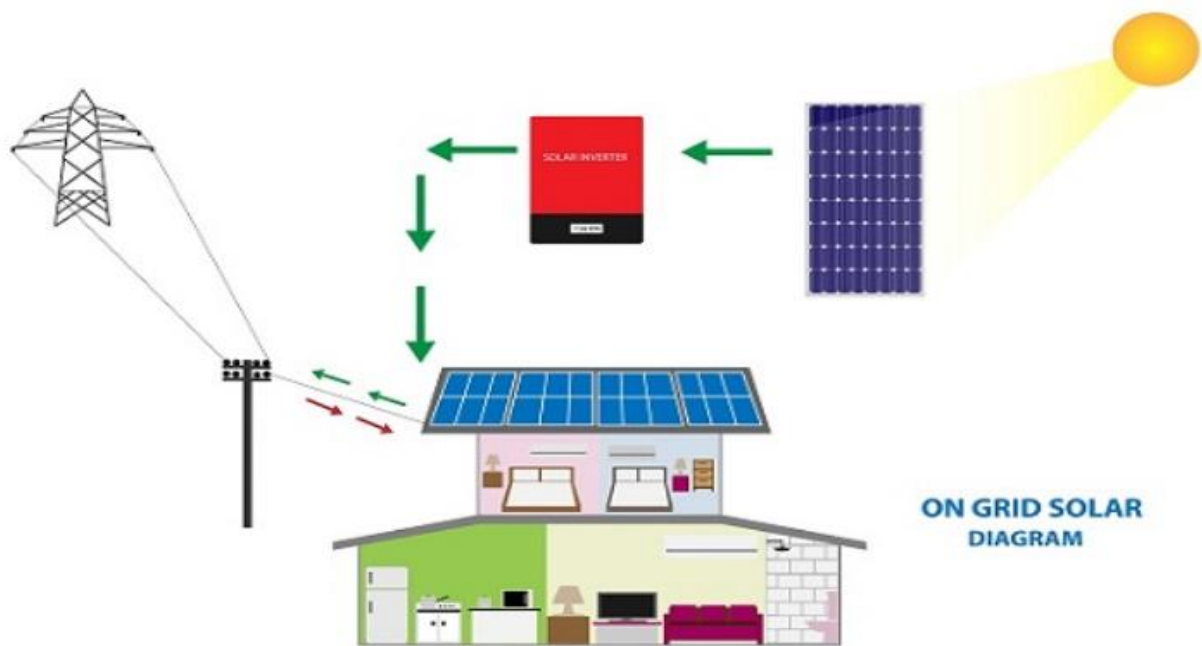


Figure 12 : Schéma de fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque [13]

II.4. Intégration dans l'habitat :

Les capteurs sont rectangulaires, proportionnés et positionnés de façon cohérente par rapport à la construction. Un projet de composition doit être établi en harmonie avec l'environnement bâti et paysager.

L'exposition des capteurs sera de préférence au sud, tout en étant la moins visible possible depuis le domaine public. Il convient d'étudier l'ombrage éventuel sur le lieu d'installation afin d'optimiser le rendement énergétique.



Figure 13 : Exemple ; intégration des panneaux solaires sur une toiture [14]

II.5. Support d'installation :

Les capteurs solaires peuvent s'installer aussi bien au sol qu'en toiture.

Bien que l'installation en façade soit une possibilité, l'intégration verticale des capteurs solaires entraîne un rendement moins important que dans le cas d'une installation en toiture (perte de 20% d'énergie pour la production de chauffage et de 30% pour celle de l'électricité). Cette disposition est donc à éviter.

Au sol: Le terrain doit évidemment être adapté à une installation de ce type. L'intégration doit respecter la configuration du site et en préserver les grandes caractéristiques.

La création de butte artificielle est à proscrire ; en général les capteurs peuvent trouver leur place contre un talus ou un mur existant.

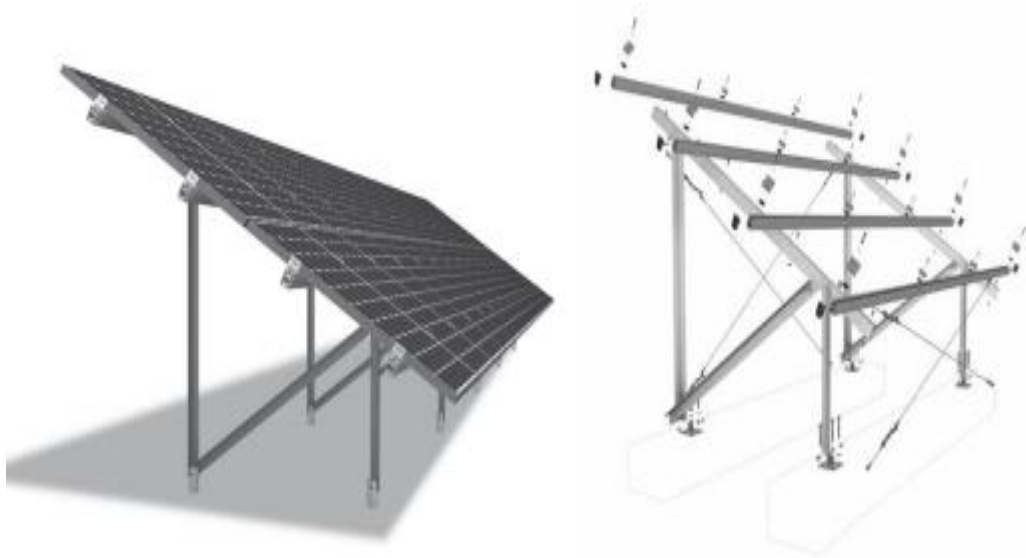


Schéma de la structure porteuse Système n-rack de K2 Systems (Source : K2 Systems)

Figure 14 : structure porteuse de panneau solaire sur terre [15]

II.6. Conclusion

Le capteur solaire est une technologie qui utilise une source d'énergie plus présente dans la vie quotidienne et la transforme en énergie utile.

Elle est plus courante vu sa simplicité, son cout et aussi pour son rendement.

CHAPITRE 03 :
CADRE METHODOLOGIQUE ET
EXPERIMENTAL

III. Capteurs plan

III.1. Introduction :

Le soleil émet une énergie grandiose à la terre, et grâce au processus de conversion on la transforme en énergie utilisable. Afin de produire de couvrir nos besoins en énergie ; des capteurs de conversion des rayonnements solaire en chaleur sont utilisé dans les systèmes solaire actifs.

Le but des panneaux solaires est de convertir l'énergie lumineuse en énergie en énergie électrique. Le rendement d'un capteur solaire, dépend de la forme, la technique choisie et de la façon dont on réduit les pertes de chaleur à la surface.

La pièce maitresse d'une installation de chauffage solaire. Il transforme le rayonnement solaire en chaleur. Cette technologie est la plus utilisée vue sa simplicité. Selon le but voulu de l'installation ; on trouve deux types de capteurs plans.

Il existe une large variété de capteur solaire avec différentes dispositions d'absorbeur

III.2. Le principe de fonctionnement :

C'est une ancienne technologie fondamentale et beaucoup étudiée, son rôle c'est absorber l'énergie solaire et la transmettre à un fluide caloporteur il existe 2 types de capteurs plans :

III.2.1. Capteurs plan vitrés (le cas étudiant) :

Ils sont généralement utilisés dans les installations de chauffage d'eau sanitaire ou chauffage des locaux. La température de fonctionnement est comprise entre 30°C et 60 °C généralement. Il est composé d'un panneau noir (caractérisé par des propriétés d'absorption très élevées) qui absorbe la chaleur du soleil et la transmette au fluide caloporteur (eau fluide ou air) qui se situe sous les panneaux, ce dernier se chauffe et son énergie est soit directement utilisé soit stockée et utilisé ultérieurement.

Le rôle principal de ces vitres c'est produire une énergie thermique à partir du flux solaire reçu.

. Le vitrage bloque le rayonnement infrarouge et isole la lame d'air au-dessus de l'absorbeur pour garder la chaleur.

III.2.2. Capteurs sans vitrage :

Les capteurs plans sans vitrage sont habituellement fabriqués en un plastique noir qui a été stabilisé afin de résister aux rayons ultraviolets. Comme ces capteurs ne possèdent pas de vitrage, une grande partie de l'énergie solaire est absorbée. Cependant, parce qu'ils ne sont pas isothermes, une grande partie de la chaleur absorbée est perdue lorsqu'il y a du vent et que la température extérieure n'est pas assez chaude.

Les capteurs plans non vitrés sont beaucoup plus économique, mais ils sont moins répandus. Ils sont généralement utilisés dans les installations de chauffage de piscine mais peut parfois faire office de système de chauffage d'eau sanitaire dans les pays connus pour leur température chaude. La température de fonctionnement est généralement inférieure à 30°C. Ils sont seulement constitués d'un absorbeur dans lequel circule le fluide caloporteur.

Ils transfèrent si bien la chaleur de l'air (et provenant de l'air) qu'ils peuvent réellement « saisir » la chaleur au cours de la nuit lorsqu'il fait chaud et qu'il y a du vent à l'extérieur ! Donc c'est pour ça qu'ils sont moins répandus et moins cher.



Figure 15 : capteur sans vitre [16]

III.3. Les composants d'un capteur plan vitré :

Un capteur plan est un dispositif assez simple composé : d'un vitrage un absorbeur un isolant fluide caloporteur et le coffret (le cadre).

III.3.1. Le vitrage :

Il joue un rôle d'un protecteur contre les effets extérieures et aussi il améliore le rendement, et permet la diffusion entre 84 à 92% du rayonnement solaire est permet surtout de réaliser l'effet de serre

Généralement c'est un verre ordinaire pratiquement opaque dans l'infrarouge, un verre non-ferrugineux ou en verre acrylique. Le vitrage peut parfois être doublé est représentés plusieurs avantages.

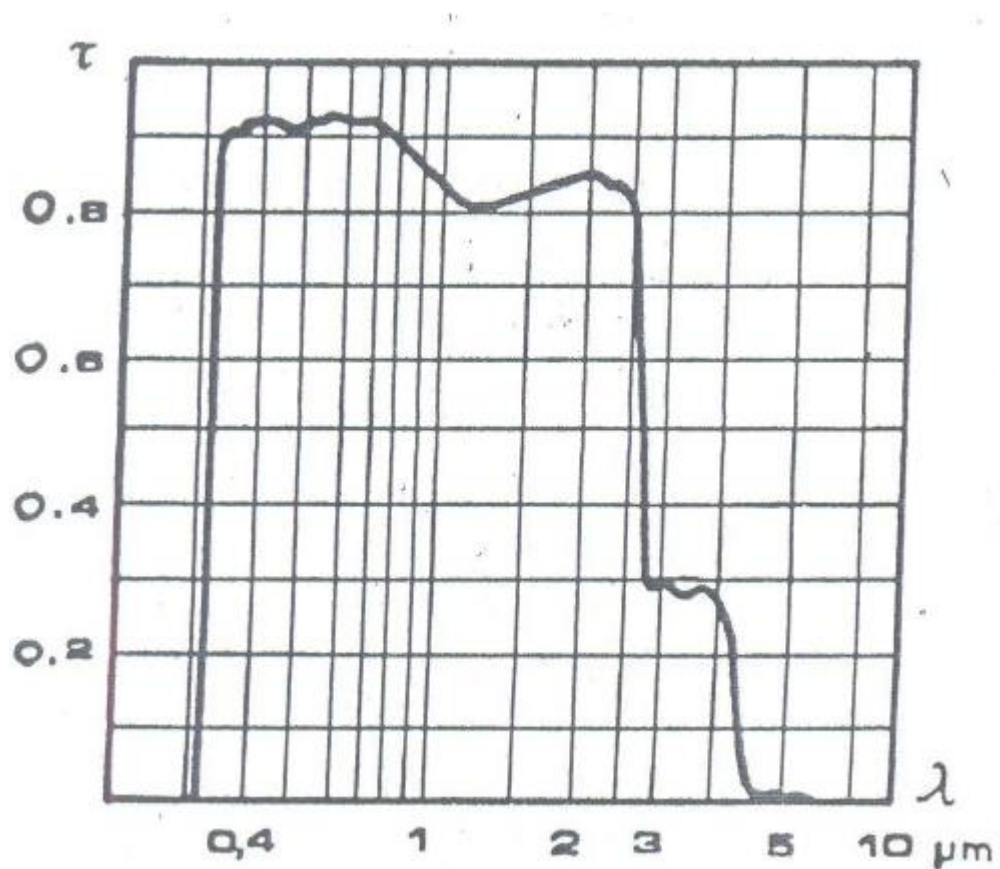


Figure 16 : émissivité du vitrage [17]

Des fois, une seconde vitre est parfois disposée au-dessus du système. Cette solution présente certains avantages :

Minimiser les pertes (par convections) avec l'air ambiant.

Les pertes par infrarouge sont réduites de presque 25%, cependant il faut compter de 5 à 10% de pertes dans le spectre visible à chaque traversée de vitre.

On peut trouver d'autres matériaux utilisés, voir le tableau qui suit.

Tableau 3 : caractéristiques de différents matériaux

Caractéristiques	Lexan		Verre ordinaire moulé		Plaque acrylique moulé	Tedlar	Mylar	Teflon
	1	2	4	4				
Epaisseur(mm)	1	2	4	4				
Poids(kg/m ²)	1,2	2,4	10	10				
Résistance à l'impact	200	200	2	10				
Température maximale en utilisation continue(°C)	120	120	-	-				
Résistance au choc thermique	Très bonne	Très bonne	Très faible	Moyenne	Moyenne	bonne		
Indice de réfraction	1,59	1,59	1,52	1,52				
Transmission lumineuse à 600 mm(%)	90	89	88	88				
2.500 mm(%)	2	2	80	80	10			
Conductivité thermique (W/m.K)	0,21	0,21	1,16	1,16	0,2	0,12	0,25	0,19
Coefficient de dilatation thermique °C ⁻¹	60.10 ⁻⁶	60.10 ⁻⁶	9.10 ⁻⁶	9.10 ⁻⁶	80.10 ⁻⁶	46.10 ⁻⁶	70.10 ⁻⁶	105.10 ⁻⁶

III.3.2. L'absorbeur :

C'est l'élément de base des capteurs solaires. Il doit avoir une surface sélective fortement absorbante dans le visible mais faiblement émettrice dans l'infrarouge. Il s'agit principalement de dépôts d'oxydes sur des substrats métalliques (oxyde de cuivre sur cuivre, noir de chrome sur nickel, etc.). Typiquement, l'absorbeur est une plaque métallique recouverte d'un noir mat du commerce, ce qui se traduit par un coefficient d'absorption compris entre 0,9 et 0,95. La géométrie du circuit utilisé par le fluide caloporteur est très importante. Il est nécessaire d'assurer un rinçage parfait de l'absorbeur et un transfert de chaleur rapide entre le fluide caloporteur et l'absorbeur pour éviter les zones chaudes et gagner en efficacité.

Il existe plusieurs types d'absorbeur :

Cette surface noire est caractérisée par 2 paramètres :

- Le facteur d'absorption solaire α^* (ou absorptivité) : le rapport du rayonnement lumineux absorbé par le rayonnement lumineux incident.

•Le facteur d'émission infrarouge ε (ou émissivité) : le rapport entre l'énergie rayonnée dans l'infrarouge lorsque l'absorbeur est chaud et celle qu'un corps noir rayonnerait à la même température. (Wikipédia) ainsi qu'une diffusion thermique assez bonne.

Généralement l'absorbeur est une plaque :

En cuivre : qui est un excellent conducteur.

En acier : il a une conductivité thermique médiocre vis-à-vis le cuivre, mais aussi moins cher

Ça peut être aussi en aluminium mais qui soit être accompagné d'un liquide caloporteur

Dans le tableau suivant on trouve les propriétés de quelques matériaux utilisés comme absorbeurs :

Tableau 4 : Propriétés des surfaces sélectives

Matériaux	Absorptivité dans le visible α_s	Emissivité dans l'infrarouge ε_l
Noir de nickel sur nickel	0,95	0,07
Noir de chrome sur nickel	0,95	0,09
Noir de cuivre sur cuivre	0,88	0,15
Oxyde de fer sur acier	0,85	0,08

On peut trouver trois types d'absorbeur avec fluide caloporteur :

III.3.3. Film d'eau :

Il est constitué de deux feuilles métalliques avec un jeu de chicanes intérieures qui permet d'enfermer des fines lames de fluide caloporteur (radiateur extrêmement plats)

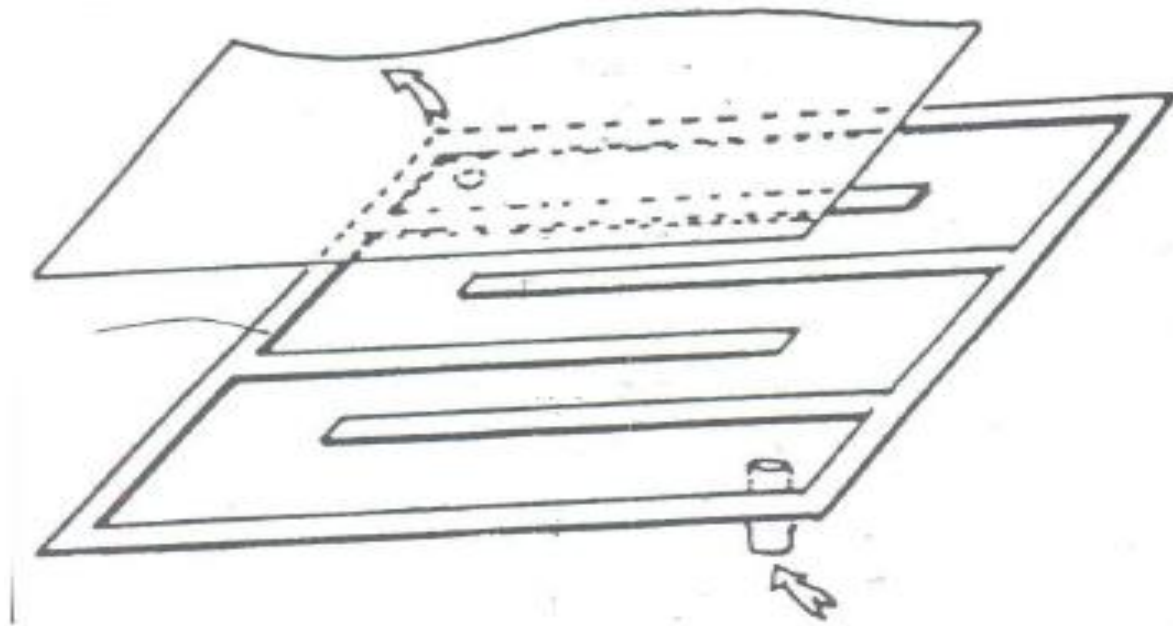


Figure 17 : absorbeur film d'eau [18]

Tubes en forme de S :

L'absorbeur est constitué d'une plaque métallique avec un tube monté en S dans lequel circule le fluide caloporteur. Ce type d'absorbeur présente l'inconvénient d'avoir de fortes pertes de charge et une inégale répartition de la température du fluide. L'entrée du fluide caloporteur se fait en partie basse et à la sortie du côté opposé, en partie haute afin de maintenir le même débit dans chaque tube.

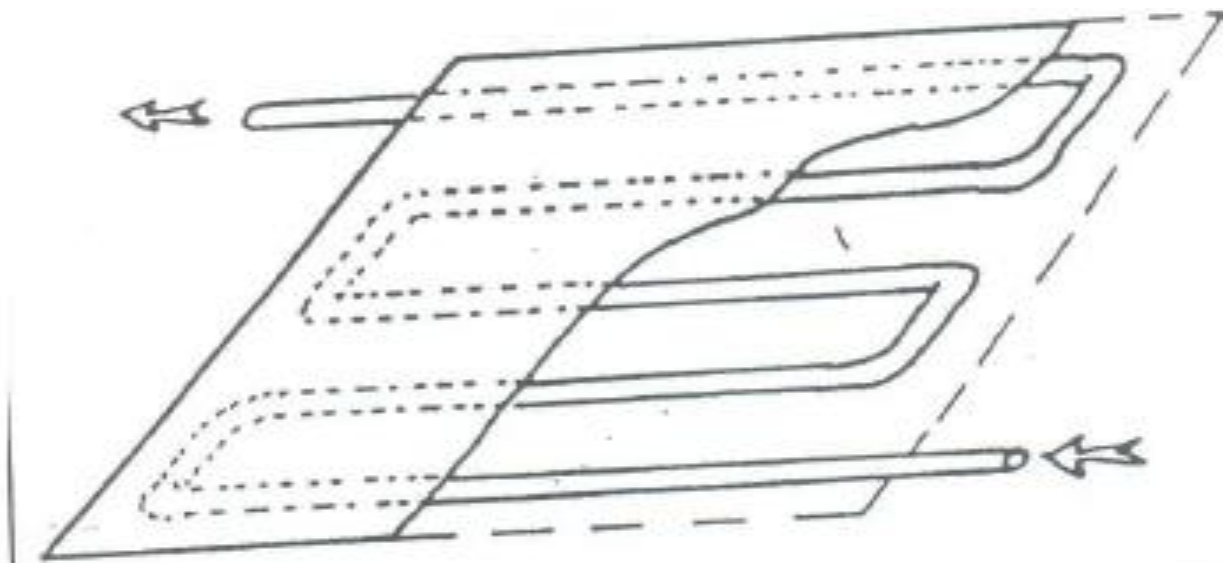


Figure 18 : Absorbeur tube S [19]

Absorbeur avec tubes en parallèle en Tickelman :

C'est la technique la plus répandue. Elle consiste à souder sur une plaque de métal une série de tubes en parallèles avec un écartement constant compris entre 5 à 15cm. Ces tubes sont reliés en haut et en bas par deux collecteurs. Le fluide caloporteur entre par la partie basse et la sortie, du côté opposé, en partie haute afin d'assurer un débit équivalent dans chaque tube.

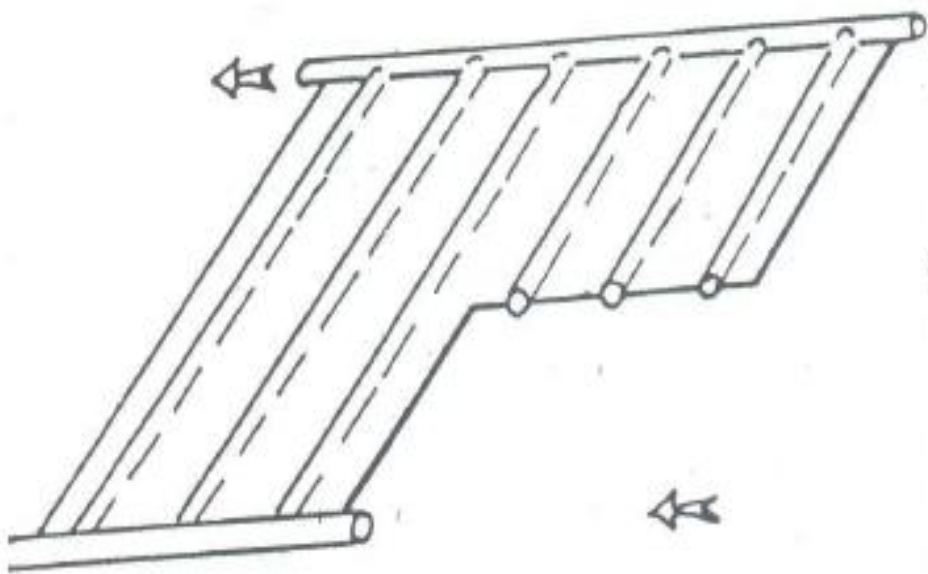


Figure 19 : Absorbeur montage Tickelman [20]

Le fluide caloporteur :

Permet de transférer la chaleur emmagasinée par l'absorbeur à l'endroit où elle doit être consommée ou stockée (il doit être chimiquement stable lorsqu'il atteint une forte température, en particulier lors de la stagnation du capteur).

Posséder des propriétés antigel en corrélation avec les conditions météorologiques locales ; posséder des propriétés anticorrosives selon la nature des matériaux présents dans le circuit capteur

Posséder une chaleur spécifique et une conductivité thermique élevées afin de transporter efficacement la chaleur ; être non-toxique et avoir un faible impact sur l'environnement.

Avoir une basse viscosité afin de faciliter la tâche de la pompe de circulation ; être facilement disponible et bon marché) (Wikipédia)

Il y a 3 genres de fluides colporteurs :

L'eau ; l'air et le mélange d'eau et de glycol.

III.3.4. Le cadre :

Le cadre ou le coffret renferme les éléments actifs du capteur solaire ; il assure une protection efficace aux agents atmosphériques. Les cadres sont réalisés en fibre de verre enduite de résine ; soit en fines feuilles d'acier galvanisé, aluminium ou inox, avec une protection par revêtement.

Le cadre doit permettre d'assurer sa fixation sur la couverture tout en lui permettant de se déplacer librement. Le vitrage est généralement posé avec un joint (insensible aux rayonnements ultraviolets) avec un profil mécanique autorisant des opérations de montage et démontage facilement.



Figure 20 : cadre fabriqué pour la partie expérimental

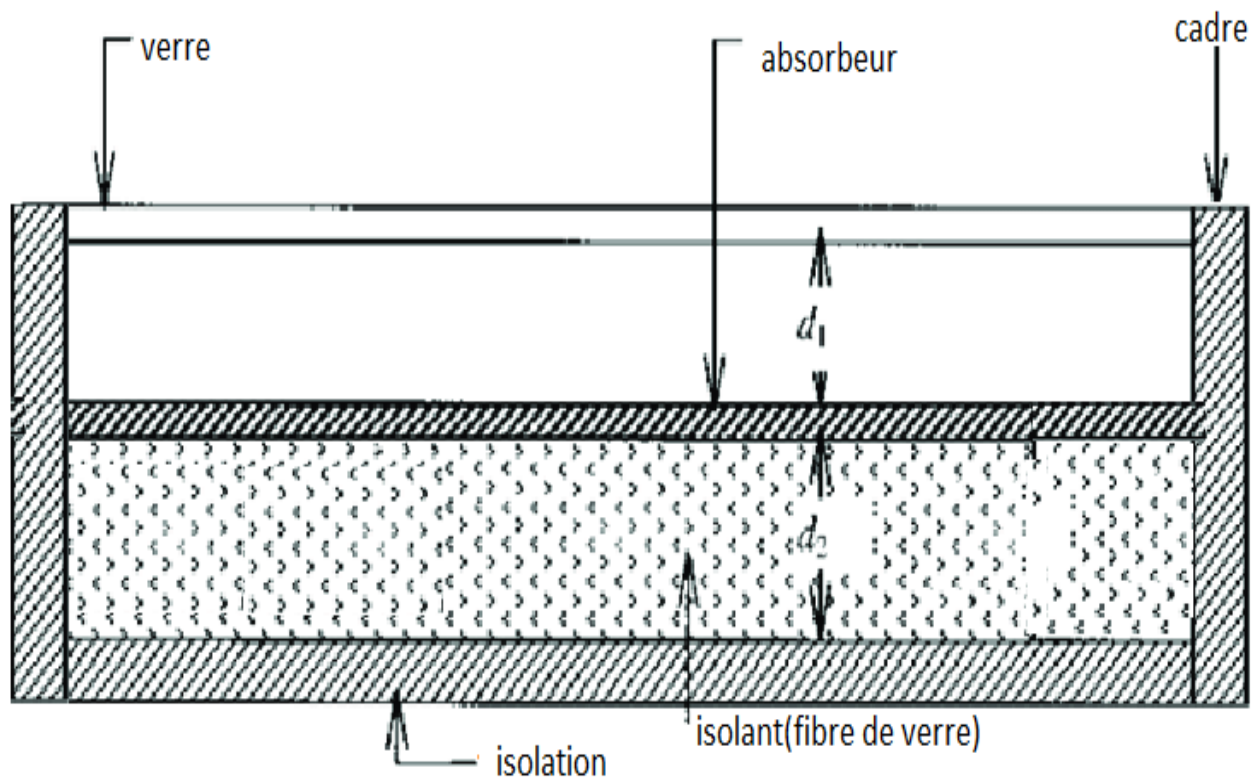


Figure 21 : schéma du capteur solaire plan thermique utilisé

III.4. Les phénomènes physiques d'un capteur solaire plan vitré :

Effet de corps noir : La couleur noire est la couleur qui absorbe le plus de chaleur parmi les autres couleurs, c'est pour cette raison que l'absorbeur doit être en noir pour augmenter l'absorption du rayonnement solaire.

Effet de serre : La chaleur absorbée par l'absorbeur tend à ressortir vers l'extérieur sous forme de rayon infrarouge, c'est là qu'intervient le vitrage qui doit être conçu comme un piège pour les rayonnements : il fait rentrer les rayons incident et empêcher les IR de ressortir.

Effet isolant : Il faut conserver la chaleur absorbée et minimiser les pertes de chaleur vers l'extérieur.

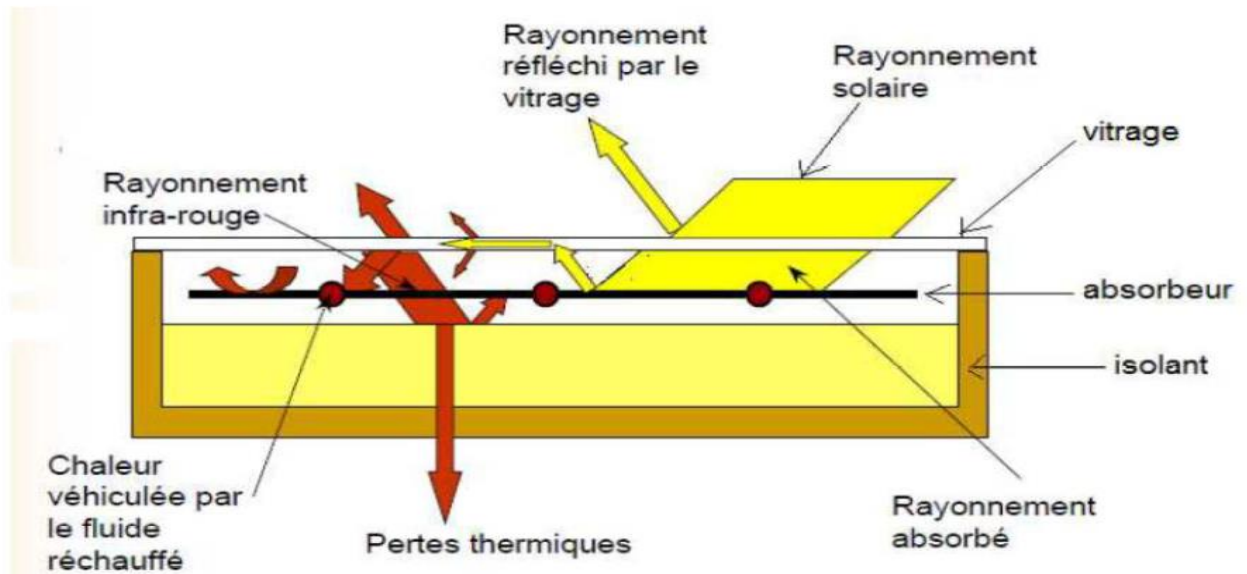


Figure 22 : Les phénomènes physiques dans un capteur plan vitré [21]

III.5. Notions sur les bilans thermiques :

Le bilan thermique d'un capteur plan, s'obtient en considérant que l'énergie absorbée pendant l'intervalle de dt , soit $\phi_{abs} dt$ se répartit en :

- $\phi_u dt$: c'est l'énergie extraite du capteur par le fluide caloporteur
- $\phi_L dt$: c'est l'énergie perdue par le capteur dans l'environnement
- $\phi_{st} dt$: c'est l'énergie stockée dans le capteur

$$\phi_{abs} = \phi_u + \phi_L + \phi_{st} \quad (4.1)$$

Avec

$$\phi_{st} = M_e C_{eau} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (4.2)$$

M_e : masse en eau du capteur définie par $M_e C_e = \sum m_i c_i$; avec i qui représente les différents éléments du capteur.

Rendement du capteur :

- Le rendement instantané du capteur est défini par :

$$\eta = \frac{\phi_u}{G_t A_c} \quad (4.3)$$

En prend A_c en tant que surface du capteur et G_t l'éclairement solaire incident. On utilise également un rendement moyen sur une période t_0 :

$$\bar{\eta} = \frac{\int_0^{t_0} \phi_u dt}{\int_0^{t_0} G_t A_c dt} \quad (4.4)$$

- Le rendement optique η_0 :

$$\eta_0 = \frac{\phi_{abs}}{G_t A_c} \quad (4.5)$$

- Détermination du rendement instantané

Hypothèses simplificatrices

-Le rendement optique est :

$$\eta_0 = \tau_v \cdot \alpha_c \quad (4.6)$$

- τ_v et α_c sont respectivement les coefficients de transmission de la vitre et d'absorption de l'absorbeur pour le rayonnement solaire

-l'absorbeur est à une température uniforme T_c

-les pertes sont linéaires et s'écrivent sous la forme :

$$\Phi_L = A_c U_L (T_c - T_e) \quad (4.7)$$

Où U_L : coefficient global de pertes et T_e : température extérieure.

-la puissance extraite par le fluide caloporteur est :

$$\Phi_u = A_c U_f (T_c - T_f) \quad (4.8)$$

Où U_f est le coefficient de transfert thermique et T_f la température moyenne du fluide.

Le bilan thermique en régime stationnaire peut s'écrire :

$$\tau_v \alpha_c G_t A_c = A_c U_L (T_c - T_e) + A_c U_f (T_c - T_f) \quad (4.9)$$

Ce qui donne :

$$\Phi_u = G_t A_c F' \left[\tau_v \alpha_c - \frac{U_L}{G_t} (T_f - T_e) \right] \quad (4.10)$$

Avec :

F' est appelé efficacité de l'absorbeur, c'est le rapport de la puissance thermique extraite réellement à celle qui serait extraite si l'absorbeur était à la température moyenne du fluide T_f .

Le rendement instantané est alors :

$$\eta = F' \left[\tau_v \alpha_c - \frac{U_L}{G_t} (T_f - T_e) \right] \quad (4.11)$$

Lorsque la température augmente, le rendement décroît.

Le coefficient global des pertes :

La linéarisation des pertes thermiques grâce à l'expression :

$$\Phi_L = A_c U_L (T_c - T_e) \quad (4.12)$$

Recouvre en fait une situation très complexe. D'une part, le coefficient global U_L peut dépendre de T_c et de T_e , d'autre part la température de l'absorbeur n'est pas uniforme.

Nous considérons un capteur constitué d'un absorbeur isolé et recouvert d'une seule vitre.

Le coefficient global de pertes U_L est :

$$\Phi_L = A_c U_L (T_c - T_e) \quad (4.13)$$

$$U_L = U_{av} + U_{ar} \quad (4.14)$$

U_{av} : coefficient de pertes vers l'avant

U_{ar} : coefficient de pertes vers l'arrière

Hypothèses

- On néglige l'inertie de l'absorbeur et du coffret
- les températures de la vitre T_v , de l'absorbeur T_c et du coffret T_k sont uniformes
- la vitre est opaque au rayonnement infrarouge.

Evaluation des pertes vers l'avant :

- Flux de chaleur échangé par convection-conduction entre l'absorbeur et la vitre :

$$\Phi_{cc,c \rightarrow v} = h_{cc,c \rightarrow v} A_c (T_c - T_v) \quad (4.15)$$

- Flux de chaleur échangé par rayonnement entre l'absorbeur et la vitre :

$$\Phi_{r,c \rightarrow v} = A_c \varepsilon_{cv} \sigma (T_c^4 - T_v^4) \quad (4.16)$$

Avec :

$$\sigma = 5,6710^{-8} W / m^2 . K^4$$

Or :

$$\frac{1}{\varepsilon_{cv}} = \frac{1}{\varepsilon_c} + \frac{1}{\varepsilon_v} - 1 \quad (4.17)$$

L'équation (15) devient :

$$\varepsilon_{cv} \sigma (T_c^4 - T_v^4) = \varepsilon_{cv} \sigma (T_c^2 + T_v^2) (T_c + T_v) (T_c - T_v)$$

$$\Phi_{r,c \rightarrow v} = [\varepsilon_{cv} \sigma A_c (T_c^2 + T_v^2) (T_c + T_v)] (T_c - T_v)$$

$$\Phi_{r,c \rightarrow v} = h_{r,c \rightarrow v} A_c (T_c - T_v)$$

(4.18)

Finalement :

$$h_{r,c \rightarrow v} = [\varepsilon_{cv} \sigma (T_c^2 + T_v^2) (T_c + T_v)] \quad (4.19)$$

- Le flux de chaleur échangé par conduction-convection et par rayonnement entre l'absorbeur et la vitre est :

$$\begin{aligned} \Phi_{av} &= h_{r,c \rightarrow v} A_c (T_c - T_v) + h_{cc,c \rightarrow v} A_c (T_c - T_v) \\ \Phi_{av} &= (h_{r,c \rightarrow v} + h_{cc,c \rightarrow v}) A_c (T_c - T_v) \end{aligned} \quad (4.20)$$

En négligeant l'énergie absorbée dans la vitre, le flux transféré de l'absorbeur vers la vitre est perdue par celle-ci dans l'environnement.

- Flux échangé par convection entre la couverture et l'air extérieur :

$$\begin{aligned} \Phi_{c,v \rightarrow ext} &= h_{c,ext} A_v (T_v - T_{ext}) \\ &\text{avec} \\ h_{c,ext} &= 5,67 + 3,84v \text{ si } v < 5 \text{ m/s} \end{aligned} \quad (4.21)$$

Flux échangé par rayonnement entre la couverture et le ciel :

$$\begin{aligned}\Phi_{r,v \rightarrow ciel} &= \varepsilon_v \sigma A_v (T_v^4 - T_{ciel}^4) \\ \Phi_{r,v \rightarrow ciel} &= \varepsilon_v \frac{(T_v^4 - T_{ciel}^4)}{(T_v - T_{ext})} A_v (T_v - T_{ext}) \\ \Phi_{r,v \rightarrow ciel} &= h_{r,v \rightarrow ciel} A_v (T_v - T_{ext})\end{aligned}\tag{4.22}$$

Finalement :

$$h_{r,v \rightarrow ciel} = \varepsilon_v \frac{(T_v^4 - T_{ciel}^4)}{(T_v - T_{ext})}\tag{4.23}$$

Flux de chaleur total échangé entre la vitre et l'extérieur :

$$\begin{aligned}\Phi_{av} &= h_{c,ext} A_v (T_v - T_{ext}) + h_{r,v \rightarrow ciel} A_v (T_v - T_{ext}) \\ \Phi_{av} &= (h_{c,ext} + h_{r,v \rightarrow ciel}) A_v (T_v - T_{ext})\end{aligned}\tag{4.24}$$

La continuité du flux permet d'écrire que :

$$\Phi_{av} = \frac{(T_c - T_v)}{(h_{r,c \rightarrow v} + \bar{h}_{cc,c \rightarrow v})} A_c = \frac{(T_v - T_{ext})}{(h_{c,ext} + h_{r,v \rightarrow ciel})} A_v\tag{4.25}$$

$$A_c = A_v$$

En utilisant l'analogie électrothermique :

$$\Phi_{av} = \frac{T_c - T_{ext}}{\frac{1}{h_{r,c \rightarrow v} + h_{cc,c \rightarrow v}} + \frac{1}{h_{c,ext} + h_{r,v \rightarrow ciel}}} A_c \quad (4.26)$$

Par identification :

$$U_{av} = \frac{1}{\frac{1}{h_{r,c \rightarrow v} + h_{cc,c \rightarrow v}} + \frac{1}{h_{c,ext} + h_{r,v \rightarrow ciel}}} \quad (4.27)$$

Evaluation des pertes vers l'avant :

- Flux perdu par conduction à travers l'isolant :

$$\Phi_{cond,c \rightarrow k} = \frac{\lambda_l}{e_l} A_c (T_c - T_k) \quad (4.28)$$

- Flux échangé par convection entre l'arrière du capteur et l'extérieur :

$$\Phi_{c,k \rightarrow ext} = h_{c,ext} A_c (T_k - T_{ext}) \quad (4.29)$$

- Le flux transféré de l'absorbeur vers le bas du capteur est perdue par celui-ci dans l'environnement :

$$\Phi_{ar} = \frac{\lambda_l}{e_l} A_c (T_c - T_k) = h_{c,ext} A_c (T_k - T_{ext}) \quad (4.30)$$

Par analogie électrothermique :

$$\Phi_{ar} = \frac{T_c - T_k}{\frac{e_i}{\lambda_i A_c}} = \frac{T_k - T_{ext}}{\frac{1}{h_{c,ext} A_c}}$$

$$\Phi_{ar} = \frac{T_c - T_{ext}}{\frac{e_i + 1}{\lambda_i + h_{c,ext}}} A_c$$

(4.31)

D'où :

$$U_{ar} = \frac{1}{\frac{e_i + 1}{\lambda_i + h_{c,ext}}}$$

(4.32)

III.6. Conclusion :

Après cette descriptive des types de capteurs solaire thermique ; de leurs composants et la notion de calculs de performance, on peut distinguer que les capteurs solaire plans vitrés sont plus utilisés que les capteurs solaires non vitrés du côté de leurs rendements. Les pertes énergétiques des capteurs solaires plans vitrés sont moins importantes que les capteurs non vitrés. Donc bien que les capteurs solaire plans non vitrés sont plus économiques, mais ils sont moins répandus.

CHAPITRE 04 :

Recherche expérimentale

IV. Recherche expérimentale

IV.1. Introduction :

Grâce à des capteurs solaires, l'énergie des rayons solaires peut être captée et convertie directement en électricité (conversion photovoltaïque) ou en chaleur. Ces derniers constituent un champ d'application très important et très large, notamment dans les zones ensoleillées. La plus grande partie de la recherche est consacrée au développement des capteurs solaires du point de vue des performances thermiques, en considérant généralement tous les paramètres qui influencent leur comportement, nous nous référons ici aux paramètres de conception (géométriques, thermo physiques et optiques). Notre travail actuel est effectué sur des capteurs solaires à air plans fonctionnant dans la plage de température de 20°C à 100°C, généralement pour des applications de séchage. Dans la pratique des séchoirs solaires indirects, des concentrateurs à plaques plates sont souvent utilisés pour chauffer et diriger l'air de séchage dans la chambre de séchage.

La température de séchage obtenue est donc en fonction de la configuration et des performances du capteur solaire en question. Nous avons effectué des essais expérimentaux utilisant différents absorbeurs, afin de rechercher les meilleurs cas de configurations et paramètres de travail assurant des températures convenables.

IV.2. Fonctionnement du dispositif expérimental :

Le prototype expérimental est schématisé par la figure 21, il comprend :

- Un boîtier réalisé en tôle d'acier, de dimensions (voir dans le tableau) ouvert sur le côté exposé au rayonnement solaire par un vitrage.
- Un vitrage qui couvre le boîtier et assure le phénomène 'd'effet de serre'.
- Une plaque absorbante qui absorbe la chaleur.
- Un isolant au fond du boîtier, d'épaisseur 35 mm, en fibre de verre, qui a pour rôle de limiter les pertes vers l'extérieur.

Un projecteur d'un rayonnement estimé de 680W/m² avec un angle d'inclinaison de 45 degrés et 30cm de distance entre le projecteur et le capteur solaire.

IV.3. Caractéristiques du capteur solaire expérimental :

IV.3.1. Le capteur solaire :

<i>Dispositif</i>	<i>Longueur</i>	<i>Largeur</i>	<i>Epaisseur</i>	<i>Conductivité</i>	
<i>Cadre (bois)</i>	<i>22,6 cm</i>	<i>21,7 cm</i>	<i>4 cm</i>	<i>0,036 W/m².K</i>	
<i>Verre</i>	<i>17,2 cm.</i>	<i>17,2 cm</i>	<i>1mm</i>	<i>Entre 0.8 à 0.93 W/m².K</i>	
<i>Isolant</i>	<i>22,6cm</i>	<i>21,6 cm</i>	<i>3,5 cm</i>	<i>Entre 0.03 à 0.045 W/m².K</i>	

IV.3.2. Les absorbeurs :

<i>Absorbeur</i>	<i>Longueur</i>	<i>Largeur</i>	<i>Epaisseur</i>	<i>Forme</i>	<i>Conductivité</i>
<i>Absorbeur1</i>	<i>22,6 cm</i>	<i>21,7 cm</i>	<i>0,8 cm</i>	<i>Plaque plane noir</i>	<i>55 W/m².K</i>
<i>Absorbeur2</i>	<i>22,6 cm</i>	<i>21,7 cm</i>	<i>0,8 cm</i>	<i>Plaque plane grise</i>	<i>55 W/m².K</i>
<i>Absorbeur3</i>	<i>22,6 cm</i>	<i>21,7 cm</i>	<i>1,205 cm</i>	<i>Plaque plane noir</i>	<i>55 W/m².K</i>
<i>Absorbeur4</i>	<i>22,6 cm</i>	<i>21,7 cm</i>	<i>0,8 cm</i>	<i>Plaque zigzag noir</i>	<i>55 W/m².K</i>

IV.3.3. Capteurs de température :

Les capteurs de température La conception de base d'un thermocouple implique deux fils métalliques aux propriétés thermiques et électriques différentes. Les deux métaux en contact sont torsadés ou soudés à une extrémité. Ils forment des points de mesure. L'autre extrémité est le point de connexion, ainsi appelé car il se connecte au lecteur de tension. Lorsque la température du point de mesure change, la densité électronique de chaque fil change également. Une tension est générée, qui est mesurée au point de connexion. Notez que les thermocouples ne mesurent pas réellement la température absolue.

Au lieu de cela, ils mesurent la différence de température entre le point de mesure et le point de connexion. C'est pourquoi les thermocouples nécessitent également une compensation de soudure froide afin que la température ambiante aux bornes de connexion n'affecte pas les résultats de mesure. Dans des conditions de laboratoire, la jonction de référence sera maintenue à une température connue, typiquement 0°C. Mais dans la pratique industrielle normale, la jonction est maintenue à température ambiante et un capteur externe est utilisé pour compenser ce changement.

Dans notre cas, on a utilisé des capteurs de températures de type K.

Le capteur de type K est une combinaison de nickel-chrome et de nickel-aluminium. Il est très populaire car il est très bon marché. Il a une plage de température de -200°C à 1200°C, une sensibilité d'environ 41µV/°C et une plage de -6,4mV à 49mV. Ce type est largement utilisé pour la mesure de température dans les industries chimiques et pétrochimiques. Les thermocouples de type K (NiCr/NiAl) sont le type de thermocouple le plus courant et sont à la fois précis et flexibles sur une large plage de températures. Les applications typiques de ces sondes à thermocouple de type K à isolation minérale comprennent les échangeurs de chaleur, les centrales électriques, les fours à briques et à ciment, les fours de traitement thermique et de cuisson, les thermostats, les thermomètres alimentaires, les diagnostics alimentaires, les véhicules et les laboratoires.



Figure 23 : Capteurs de type K utilisé au cours de l'expérience

IV.4. L'expérience :



Figure 24 : l'expérience



Figure 25 : l'emplacement des capteurs sur l'absorbeur

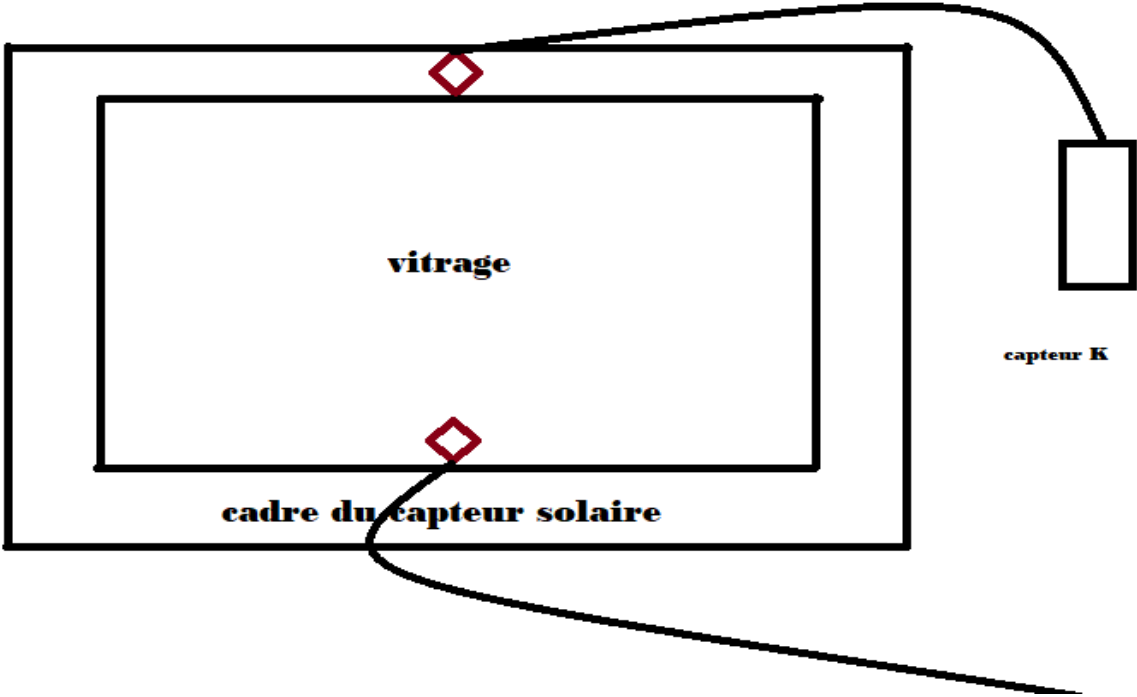


Figure 26 : l'emplacement des capteurs de températures sur la face avant du capteur solaire



Figure 27 : Emplacement des capteurs de température dans l'absorbeur



Figure 28: Emplacement des capteurs de température à l'extérieur du capteur solaire

IV.5. Résultats et interprétation :

IV.5.1 Résultats :

IV.5.1.1. Absorbeur 1 :



Figure 29 : la plaque du premier absorbeur



Figure 30 : l'expérience avec le premier absorbeur

Tableau 5 : les températures de l'absorbeur 1

t=0	28,2	28,1	27,5	28
t=1	43,6	43,4	38,8	44,2
t=2	49,1	48,7	41,3	49,4
t=3	56,2	54,3	43	52,1
t=4	62,1	59,3	44,4	55,9
t=5	66,8	63,4	45,6	58,5
t=6	70,3	66,6	47,5	60,8
t=7	73,7	69,6	48,9	63,7
t=8	76,6	72,4	49,9	65,4
t=9	79,4	74,8	51	67,9
t=10	81,9	77,2	52,9	69
t=11	84,3	79,6	54,1	70,7
t=12	86,6	81,6	53,8	72,6
t=13	88,4	83,3	54	74,4
t=14	90	84,9	54,8	75,1
t=15	91,6	86,2	55,1	75,8
t=16	92,7	86,9	54,6	76,4
t=17	93	87,6	54,5	76,9
t=18	94,3	88,8	54,5	77,6
t=19	95,4	89,9	54,3	78,3
t=20	96,6	90,9	54,6	78,4
t=21	97,4	91,8	54	79,4
t=22	98,4	92,6	53,9	80,5
t=23	99,4	93,6	54,1	81
t=24	100,2	94,3	54,1	81,4
t=25	100,5	94,9	54,2	82,5
t=26	101,6	95,5	54,2	82,5

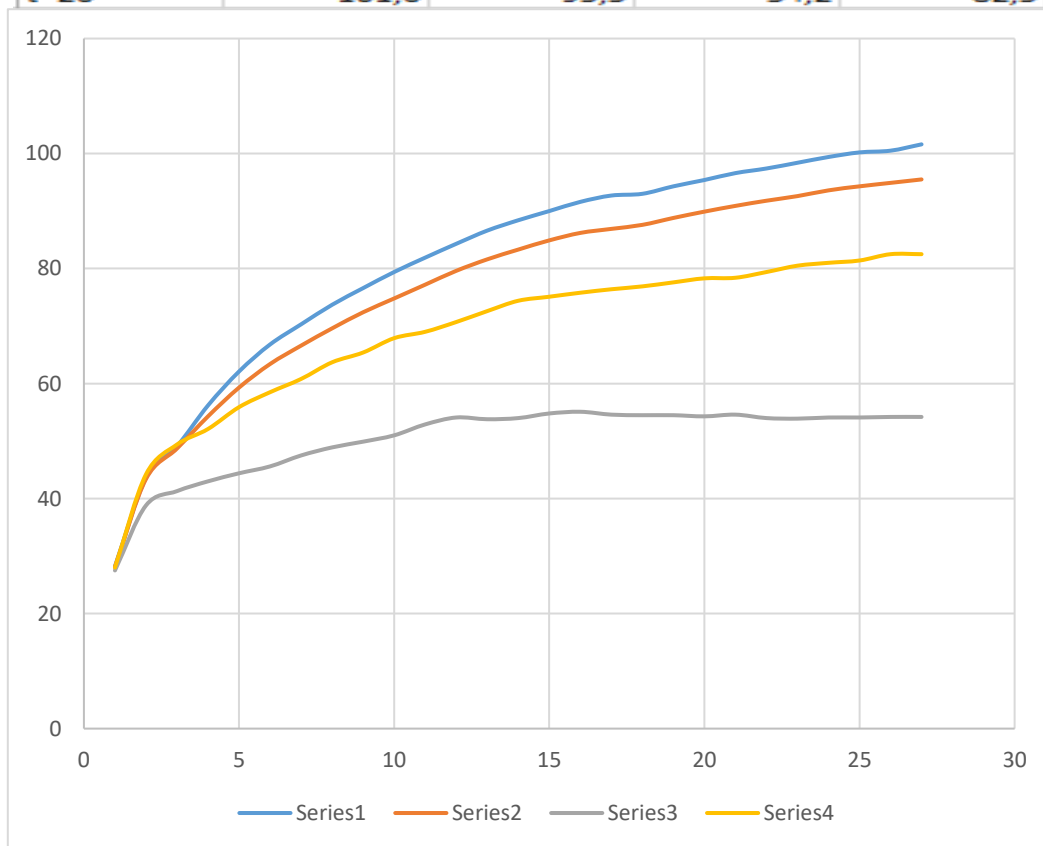


Figure 31 : la courbe de changement de température de l'absorbeur 1

IV.5.1.2. Absorbeur 2 :



Figure 32 : Absorbeur2 plaque mince plane grise



Figure 33 : l'experience avec le 2eme absorbeur

Tableau 6 : les températures de l'absorbeur 2

t=0	27,7	27,7	27,8	28
t=1	34,5	33,1	35,5	47,1
t=2	41,1	38,4	40,6	49,9
t=3	45,3	41,6	40,6	52,6
t=4	48,6	42	43,1	54,4
t=5	51,2	43	45,3	56,4
t=6	53,4	44,9	47,2	58,6
t=7	55,6	46,9	48,2	60,4
t=8	57,4	48,2	49,9	62
t=9	59,1	50,6	52,6	63,3
t=10	60,8	50,3	52,9	62,1
t=11	62,1	51	54,1	59,9
t=12	64	52,4	54,8	60,7
t=13	66,5	53,1	54	63,5
t=14	72,4	56	54,8	64,8
t=15	76	57,1	55,1	66,1
t=16	76,9	58,3	54,6	66,8
t=17	77,5	58,8	54,5	67
t=18	77,9	59,1	54,6	67,2

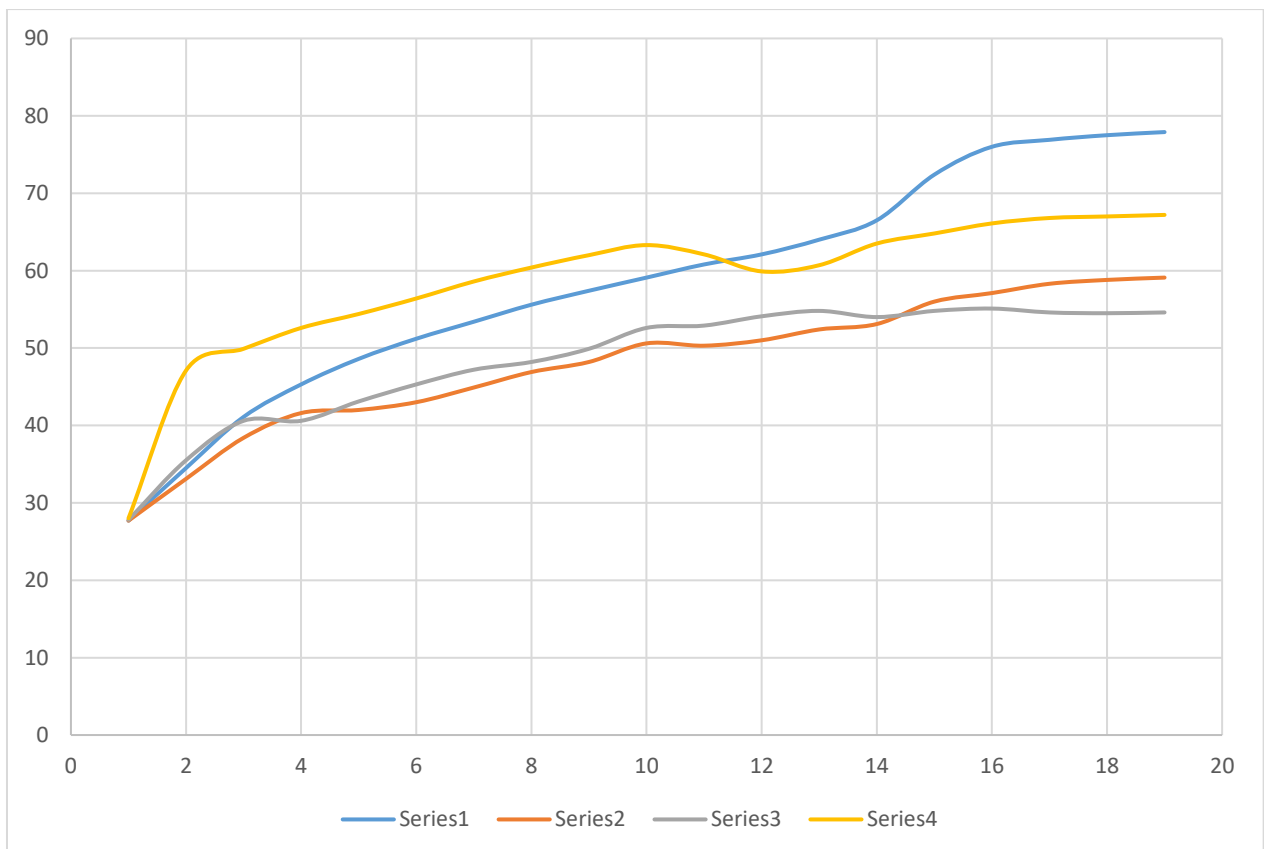


Figure 34: la courbe de changement de température de l'absorbeur 2

IV.5.1.3. Absorbeur 3 :



Figure 35 : Absorbeur 3 plaque noir plane épaisse

Tableau 7 : les températures de l'absorbeur 3

t=0	30,6	29,9	30,1	30,1
t=1	43,1	37,4	34,9	44,1
t=2	48,7	44,4	39,8	49,4
t=3	52,8	49,9	44,3	53,1
t=4	55,5	55,1	48,7	56,4
t=5	58,9	58	52,3	60,1
t=6	62,7	59,8	55	63,6
t=7	66,4	61,3	54,1	66,1
t=8	69,7	63,1	54,2	68,4
t=9	72,6	64,8	53,9	71,2
t=10	75,8	66,3	53,8	74
t=11	78,4	67,6	54,2	76,7
t=12	81,2	69,1	53,8	79,3
t=13	83,5	70,6	53,8	80,3
t=14	85,6	71,9	53,9	81,9
t=15	87,9	73,4	52,1	82,5
t=16	89,8	74,5	54,3	84,3
t=17	91,8	75,6	54,1	85,6
t=18	93,3	75,9	54,3	85,8
t=19	94,1	76,2	54,3	86

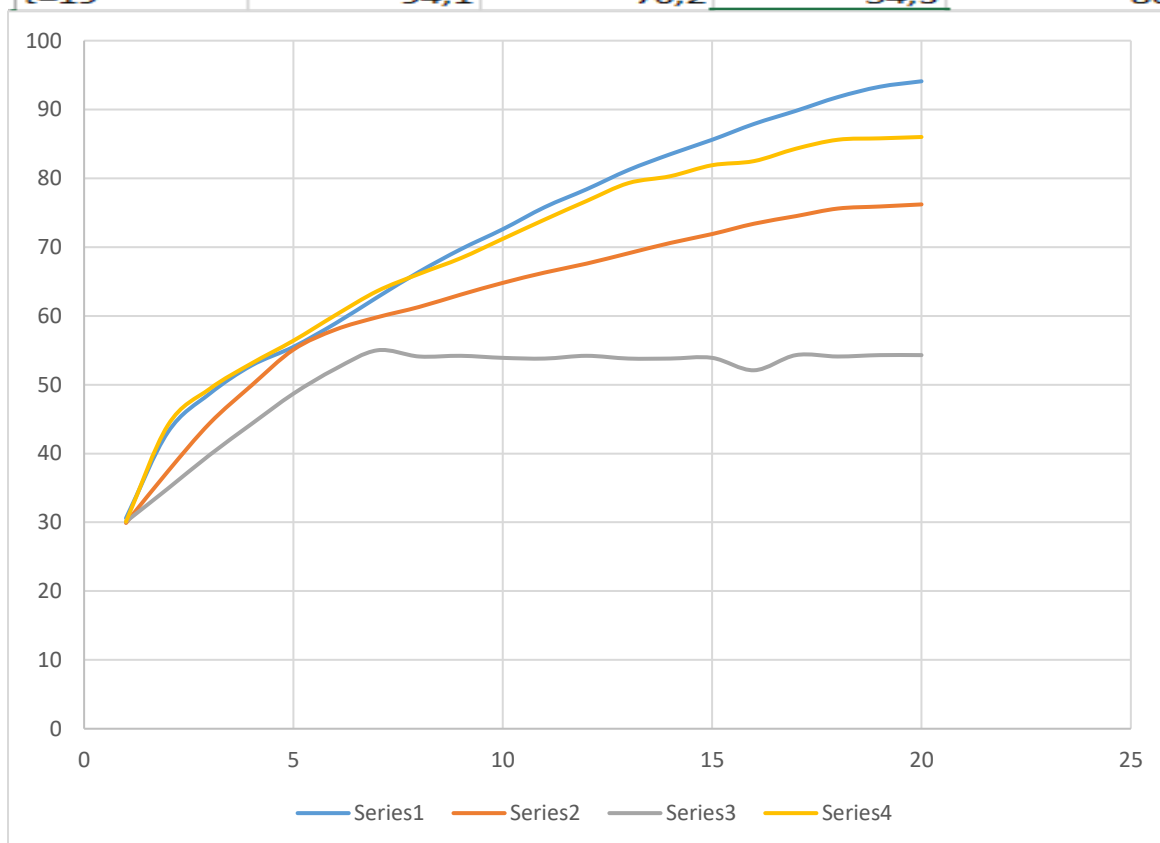


Figure 36 : la courbe de changement de température de l'absorbeur 3

IV.5.1.4. Absorbeur 4 :



Figure 37 : Absorbeur 4 plaque noire en zigzag

Tableau 8 : les températures de l'absorbeur 4

t=0	30,6	29,9	30,1	30,1
t=1	43,1	37,4	34,9	44,1
t=2	48,7	44,4	39,8	49,4
t=3	52,8	49,9	44,3	53,1
t=4	55,5	55,1	48,7	56,4
t=5	58,9	58	52,3	60,1
t=6	62,7	59,8	55	63,6
t=7	66,4	61,3	54,1	66,1
t=8	69,7	63,1	54,2	68,4
t=9	72,6	64,8	53,9	71,2
t=10	75,8	66,3	53,8	74
t=11	78,4	67,6	54,2	76,7
t=12	81,2	69,1	53,8	79,3
t=13	83,5	70,6	53,8	80,3
t=14	85,6	71,9	53,9	81,9
t=15	87,9	73,4	52,1	82,5
t=16	89,8	74,5	54,3	84,3
t=17	91,8	75,6	54,1	85,6
t=18	93,3	75,9	54,3	85,8
t=19	94,1	76,2	54,3	86

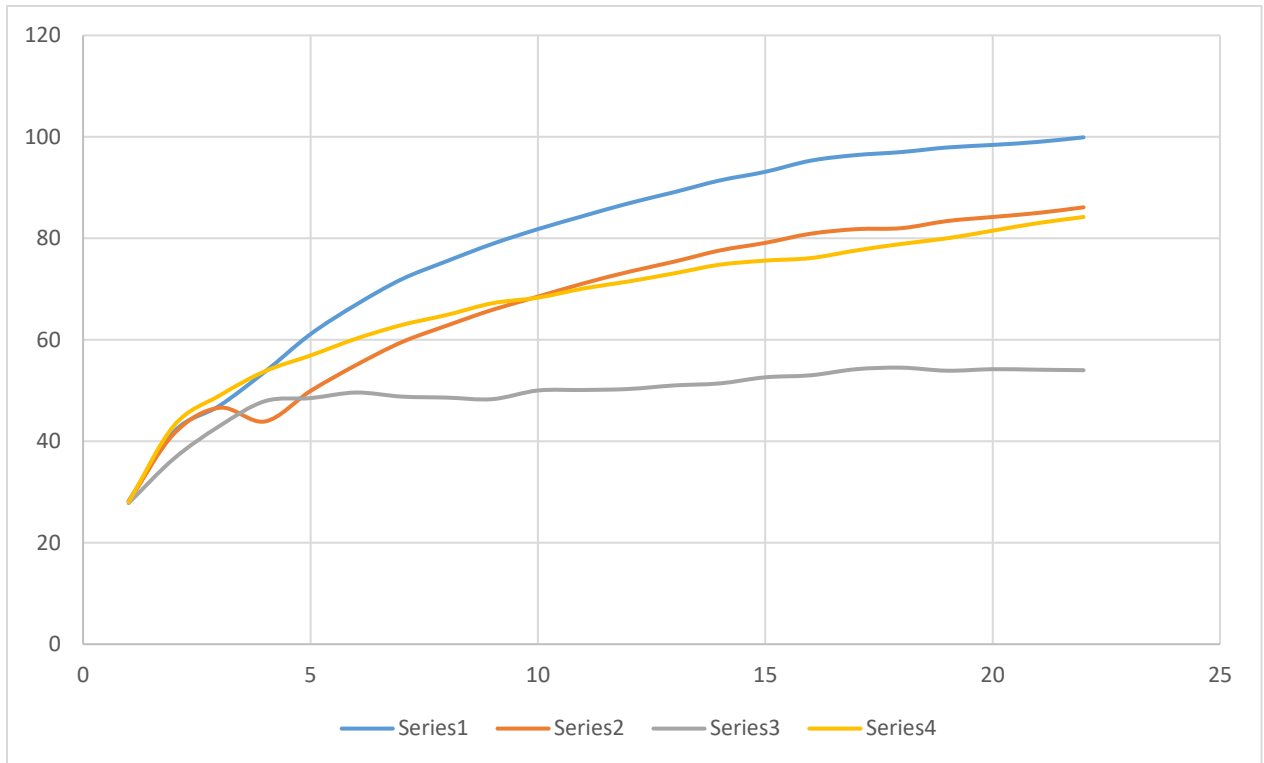


Figure 38 : : la courbe de changement de température de l'absorbeur 3

IV.5.2. Calcul des rendements :

On utilise la formule de calcul de rendement global qu'on a dans le 3eme chapitre :

On a $B = 0.82$, l'irradiance = 680W/m^2 et le coefficient de transmission thermique $K=5.10\text{W/m}^2.\text{K}$.

1^{er} cas : plaque noir mince :

$$\eta_{\text{capteur}} = \beta - K \times (T_m - T_{\text{ext}}) \div \text{Irradiance au m}^2$$

$$P_{\text{abs}} = 0.82 \times 680 = 557,6 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Pertes thermiques} = K \times (T_m - T_{\text{ext}})$$

$$\text{Pertes thermiques} = 5.10\text{W/m}^2.\text{K} (82,27 - 28) = 288.405 \text{ W/m}^2.$$

$$\eta_{\text{capteur}} = B - K \times (T_m - T_{\text{ext}}) \div \text{Irradiance} = 0,82 - 5.10\text{W/m}^2.\text{K} (82,27 - 28) \div 680\text{W/m}^2$$

$$\eta_{\text{capteur}} = 0.4129 = 41,29\%$$

2eme cas : plaque en zigzag

$$\eta_{\text{capteur}} = B - K \times (T_m - T_{\text{ext}}) \div \text{Irradiance} = 0,82 - 5.10\text{W/m}^2.\text{K} (76,60 - 28,1) \div 680\text{W/m}^2$$

$$\eta_{\text{capteur}} = 0,4562 = 45,62\%$$

3eme cas : plaque épaisse en noir :

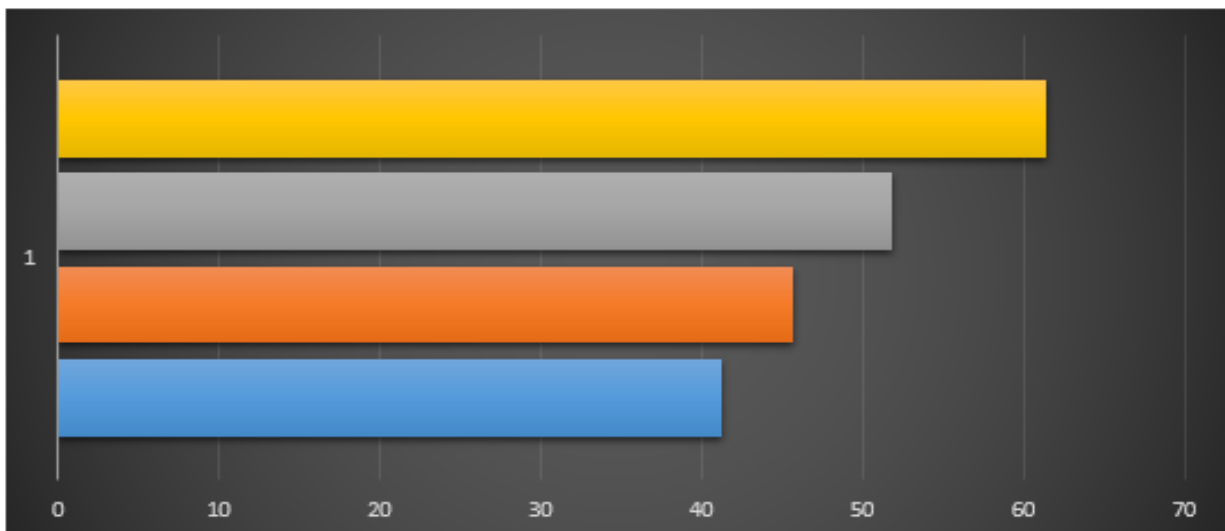
$$\eta_{\text{capteur}} = B - K \times (T_m - T_{\text{ext}}) \div \text{Irradiance} = 0,82 - 5.10\text{W/m}^2.\text{K} (70,18 - 30) \div 680\text{W/m}^2$$

$$\eta_{\text{capteur}} = 0,5186 = 51,86 \%$$

4eme cas : plaque mince grise :

$$\eta_{\text{capteur}} = B - K \times (T_m - T_{\text{ext}}) \div \text{Irradiance} = 0,82 - 5.10\text{W/m}^2.\text{K} (57,49 - 30) \div 680\text{W/m}^2$$

$$\eta_{\text{capteur}} = 0,6138 = 61,38\%$$



couleur	Bleu	Rouge	Gris	orange
absorbeur	1	2	3	4
capteur	Milieu de la plaque	Vitrage	Le cadre	Coin de la plaque

Figure 39 : graphe des rendements de chaque absorbeur

IV.5.3. Interprétation des résultats :

La plaque mince en noir augmente de température de façon plus élevée que la plaque mince en gris ; parce que la couleur noire absorbe un maximum de flux solaire que la couleur grise d'où la température augmente à un niveau plus élevé que la température du deuxième absorbeur.

La plaque mince en noir augmente de température très rapidement et à un niveau supérieur que celui de la plaque épaisse (3eme absorbeur), ce résultat est due à la propriété thermodynamique de la diffusivité de chaleur k , on voit bien que la plaque la plus mince permet le flux de chaleur de bien traversé la plaque et atteindre tt les côtés plus vite que la plaque épaisse.

La plaque plane en noir évolue dans la température de façon plus rapide que la plaque en forme de zigzag, ce qui implique que l'absorptivité dépend d'un côté de la nature de la surface d'absorbeur.

CONCLUSION GENERALE

V. CONCLUSION GENERAL :

Les énergies renouvelables nous offrent une variété de méthodes de production d'énergie utile. Les choix centralisés nous conduisent souvent à privilégier plusieurs sources énergie, sans vraiment analyser le bien-fondé de cette attitude. Dans ce mémoire, nous utilisons l'énergie la plus appropriée pour le but. (Solaire). Cette énergie a des bénéfices planétaires, prenons un exemple :

- Son coût d'extraction (le soleil est gratuit !).
- Renouvelable.
- Son impact environnemental

Ces études montrent qu'il est possible d'utiliser le soleil de plusieurs façons, en particulier dans les applications de logement, de chauffage de l'eau et de séchage solaire.

Ce travail présente une étude expérimentale pour examiner les effets des paramètres géométriques et thermo physiques sur les performances des capteurs solaires à panneaux plans vitrés. La recherche se concentre sur différents prototypes de capteurs. La série d'expériences a été réalisée sur 4 prototypes d'absorbeurs de même taille avec différentes épaisseurs et différentes couleurs.

Les résultats obtenus de notre travail montrent que l'efficacité des capteurs solaires plans vitrés est plus importante quand on améliore la conductivité de la plaque absorbant, l'épaisseur et la couleur jouent un rôle important dans l'absorption des rayons solaire incident et de de transférer le flux de chaleur à chaque point de la plaque d'absorbeur pour accélérer l'augmentation en température.

Enfin, la synthèse des résultats discutés dans cette étude incite à orienter les travaux vers un complément utilisant des méthodes d'optimisation afin de définir les meilleurs choix adéquats en matière d'absorbeur.

Référence bibliographique

BIBLIOGRAPHIE

1. N. Moummi, H. Benfatah, N. Hatraf, A. Moummi et S. Youcef Ali, Le rafraîchissement par la géothermie : étude théorique et expérimentale dans le site de Biskra, (8/5/2014). \09 mai2022
2. Angelique Ngaha, Capteurs solaires thermiques plan, captation, 2015 (source chapitre4) 11 mai2022
3. M. Amraoui, Etude numérique d'un capteur solaire plan à air Influence de la forme de la rugosité, Page 31:43
4. A. Benkhelifa, Modélisation et expérimentation d'un capteur solaire plan à eau influence de l'intensité de l'éclairement solaire et de l'inclinaison du capteur solaire sur le rendement du capteur ; page 17:39
5. B. Samuel, De l'étude à réalisation de projets en développement durable, Energie 2030 Agence s.a. 087/632 444.
6. Bemmer, C., Durst, F., McEligot, DM, Numerical study of fluid flow and heat transfer in a parallel plate channel with baffles, Journal of Heat Transfer, pp. 106-743(1984).
7. C. Cheng and W. Huang, Numerical prediction for laminar forced convection in parallel-plate channels with transverse fin arrays, International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 34, Issue 11, pp. 2739-2749 (1991).
8. F. Bazdidi-Tehrani, , and M. Naderi-Abadi, Numerical Analysis of Laminar Heat Transfer in Entrance Region of a Horizontal Channel with Transverse fins, International Communications in Heat and Mass Transfer, Vol. 31, No. 2, pp. 211-220 (2004).
9. A. Ferdjani, Développement d'un logiciel de simulation des performances thermiques des capteurs solaires plans", pp 12-24(07/02/2013).
10. s. Karsali, l'allongement du capteur solaire influe fortement sur son efficacité (2007).
11. M. Marwa, B. Yvan, Design, construction and performance prediction of integrated solar roof collectors using finite element analysis, Construction and Building Materials, 21 (2007).

Références

12. F. Mokhtari et d. Semmar, étude expérimentale d'un capteur solaire a air
13. K.Aoues, n.Moummi, m.Zellouf, a. Moummi, a. Labed, e. Achouri et a. Benchabane, amélioration des performances thermiques d'un capteur solaire plan a air : étude expérimentale dans la région de Biskra.
14. S. Saadi, Effet des paramètres opérationnels sur les performances d'un capteur solaire plan, pp 49-50

WEBOGRAPHIE

1. <https://youmatter.world/fr/definition/energies-renouvelables-definition/#:~:text=Les%20%C3%A9nergies%20renouvelables%20et%20les%20%C3%A9missions%20de%20CO2&text=Pour%20cette%20raison%2C%20les%20EnR,des%20productions%20d%C3%A9carbonn%C3%A9es%20et%20d%C3%A9centralis%C3%A9es.> 08 mai2022
2. <https://www.pinterest.fr/pin/180495897546527657/> . 08 mai2022
3. <http://insim-constantine.over-blog.org/article-reseaux-electriques-comprendre-le-delestage-108890878.html> 08 mai2022
4. <https://www.parceolienlacroixdepauvet.fr/energie-eolienne> 08 mai2022
5. <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energie-eolienne> 08 mai2022
6. <https://parismatch.be/actualites/environnement/461422/le-plus-grand-parc-eolien-offshore-du-monde-va-etre-construit-en-coree-du-sud> 08 mai2022
7. <https://conseil-chauffage.com/la-geothermie-une-source-denergie-inepuisable-sous-nos-pieds-echosciences/> 08 mai2022
8. <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/biomasse> 08 mai2022 [8]
9. <https://sonatrach.com/wp-content/uploads/2020/10/Sonatrach-News-N%C2%B029.pdf> 09 mai2022
10. https://conseils-thermiques.org/contenu/panneau_solaire_thermique.php#principe 11 mai2022
11. <https://www.habitatpresto.com/mag/electricite/panneaux-photovoltaiques/fonctionnement-photovoltaique/> 11 mai2022
12. <https://www.pinterest.com/pin/639159372094420258/> 11 mai2022 [14]
13. <https://catalogue.k2-systems.com/fr/> 11 mai2022
14. https://fr.onosisolar.com/deflector-type-air-solar-collector_53.html 11 mai2022
15. <http://www.foad.uadb.edu.sn/mod/book/view.php?id=2429&chapterid=1478> 14 mai2022
16. <http://www.foad.uadb.edu.sn/mod/book/view.php?id=2429&chapterid=1478> 14 mai2022