

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued



FACULTE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIEMECHANIQUE

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Énergies renouvelables

Spécialité : Énergies renouvelables en mécanique

Thème

**Évaluation expérimentale de performance d'un capteur
solaire plan à air muni des obstacles sur l'absorbeur.**

Devant le jury composé de :

Dr. ATIA ABD ELMALEK	Président
Dr. BOUKHARI ALI	Examineur
Dr. NADIR NADIA	Encadreur
Dr. AOUN YACINE	Co-Encadreur

Présenté par :

- BENHANIA Khaled
- KADRI Houssam eddine
- BENTOURKIA Abdelhafid
- GHEDAIRI Khaled

2022-2023

Remerciement

*"Nous exprimons notre sincère gratitude et nos remerciements au miséricordieux et miséricordieux Allah pour nous avoir guidés avec la Volonté et la détermination qui nous ont permis de réaliser cette réalisation exceptionnelle. Nous adressons également nos sincères remerciements aux merveilleux mentors qui nous ont aidés dans ce projet, **Dr Nadia Nadir** et **Dr Aoun Yacine**, qui ont non seulement fourni une supervision exceptionnelle, mais également un soutien inestimable. Nous tenons également à remercier les membres du Comité de discussion qui ont participé à l'évaluation de notre travail avec crédibilité et professionnalisme. Et un grand merci à tous les membres de l'équipe qui ont contribué à nos progrès dans le domaine du génie mécanique, et à nos merveilleux professeurs qui ont transféré leurs connaissances et leur expérience de la meilleure façon pendant notre période d'études. Nous sommes reconnaissants à ceux qui nous ont apporté un soutien moral dans les moments difficiles et ont partagé des moments de joie avec nous."*

Dédicace

Nous dédions cet humble travail à:

Chers parents, frères et sœurs .

À tous la famille: Bentourkia .

À toute la famille: Benhania

À toute la famille : Kadri

À tous la famille: Ghedairi

À tous nos amis

Et à tous nos camarades du lot 2022/2023 et pour les bons

moments que nous avons passés ensemble .

Et à tous les professeurs qui nous ont aidés de près et de loin,

en particulier le professeur Nadir Nadia et le professeur Aoun

Yacine

الملخص

هذه الدراسة تسلط الضوء على أهمية تحسين أداء المجمعات الشمسية من خلال إجراء تجارب عملية على ثلاثة مجمعات شمسية هوائية مسطحة بمساحة 0.5 م². تم توصيلها بأقماع لتجميع الهواء الخارج منها، واستخدام حواجز مائلة متداخلة وخطية، بالإضافة إلى تطبيق تقنية الرمل المعالج فوق السطح الممتص. تمت المقارنة بين هذه المجمعات ومجمع بدون حواجز وبدون استخدام الرمل.

يبرز هذا البحث أهمية الاستفادة الفعّالة للمجمعات الشمسية من تقنيات متطورة، مثل حواجز مائلة متداخلة وخطية، مما يعزز من مردودها الحراري ويزيد من كفاءة تحويل الطاقة الشمسية.

الكلمات المفتاحية: المجمع الشمسي. الحواجز المائلة المتداخلة والخطية. المردود الحراري.

Résumé

Cette étude souligne l'importance d'améliorer les performances des capteurs solaires en menant des expériences pratiques sur trois capteurs solaires à air plat d'une superficie de $0,5 \text{ m}^2$. Ils étaient reliés à des cônes pour collecter l'air qui en sortait, en utilisant des chicanes inclinées quinconce et linéaires, ainsi qu'en appliquant la technique du sable traité sur la surface absorbée. Une comparaison a été faite entre ces complexes et un complexe sans barrières et sans utilisation de sable.

Cette recherche met en évidence l'importance d'une utilisation efficace des capteurs solaires issus de technologies de pointe, telles que les chicanes inclinées quinconce et linéaires, qui améliorent leur retour de chaleur et augmentent l'efficacité de la conversion de l'énergie solaire.

Mots clés : Le capteur solaire. Chicanes inclinées quinconce et linéaires. Rendement thermique.

Abstract

This study highlights the importance of improving the performance of solar collectors by conducting practical experiments on three flat Air solar collectors with an area of 0.5 m^2 . They were connected with cones to collect the air coming out of them, using staggered and linear inclined baffles, as well as applying the technique of treated sand on top of the absorbed surface. A comparison was made between these complexes and a complex without barriers and without the use of sand.

This research highlights the importance of effective utilization of solar collectors from advanced technologies, such as overlapping and linear inclined barriers, which enhance their heat return and increase the efficiency of solar energy conversion.

Keywords: Solar collector. Staggered and linear inclined chicanes. Thermal efficiency.

Table des matières

Remerciement.....	i
Dédicace.....	ii
Résumé.....	iii
Table des matières.....	v
Nomenclatures.....	viii
Liste des figures.....	x
Liste des Photos.....	xiii
Liste des Tableau.....	xiv
Introduction général	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.

CHAPITRE I: Généralité sur les énergies renouvelables

Introduction	5
I.1. Les énergies renouvelables	5
I.1.1. Types des énergies renouvelables	5
I.1.1.1.L'énergie éolienne	5
I.1.1.2.L'énergie biomasse.....	6
I.1.1.3. L'énergie géothermique.....	7
I.1.1.4.L'énergie hydroélectrique.....	9
I.1.1.5. L'énergie marémotrice	10
I.1.1.6. Énergie solaire	11
I.2 Gisement et rayonnement solaire.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
I.3. Principe de calcul de l'énergie solaire	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
I.3.1. Déclinaison du soleil.....	15
I.3.2. Angle horaire	15
I.4 Définition des différents temps	16
I.4.1. Le temps solaire vrai.....	16
I.4.2. Le temps solaire moyen	16
I.4.3. Le temps universel	16
I.5. L'équation du Temps	16

I.6. Mouvements de la Terre.....	17
I.6.1. Mouvement apparent du Soleil.....	17
I.6.2. L'azimut	18
I.6.3. La hauteur.....	18
I.6.4. Latitude	19
I.6.5. Longitude	19
I.7. Durée et taux d'ensoleillement	19
I.7.1. Durée d'ensoleillement	20
I.7.2. Taux d'ensoleillement.....	20
I.8. Rayonnements solaires.....	20
I.8.1. Les composantes du Rayonnements solaires	21
I.8.1.1. Le Rayonnement direct	21
I.8.1.2. Le Rayonnement diffus	21
I.8.1.3. Albédo	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
I.8.1.4. Le Rayonnement globale	22
I.9. Rayonnement en Algérie.....	22
Conclusion.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.

CHAPITRE II: Étude théorique du capteur solaire plan

Introduction	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.1. Les différents types des capteurs solaires	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.1.1. Capteurs solaires électriques (cellules photovoltaïques)	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.1.2. Capteurs solaires photochimiques	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.1.3. Capteurs solaires thermiques	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.1.3.1. Les différents types des capteurs solaires thermiques	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.2. Les capteurs solaires plans	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.2.1. Le capteur plan chauffe eau solaire	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.2.2. Capteur solaire sous vide.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.2.3. Capteur solaire à air.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.4. Etude théorique du capteur solaire à air	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.4.1. Composants du capteur solaire à air	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.4.1.1. Panneau solaire (absorbeur)	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.4.1.2. Couvercle transparent	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.4.1.3. Isolant	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.

II.4..1.4. Structure externe	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II-4.2 Le principe de fonctionnement du capteur solaire à air	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.4.3. caractéristiques opérationnelles et paramètres des capteurs solaires	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.5. transferts de chaleur	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.6. Rendement	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
II.6.1. le rendement journalier	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
Conclusion	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.

CHAPITRE III: Étude expérimentale du capteur solaire plan

Introduction	38
III.1. Conception du capteur plan à air	38
III.2. Composants du capteur solaire plan à air	39
III.2.1. Coffre (Couverture extérieure)	40
III.2.2. Absorbeur	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
III.2.3. Isolation thermique	43
III.2.4. Couverture verre	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
III.2.5. Chicane	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
III.2.6. Entonnoirs	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
III.3 Les instruments de mesure	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
III.3.1. Mesure de la température	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
III.3.2. Mesure du rayonnement solaire global	48
III.3.3. Mesure de la vitesse de l'air	48
III.4. Résultats expérimentaux	49
III.4.1. Variation de la température de l'air ambiant et du rayonnement	49
III.4.2. Variation de la différence de température des capteurs solaires (chicanes inclinée + sable quinconce et linéaire)	50
III.4.3. Variation de la différence de température des capteurs solaires (effet d'angle d'inclinaison)	52
III.4.4. Rendement thermique des capteurs solaires	53
III.5. Conclusion	56
Conclusion générale:	57
Références Bibliographiques	59

Nomenclatures

TSV	Temps solaire vrai	s
TSM	Temps solaire moyen	s
TU	Temps univers	s
Q	Flux de chaleur	w
Q	Flux échangé par convection	w
T_p	Température de la paroi solide.	°C
T_f	Température du fluide.	°C
S	Surface	m ²
ε	Émissivité thermique du matériau.	/
σ	Constante de Stefan-Boltzmann évaluée	W/m ² .K ⁴
Te	Température d'entrée du capteur	°C
Ts	Température de sortie du capteur	°C
Tabs	Température de l'absorbeur	°C
Tamb	Température de l'air ambiante	°C
Ve	Vitesse de l'air à l'entrée du capteur	m/s
Vs	Vitesse de l'air à la sortie du capteur	m/s
Vamb	Vitesse de l'air ambiant	m/s
ηj	Rendement journalier	/
A	Surface d'échange	m ²

Liste des figures

CHAPITRE I: Généralité sur les énergies renouvelables

Figure I.1: Exemple sur l'énergie biomasse.....	7
Figure I.2 : Exemple sûr l'énergie géothermique.....	8
Figure I.3 : Exemple sur l'énergie marémotrice.....	10
Figure I.4 : Plan de l'utilisation de l'énergie solaire.....	13
Figure I.5 : Représentation graphique de l'équation du temps en fonction des mois.....	17
Figure I.6 : Schématisation des mouvements de la Terre autour du Soleil.....	17
Figure I.7 : Mouvement apparent du Soleil observé d'un point de latitude φ	18
Figure I.8 : Repérage de la position du Soleil.....	19
Figure I.9: Transmission du rayonnement solaire.....	22
Figure I.10 : Rayonnement en Algérie.....	23

CHAPITRE II: Étude théorique du capteur solaire plan

Figure II.1 : Capteurs solaires photovoltaïques.....	25
Figure II.2 : Capteurs solaires photochimiques.....	26
Figure II.3 : Schéma d'un capteur à concentration type parabolique.....	27
Figure II.4 : Schéma d'un capteur à concentration type cylindro-paraboliques.....	28
Figure II.5 : Schéma d'un capteur à concentration type centrale a tour.....	29
Figure II.6 : Schéma d'un capteur plan type chauffe-eau solaire.....	30
Figure II.7 : Schéma d'un capteur plan type sous vide.....	31
Figure II.8 : Schéma de principe d'un capteur solaire plan à air.....	32
Figure II.9 : Schéma de principe d'un capteur solaire plan à air.....	33
Figure II.10 : Les différents échanges thermiques dans un capteur solaire plan.....	35

CHAPITRE III: Étude expérimentale u capteur solaire plan

Figure III.1 : Dimensions du capteur plan a' air.....	40
Figure III.2 : Dimensions 3D des chicanes linéaire	44
Figure III.3 : Dimensions 3D des chicanes quinconce	45
Figure III.4 : Variation de la température de l'air ambiant et du rayonnement.....	49
Figure III.5 : Variation de la différence de température des capteurs solaires (chicanes inclinée quinconce et linéaire + sable) angle 23°.....	50
Figure III.6 : Variation de la différence de température des capteurs solaires (chicanes inclinée quinconce et linéaire + sable) angle 33°.....	51
Figure III.7 : Variation de la différence de température des capteurs solaires (chicanes inclinée quinconce et linéaire + sable) angle 43°.....	51
Figure III.8 : Variation de la différence de température des capteurs solaires(chicanes inclinée quinconce + sable et effet d'angle d'inclinaison (23°,33° et.....	52
Figure III.9 : Variation de la différence de température des capteurs solaires (chicanes inclinée linéaire + sable et effet d'angle d'inclinaison (23°,33° et 43°).....	53
Figure III.10 : Variation de rendement dans différents capteurs solaires à l'angle 23°.....	54
Figure III.11 : Variation de rendement dans différents capteurs solaires à l'angle 33°.....	54
Figure III.12 : Variation de rendement dans différents capteurs solaires à l'angle 43°.....	55
Figure III.13 : Variation de rendement dans capteurs solaires chicanes inclinée linéaire + sable à l'angle (23°, 33° et 43°)	55

Liste des Photos

CHAPITRE I: Généralité sur les énergies renouvelables

Photo I.1 : Exemple sur l'énergie éolienne.....	5
Photo I.2 : Exemple sur l'énergie hydroélectrique.....	9
Photo I.3 : Exemple sur les capteurs plans d'énergie solaire.....	12

CHAPITRE III: Étude expérimentale u capteur solaire plan

Photo III.1 : Les quatre capteurs solaires fabriqués.....	39
Photo III.2 : Capteur solaire à réaliser.....	40
Photo III.3 : Coffre (Couverture extérieure) du capteur.....	41
Photo III.4 : Plaque d'aluminium.....	42
Photo III.5 : Absorbeur.....	42
Photo III.6 : Isolation thermique (Laine de verre).....	43
Photo III.7 : Couverture verre.....	44
Photo III.8 : chicanes inclinée linéaire + sable.....	45
Photo III.9 : chicanes inclinée quinconce + sable.....	46
Photo III.10 : Entonnoirs.....	46
Photo III.11 : Thermocouple.....	47
Photo III.12 : Armoire de mesure.....	47
Photo III.21 : Pyranomètre (Pyranomètre modèle 4890.20 "Frederiksen").....	48
Photo III.22 : Anémomètre Kestrel 1000.....	48

Liste des Tableau

CHAPITRE I: Généralité sur les énergies renouvelables

Tableau I.1: quelque valeur de l'albédo.....	22
---	----

Introduction général

Introduction général

Au cours des dernières années, le monde a observé une accélération significative de la croissance démographique, particulièrement marquée en Asie et en Afrique. Cette augmentation démographique a engendré une demande croissante en énergie, nécessaire à la vie quotidienne et à divers secteurs. Les énergies fossiles, comme le pétrole et le gaz, ont été utilisées pour répondre à cette demande, mais elles engendrent des dommages environnementaux et ont un impact néfaste sur le climat.

Face à cette situation, des chercheurs et scientifiques s'efforcent de trouver des substituts aux énergies fossiles, et les énergies renouvelables ont émergé comme des solutions prometteuses. Les énergies renouvelables, telles que l'énergie solaire, éolienne et hydraulique, sont considérées comme des options durables, pouvant être exploitées indéfiniment sans causer de graves dommages environnementaux.

Parmi ces sources d'énergie renouvelable, l'énergie solaire se distingue comme particulièrement importante. Elle repose sur l'utilisation des rayons solaires pour générer de l'électricité à l'aide de panneaux solaires et de turbines spéciales. Sa facilité d'utilisation et le renouvellement quotidien du rayonnement solaire en font une alternative fiable et efficace aux énergies fossiles.

Dans cette étude, nous allons examiner la conception et l'analyse d'un système solaire aérien plat, ainsi que la réalisation d'expériences visant à obtenir des résultats et des conclusions qui contribueront au domaine de la recherche scientifique dans ce domaine crucial. Ce document aborde une introduction générale, trois chapitres et une conclusion générale. Dans le premier chapitre, intitulé "Aperçu des énergies renouvelables", nous abordons les types les plus importants d'énergies renouvelables avec des définitions simples pour chacun, ainsi que les avantages et inconvénients spécifiques. Le deuxième chapitre, "Technologie des capteurs solaires", examine en détail l'énergie solaire, son utilisation et les différentes formes de capteurs solaires. Nous nous concentrons sur le capteur solaire à air plat, qui est au cœur de nos recherches, en détaillant ses composants, son fonctionnement et ses principes. Le troisième et dernier chapitre, Cette étude présente une série d'expériences réalisées sur quatre prototypes de capteurs solaires plans à air, traite de la conception, de la réalisation et des expériences menées sur ce système, en utilisant des instruments de mesure de température, de luminosité solaire et de vitesse du vent. L'objectif de cette étude est d'optimiser les performances thermiques des capteurs en utilisant des techniques telles que l'intégration de chicane et l'application de matériaux locaux (comme le sable) sur l'absorbeur de trois des prototypes. Notre étude s'est concentrée sur l'effet de la pente de l'angle des

chicanes sur l'efficacité des capteurs solaires. Les résultats obtenus ont été présentés sous forme de graphiques et d'analyses détaillées, conduisant à des conclusions significatives. En conclusion, ce mémoire résume l'ensemble des éléments précédents et met en avant les résultats les plus importants obtenus.

Chapitre I

Généralité sur les énergies renouvelables

Introduction

L'énergie qui provient de sources naturelles, ce qui signifie qu'elle fournit une énergie importante et toujours renouvelable, les sources d'énergie dont vous avez besoin sont différentes, limitées et deux très petits amis, et que son effet est simple et n'est pas comparable à l'effet des combustibles fossiles, par exemple. Les sources d'énergie renouvelables sont venues du pays qui recherche le développement durable, et près de 8 % de cette quantité a été obtenue par la Chine, et un sixième entre les États-Unis d'Amérique et l'Inde [1].

I.1. Les énergies renouvelables

I.1.1. Types des énergies renouvelables

I.1.1.1. L'énergie éolienne

L'énergie éolienne est une forme de sources d'énergie renouvelables, dans laquelle les turbines convertissent l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique ou électrique, et utilisent cette énergie pour fournir l'énergie nécessaire à de nombreux domaines différents. Tels que l'industrie, l'agriculture, etc [1]. L'électricité est générée à partir de l'énergie éolienne à l'aide de turbines, car le vent déplace les ailettes de la turbine qui ressemblent à un ventilateur, ce qui entraîne sa rotation, qui à son tour fait fonctionner le générateur responsable de la génération mécanique. et l'énergie électrique [2].



Photo I.1: Exemple sur l'énergie éolienne.

Avantage

- Préserve l'environnement car il travaille à réduire le dioxyde de carbone.
- L'énergie éolienne est exempte de tous les polluants liés aux centrales nucléaires fossiles et nucléaires.
- Peu coûteux car il est possible d'établir une ferme aérienne contenant de grandes tours en une semaine.
- Non affecté par la hausse des prix des combustibles fossiles.
- Il n'a pas besoin de forage et d'exploration pour être extrait, pas même pour les centrales électriques.
- Renouvelable Étant donné que c'est une énergie impénétrable.

Inconvénient

- Cette énergie ne peut pas alimenter le secteur des transports, ce qui conduit à la dépendance du secteur des transports uniquement aux produits pétroliers.
- Bien qu'il s'agisse d'une énergie renouvelable, elle est saisonnière et parfois la vitesse du vent ne correspond pas à l'énergie électrique.
- L'effet visuel de la rotation des turbines et le bruit émis.
- Choisir l'emplacement approprié pour la construction des turbines.
- Les turbines géantes tuent parfois certains oiseaux, surtout pendant leur période de migration.

I.1.2. L'énergie biomasse

La biomasse est une matière organique renouvelable qui provient des plantes et des animaux. Les plantes produisent de la biomasse par photosynthèse et elle est utilisée comme source de combustible très importante dans de nombreux pays, en particulier pour la cuisine et le chauffage dans les pays en développement [3].

La biomasse contient L'énergie chimique stockée à partir du soleil et la biomasse peuvent être brûlées directement pour le chauffage ou converties en combustible liquide ou en combustible gazeux renouvelable par divers procédés, Les gens utilisent l'énergie de la biomasse depuis que les premiers hommes des cavernes ont utilisé le feu de bois pour cuisiner ou se chauffer [3].

La biomasse est utilisée aujourd'hui pour alimenter des générateurs électriques et d'autres machines, car la biomasse de ces organismes peut être convertie en énergie utilisable par des moyens directs et indirects, où la biomasse peut être brûlée pour générer de la chaleur (directe), ou convertie en électricité (directement) ou la transformer en biocarburants (indirectement) [3].

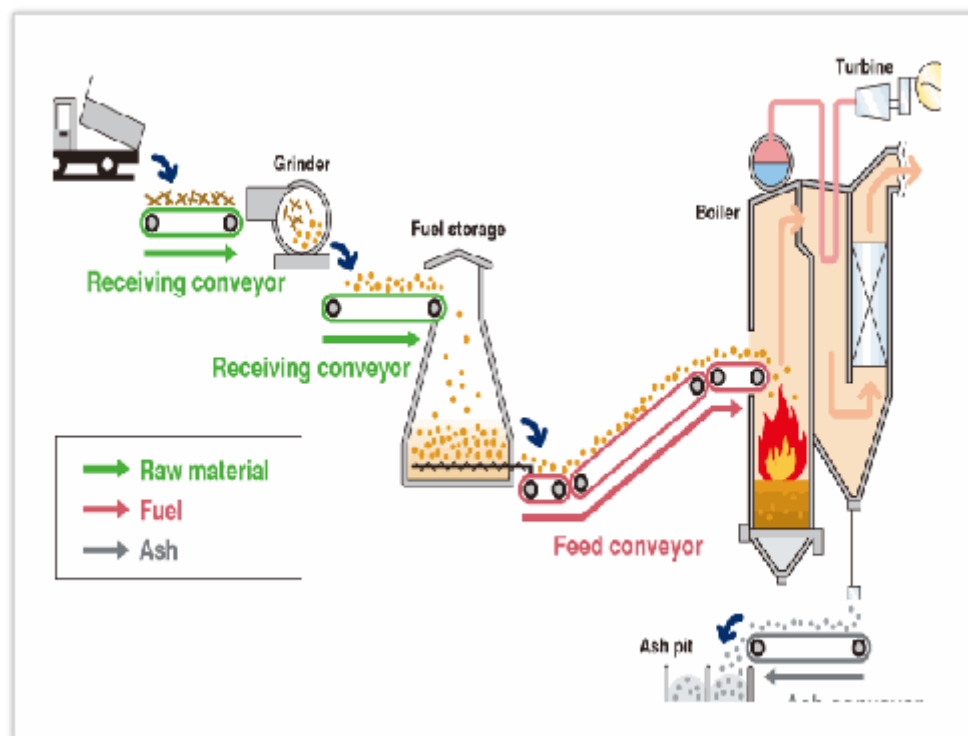


Figure I.1: Exemple sur l'énergie biomasse.

Avantage

- Une source d'énergie renouvelable qui ne s'épuise pas.
- Elle ne dépend pas beaucoup des combustibles fossiles.
- Une source d'énergie polyvalente.
- Son coût est faible par rapport aux combustibles fossiles

Inconvénient

- Elle n'est pas complètement propre même si c'est une source d'énergie renouvelable.
- Son coût d'utilisation est élevé par rapport à d'autres alternatives.
- Elle a encore besoin d'être développée.
- Elle a besoin d'eau et de grands espaces.

I.1.1.3. L'énergie géothermique

C'est une source d'énergie alternative, propre et renouvelable, c'est une haute énergie thermique d'origine naturelle stockée dans le magma du sol. Où l'on estime que plus de 99% de la masse de la Terre sont des roches dont la température dépasse 1000 degrés Celsius [4]. La température augmente au fur et à mesure que l'on s'enfonce dans le sol, à raison d'environ 2,7 degrés Celsius tous les 100 mètres de profondeur, c'est-à-dire qu'elle atteint en moyenne

27 degrés Celsius à une profondeur d'un kilomètre ou 55 degrés à une profondeur de deux kilomètres, et ainsi de suite.

Cette énergie thermique est principalement utilisée pour générer de l'électricité, ce qui nécessite de creuser de nombreux tuyaux à de grandes profondeurs pouvant atteindre environ 5 kilomètres. Parfois, l'eau chaude est utilisée pour le chauffage lorsque la température est proche de la surface de la terre, et on la trouve à 150 mètres de profondeur ou parfois dans certaines zones sous forme de sources chaudes qui atteignent la surface de la terre.

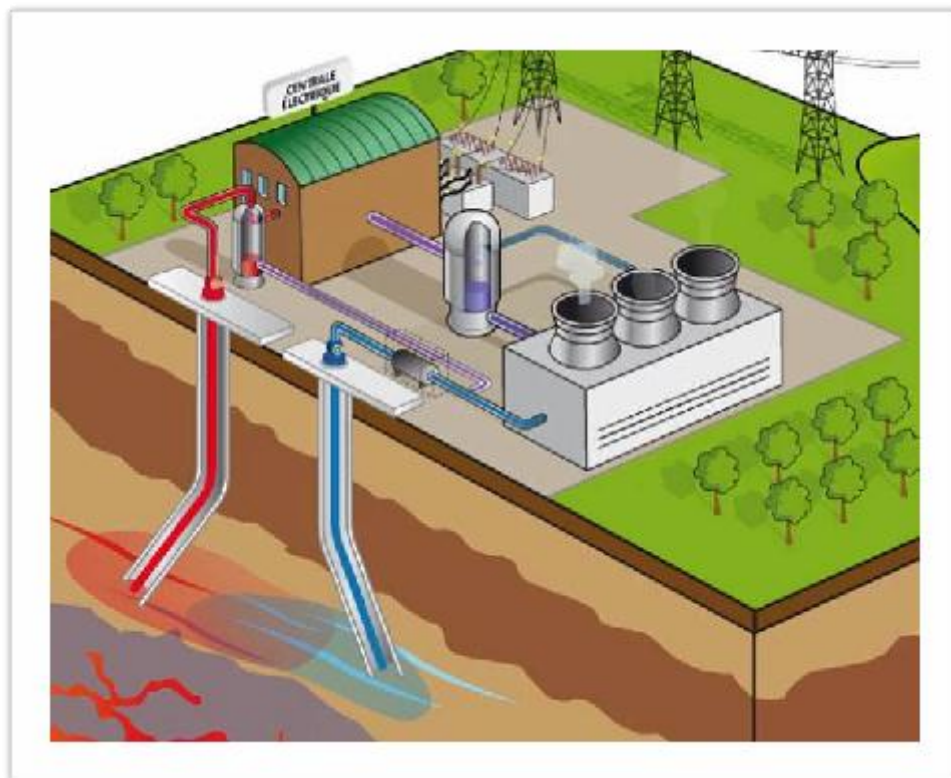


Figure I.2: Exemple sur l'énergie géothermique.

Avantage

- La géothermie peut être utilisée dans de nombreux domaines d'application : chauffage des bâtiments, culture sous serre, industrie, etc.
- L'approvisionnement énergétique de la Terre ne dépend pas des conditions météorologiques et est inépuisable. C'est donc une source d'approvisionnement fiable et stable.
- La géothermie génère très peu d'émissions de gaz à effet de serre et ne pollue pas l'air.
- Le rendement élevé de l'énergie extraite.

Inconvénient

- Les coûts initiaux élevés de production de cette énergie.
- En général, l'énergie thermique est exposée à un risque important et continu de tremblements de terre, et cela est dû aux changements dans la structure de la terre à la suite du forage.
- Pendant fonctionnement, il est possible que des émissions de vapeur contenant des impuretés et des produits chimiques Nocif.

I.1.1.4.L'énergie hydroélectrique

Est l'une des formes d'énergie produite à partir de sources d'eau, en particulier des réservoirs de barrage et des eaux fluviales. Avec le mouvement de l'eau, les turbines qui y sont installées se déplacent et tournent, puis l'énergie mécanique résultante est convertie en énergie électrique[5]. Elle est apparue dans le passé, mais sous une forme novice dans les moulins à grains. Où la force hydraulique était responsable du fonctionnement de ces moulins, et c'est l'un des types d'énergie les plus utilisés et les plus importants, comme elle constitue 17 % de la production totale d'électricité et elle est abondante en Chine, au Brésil et au Canada [5].



Photo I.2: Exemple sur l'énergie hydroélectrique.

Avantage

- La durée de vie de l'infrastructure est très longue, elle peut durer de nombreuses années.
- Le fonctionnement des barrages et des centrales hydroélectriques ne produit pas de gaz ni de déchets toxiques.
- Les barrages construits pour fournir de l'hydroélectricité ont d'autres avantages tels que l'économie d'eau potable et l'irrigation, la régulation du débit des rivières et la prévention des inondations majeures.

Inconvénient

- Les coûts d'installation d'une centrale hydroélectrique sont très importants.
- Il est impossible de garantir que les installations hydroélectriques résisteront aux conditions météorologiques extrêmes. Telles que la sécheresse.
- Manque de lieux propices à la production de cette énergie, comme les chutes d'eau et les barrages.

I.1.1.5. L'énergie marémotrice

C'est une énergie qui dérive de la montée et de la descente des eaux marines et océaniques, et cette énergie est assez récente et s'est implantée pour la première fois en France, et les ingénieurs cherchent encore des techniques pour en tirer profit sans grande coûts avec peu d'impact sur l'environnement, et il est produit en plaçant des turbines dans les zones de marée, puis l'énergie cinétique est convertie en énergie électrique, et il a plusieurs types qui diffèrent dans la façon dont l'énergie est produite.[6]



Figure I.3: Exemple sur l'énergie marémotrice.

Avantage

- Il est considéré à la fois comme une énergie renouvelable et nouvelle.
- Il protège une longue bande de littoral contre les fissures et les effondrements dus aux tempêtes et aux marées.
- Son entretien n'est pas cher du tout.
- Cette énergie n'émet aucun gaz polluant l'environnement.

Inconvénient

- Une source d'énergie intermittente, c'est-à-dire que cette énergie ne peut être produite que pendant les vagues de la mer.
- Le coût initial est considéré comme très élevé.
- Puisqu'il s'agit d'une nouvelle énergie, elle nécessite encore beaucoup de recherche et développement.
- Le lieu de production limité dans celui-ci doit être situé sur la côte et dans une bande côtière où le phénomène de marée est élevé.

I.1.1.6. Énergie solaire

Le soleil fournit à la terre une énergie qui dépasse d'environ 5000 fois les besoins énergétiques totaux du monde, car l'énergie qui peut être obtenue à partir de la lumière du soleil pendant 105 minutes est suffisante pour les besoins et la consommation du monde pendant un an. Gaz et charbon formés en raison de la lumière du soleil et de la chaleur et de la pression qui en résultent au fil du temps, en plus des sources d'énergie secondaires telles que l'énergie éolienne, l'énergie des vagues et l'énergie hydroélectrique. Les technologies d'énergie solaire sont généralement caractérisées comme un système d'énergie solaire passif ou un système L'énergie solaire positive selon la manière dont la lumière du soleil est exploitée, transformée et distribuée Les technologies qui reposent sur l'exploitation de l'énergie solaire positive comprennent l'utilisation de panneaux photovoltaïques et l'utilisation de la chaleur solaire en utilisant des équipements mécaniques et électriques pour convertir la lumière du soleil en d'autres sources d'énergie utiles.

L'énergie solaire se caractérise par des spécifications qui en font la meilleure par rapport à tous les autres types d'énergies. C'est une énergie énorme qui peut être exploitée n'importe où et constitue une source de carburant gratuite et inépuisable. Elle est également considérée comme une énergie propre qui ne produit pas tout type de pollution de l'environnement, son importance est due aux limites des sources d'énergie traditionnelles.

L'énergie solaire se caractérise par des spécifications qui en font la meilleure par rapport à tous les autres types d'énergies. C'est une énergie énorme qui peut être exploitée n'importe où et constitue une source de carburant gratuite et inépuisable. Elle est également considérée comme une énergie propre qui ne produit pas tout type de pollution de l'environnement, son importance est due aux limites des sources d'énergie traditionnelles.

- Production d'électricité.
- Activité agricole telle que le séchage des légumes.
- Chauffage et refroidissement de l'eau.
- Traitement des eaux usées.
- Dessalement de l'eau.



Photo I.3: Exemple sur les capteurs plans d'énergie solaire.

On peut donner un résumé de l'utilisation de l'énergie solaire selon le schéma suivant [7].

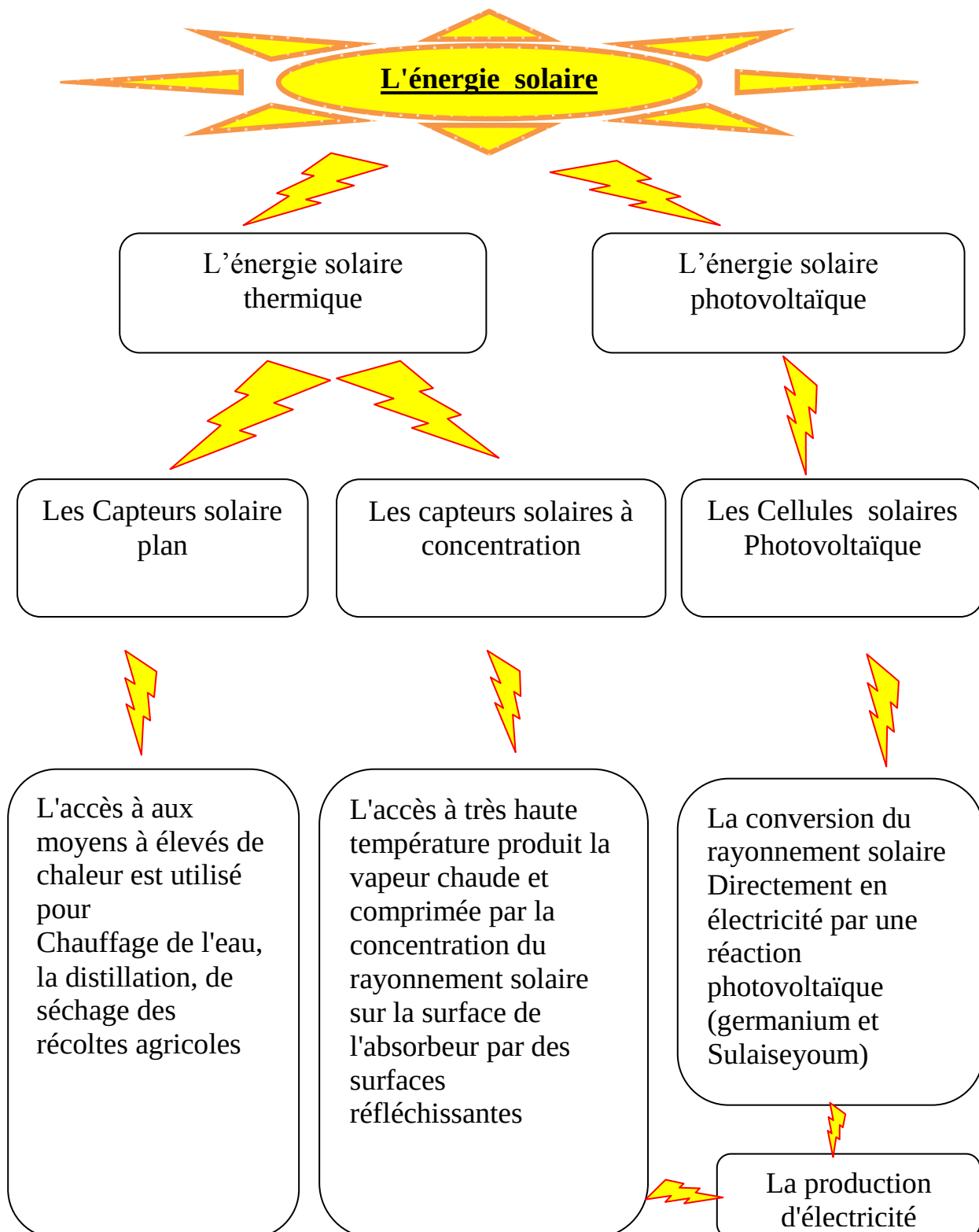


Figure I.4: Plan de l'utilisation de l'énergie solaire.

Avantage

- L'énergie solaire est considérée comme l'énergie renouvelable la plus importante en raison de sa présence partout dans le monde et de sa disponibilité quotidienne.
- Les coûts de maintenance sont faibles.
- La durée de vie des panneaux solaires est très longue.
- Les panneaux peuvent être installés dans de nombreux endroits, même sur les toits.
- L'énergie solaire est l'énergie propre par excellence, car elle est respectueuse de l'environnement. L'énergie solaire peut être utilisée directement dans le chauffage de l'eau ou le chauffage.

Inconvénient

- Il a besoin de beaucoup d'espace pour installer les panneaux.
- Il est affecté par le climat. Comme les nuages et la pluie.
- L'énergie solaire ne peut pas être collectée pendant la nuit.
- Le coût initial (fabrication de panneaux solaires) est très élevé.
- Le stockage de l'énergie solaire coûte cher.
- Le rendement résultant de l'énergie solaire est plutôt faible

I.2 Gisement et rayonnement solaire

On appelle gisement solaire l'ensemble des caractéristiques de la ressource locale en énergie solaire, c'est-à-dire ces fluctuations temporelles.

Un gisement de pétrole décrit une quantité de combustible prouvée ou estimée que l'on pourrait extraire selon certains coûts. La cadence d'extraction dépendra des besoins et des conditions socio-économiques: c'est un Gisement Passif, un stock dont la décroissance est dans les mains de l'homme. Le gisement solaire est lui-même fluctuant et instantané, il est renouvelable, mais ce qui n'a pas été utilisé ne le sera plus. Pour dimensionner un système énergétique solaire il faut, pour la région intéressée, définir le profil des fluctuations du rayonnement solaire, en intensité et en quantité, à partir d'une étude statistique sur plusieurs années. Le volume des données solaires instantanées peut être ensuite réduit afin de rendre la simulation du fonctionnement du système compatible avec les moyens informatiques.

I.3. Principe de calcul de l'énergie solaire

I.3.1. Déclinaison du soleil δ :

Le mouvement de la terre sur son axe et autour du soleil est schématisé sur la figure (I.8). Les quatre positions de la terre représentées sur cette figure correspondent aux solstices et aux équinoxes. On notera en particulier que l'axe de rotation de la terre est incliné par rapport à la normale du plan de l'écliptique d'un angle de $+23.27^\circ$ et la déclinaison du soleil (δ) varie donc de -23.27° (solstice d'hiver 21 Décembre) à $+23.27^\circ$ (solstice d'été 21 Juin) en passant par 0 aux équinoxes [8].

L'angle de la déclinaison δ est donné par l'équation suivante:

$$\delta = 23.45 \sin [0.980(j + 284)] \quad (\text{I-1})$$

Où j : nombre de jour

I.3.2. Angle horaire ω :

L'angle horaire mesure le temps du midi solaire en termes d'un degré pendant toutes les quatre minutes, ou quinze degrés par heure. Chronométré, en minutes ou des heures, est exprimé en tant que des angles nuls à midi solaire et des angles positifs d'heure avant midi solaire et angles négatifs d'heure après midi solaire [9]:

$$\omega = \frac{360}{24} (TSV - 12) \quad (\text{I-2})$$

Avec TSV: temps solaire vrai.

I.4 Définition des différents temps

I.4.1. Le temps solaire vrai TSV :

On appelle (Le temps solaire vrai) en un lieu et un instant donné, l'angle horaire du soleil en ce lieu et cet instant [10].

$$TSV = 12 + \omega/15 \quad (I-3)$$

I.4.2. Le temps solaire moyen TSM :

Est temps qui correspondait à une rotation uniforme de la terre autour du soleil .Il diffère peu du TSV (écart maximal $ET = 16$ minutes) [10]:

$$TSM = TSV + ET \quad (I-4)$$

I.4.3. Le temps universel TU :

On définit le temps universel TU comme le temps solaire du méridien fondamental (méridien Greenwich) Pour un lieu de longitude λ [10] :

$$TU = TSM - \lambda \quad (I-5)$$

λ : Etant la longitude traduite en heures (1 heure pour 15 degrés)

I.5. L'équation du Temps ET :

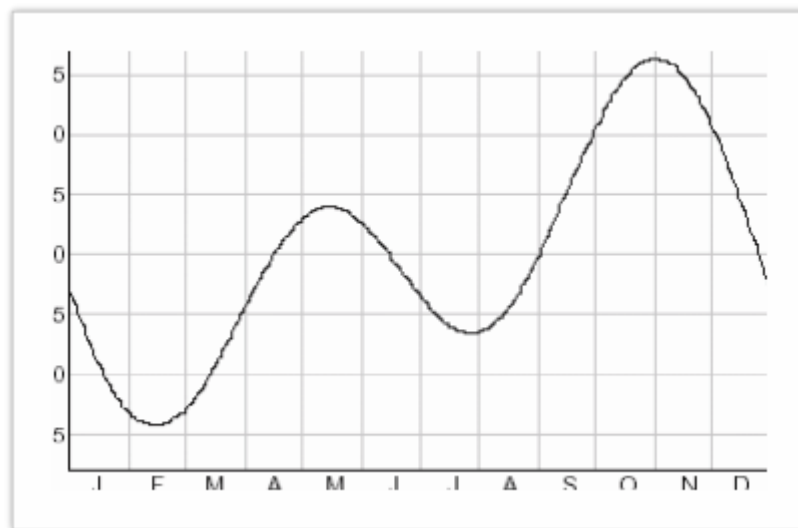
On appelle équation du temps la correction, positive ou négative, qu'il convient d'ajouter au temps solaire moyen pour connaître le temps solaire vrai $TSV + TSM + ET$, elle est exprimée par la relation suivant [11]:

$$ET = 2.10^{-4} - 4197.10^{-4} \cos(x) + 3,2265 \cos(2x) + 0,0903 \cos(3x) + 7,3509 \sin(x) \\ + 7,3509 \sin(x) + 9,3912 \sin(2x) + 0.3361 \sin(3x) \quad (I-5)$$

Avec :

$$x = \frac{2\pi.j}{366}$$

j : nombre de jour

ET(min)

Mois

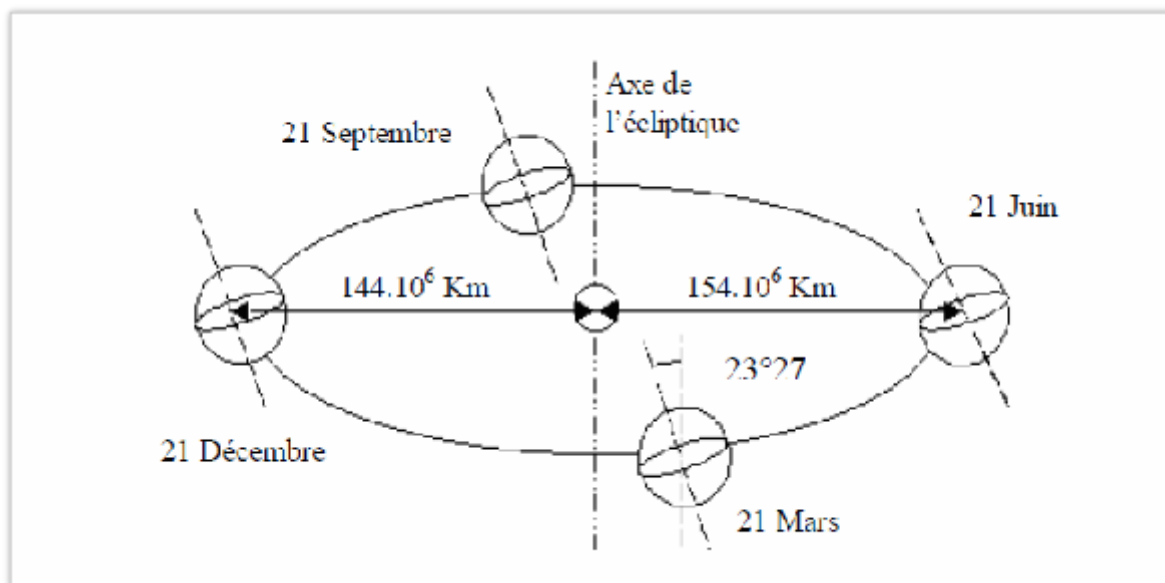
Figure I.5: Représentation graphique de l'équation du temps en fonction des mois.

I.6. Mouvements de la Terre

La trajectoire de la terre autour du Soleil est une ellipse dont le soleil est l'un des foyers. Le plan de cette ellipse est appelé l'écliptique.

L'excentricité de cette ellipse est faible ce qui fait que la distance terre/soleil ne varie que de $\pm 1,7\%$ par rapport à la distance moyenne qui est de $149\,675\,10^6$ km.

La terre tourne également sur elle-même autour d'un axe appelé l'axe des pôles. Le plan perpendiculaire à l'axe des pôles et passant par le centre de la terre est appelé l'équateur. Les mouvements de la terre autour de son axe et autour du soleil sont schématisés sur la figure (I-6).

**Figure I.6:** Schématisation des mouvements de la Terre autour du Soleil.

I.6.1. Mouvement apparent du Soleil

Le mouvement apparent du Soleil vu par un observateur fixe en un point de latitude φ au nord de l'équateur est représenté sur la figure.

Au midi solaire, l'angle que fait la direction du Soleil avec la verticale du lieu est égal à $(\varphi - d)$.

La durée du jour est de 12h aux équinoxes, elle est inférieure à 12h entre le 21 septembre et le 21 mars, supérieure à 12h entre le 21 mars et le 21 septembre.

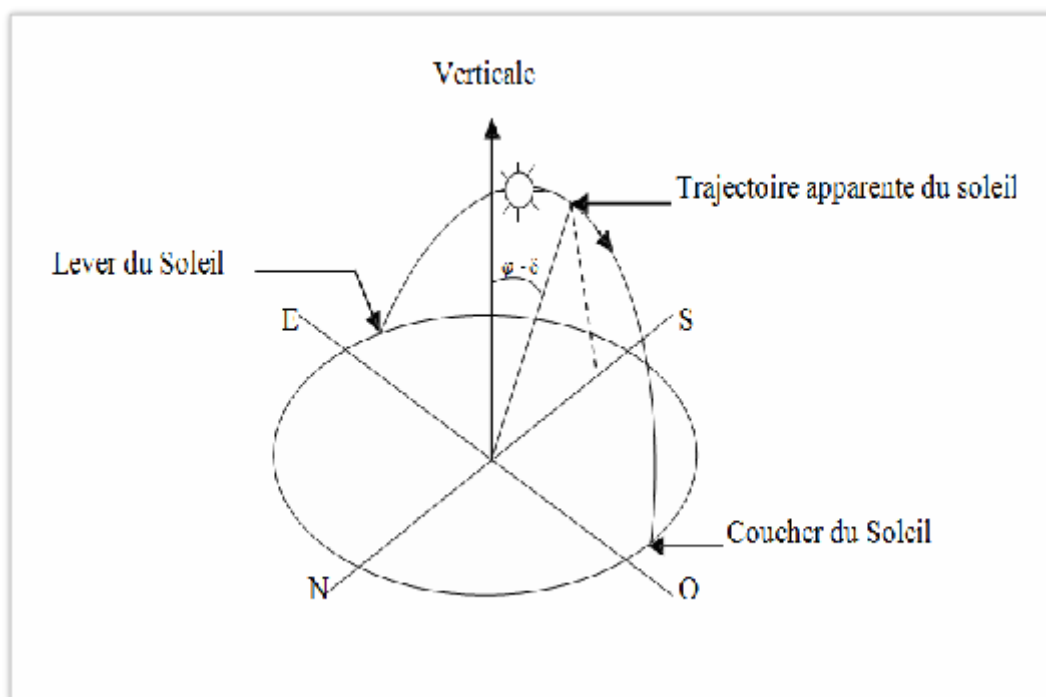


Figure I.7: Mouvement apparent du Soleil observé d'un point de latitude φ .

I.6.2. L'azimut α : c'est l'angle que fait la direction de la projection du Soleil sur le plan horizontal avec la direction Sud, cet angle étant orienté positivement vers l'Ouest [11].

$$\sin(\alpha) = \frac{\cos \delta \cdot \sin \omega}{\cos(h_s)} \quad (\text{I-6})$$

Avec: ω : angle horaire

δ : déclinaison du soleil

h_s : hauteur du soleil

I.6.3. La hauteur h_s : c'est l'angle que fait la direction du Soleil avec sa projection sur un plan horizontal. Cette s'annule au cocher au lever du soleil e prend sa valeur maximale au midi solaire. Donc on écrive la relation suivante [11]:

$$\sin(h_s) = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega \quad (I-7)$$

φ : latitude du lieu.

Ces deux angles sont représentés sur la figure

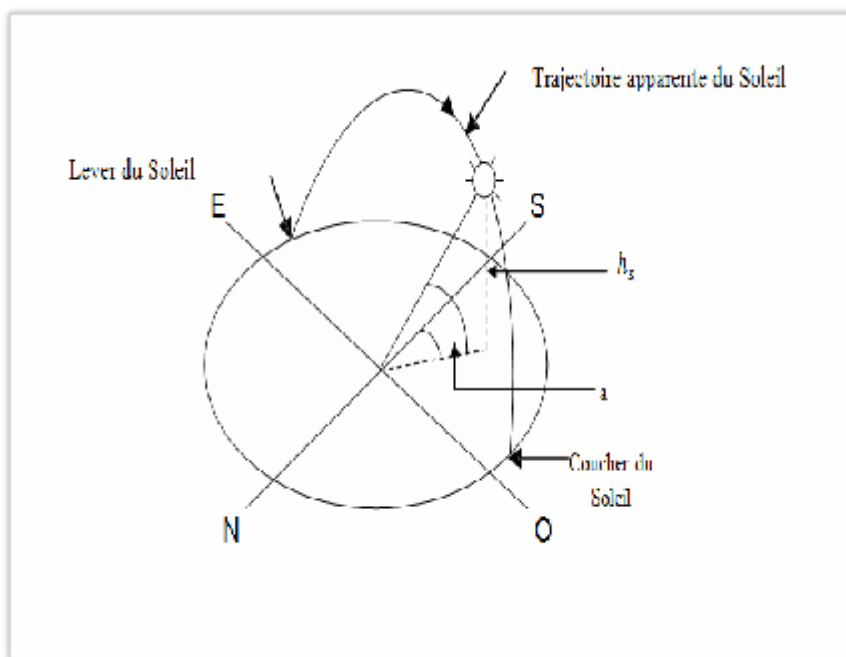


Figure I.8: Repérage de la position du Soleil.

I.6.4. Latitude:

La latitude d'un lieu φ correspond à l'angle avec le plan équatorial, que fait le rayon joignant le centre de la terre à ce lieu. L'équateur terrestre est donc caractérisé par une latitude égale à 0° , le pôle nord par la latitude $+90^\circ$ et le pôle sud par la latitude -90° . Cette convention de signe affecte le signe (+) à tous les lieux de l'hémisphère nord et le signe (-) à tous les lieux de l'hémisphère sud [12].

I.6.5. Longitude

La longitude d'un lieu λ correspond à l'angle que fait le plan méridien passant par ce lieu avec un plan méridien retenu comme origine. On a choisi pour méridien (origine 0°) le plan

passant par l'observatoire de Greenwich. Par convention on affecte du signe (+) les méridiens situés à l'est de ce méridien, et du signe (-) les méridiens situés à l'ouest [13].

I.7. Durée et taux d'ensoleillement

I.7.1. Durée d'ensoleillement

Selon les conditions atmosphériques, le ciel peut être plus ou moins couvert de nuages au cours d'une journée. Ceux-ci occultent le Soleil, totalement ou partiellement, empêchant ainsi le rayonnement d'atteindre directement le sol. On dit que la nébulosité est plus ou moins importante selon qu'il y a beaucoup ou peu de nuages.

On appelle durée effective d'ensoleillement ou insolation SS le temps pendant lequel, au cours d'une journée, le rayonnement solaire direct a atteint le sol du lieu considéré. On appelle rayonnement direct le rayonnement qui atteint la surface terrestre sans avoir subi de déviation depuis son émission par le Soleil.

I.7.2. Taux d'ensoleillement

Par ciel clair sans nuages, le sol reçoit le rayonnement solaire direct pendant toute la durée du jour, ou plus précisément pendant la durée maximale d'ensoleillement SS_0 . On appelle taux d'ensoleillement ou taux d'insolation le rapport entre la durée effective et la durée maximale d'ensoleillement.

$$\tau = \frac{SS}{SS_0} \quad (I-8)$$

I.8. Rayonnements solaires

L'énergie émise par le soleil voyage jusqu'à la terre sous forme de rayonnement électromagnétique. Ce rayonnement est semblable aux ondes radioélectriques mais il possède une gamme de fréquence différente. La quantité d'énergie disponible au cours du trajet entre le soleil et l'atmosphère extérieur de la terre est égale à environ 1367 w/m^2 , Il en résulte qu'au cours d'une journée ensoleillée, la quantité d'énergie solaire, disponible à la surface de la terre dans la direction du soleil est généralement plus ou moins de 1000 w/m^2 . Quel que soit le moment, l'énergie solaire disponible est principalement fonction de la position du soleil dans le ciel et de la nébulosité. Sur une base mensuelle ou annuelle, la quantité d'énergie solaire disponible dépend également de l'emplacement géographique. De plus, l'énergie solaire utilisable dépend de l'énergie solaire disponible.

I.8.1. Les composantes du Rayonnements solaires

I.8.1.1. Le Rayonnement directe

Ou éclairement parvenant au sol sous un ongle limité au seul disque solaire et reçue sur une surface normale à l'axe de cet angle solide.

I.8.1.2. Le Rayonnement diffus

Ou éclairement diffus par les composantes de l'atmosphère, provenant de la totalité du ciel à l'exception du disque solaire, ainsi on estime que la composante verticale du rayonnement diffus parvenant au sol égale à la moitié de la composante verticale du Rayonnement direct diffusé.

Les expressions empiriques permettant d'estimer la composante du rayonnement solaire diffuse sont :

✓ part du ciel :

sur une surface horizontale par ciel clair:

$$D = 125 (\sin h_s)^{0.4} \quad (\text{I-9})$$

On multiplie D par 4/3 par ciel pollué et par 3/4 par ciel très pur. Part du ciel :

✓ Part du sol : donnée par la formule suivante :

$$D_s = \left(\frac{1 + \cos(i)}{2}\right) \cdot D_H + \left(\frac{1 - \cos(i)}{2}\right) \cdot G_H \quad (\text{I-10})$$

Avec:

$$G_H = D_H + S_H \quad (\text{I-11})$$

$$S_H = i \cos(h_s) \quad (\text{I-12})$$

D_H : L'éclairement diffus reçu par une surface horizontale.

G_H : L'éclairement global reçu par la même surface.

ρ : Albédo du sol avoisinant.

I.9. Rayonnement en Algérie

L'Algérie possédant un gisement solaire important, de part son climat, la puissance solaire maximale en tout point de notre pays est d'environ 1 Kw/m^2 . L'énergie journalière maximale moyenne (ciel clair, mois de juillet) dépasse les 6 Kw/m^2 et l'énergie annuelle maximale en Algérie est de l'ordre de 2500 Kw/m^2 [15].

La carte ci-dessous représente les différentes zones énergétiques de l'Algérie.

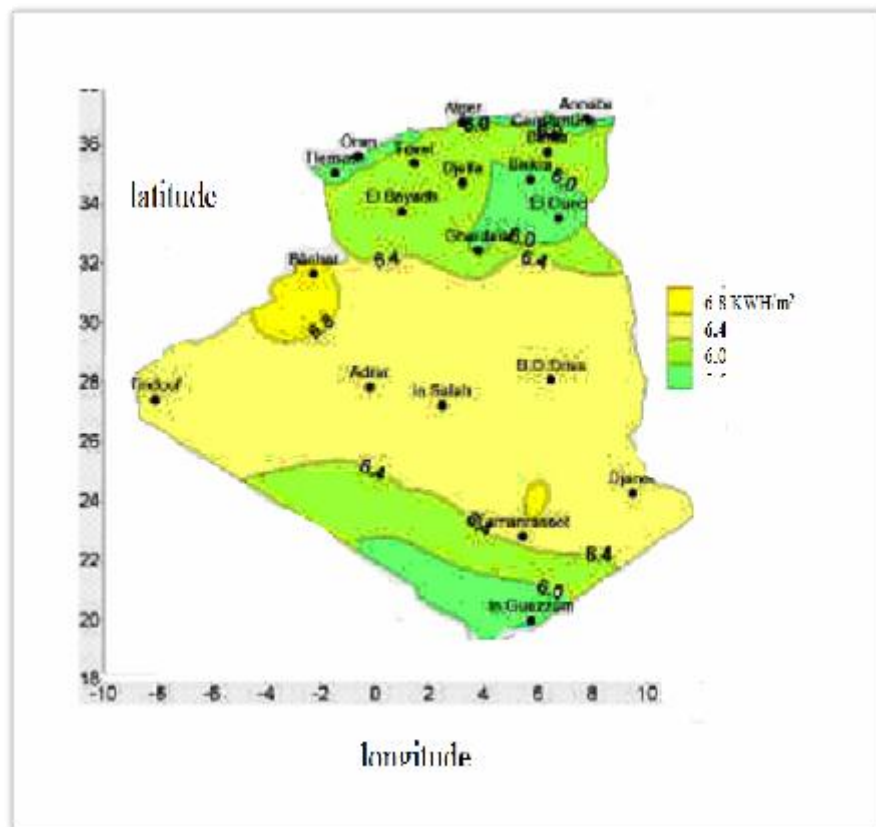


Figure I.10: Rayonnement en Algérie.

Conclusion

L'étude du rayonnement solaire s'avère nécessaire pour le choix du meilleur site en vue d'une installation d'un système de captation solaire. Le rayonnement reçu par un capteur solaire dépend également du niveau d'ensoleillement du site considéré et de son orientation par rapport au soleil. Un capteur solaire fixe reçoit le maximum d'énergie lorsqu'il est orienté vers le sud et est incliné selon un angle pratiquement égal à la latitude du lieu. Par exemple les capteurs installés à Ouargla sont inclinés de 31.93°). Pour que le rayonnement solaire soit perpendiculaire au panneau solaire, et afin d'optimiser tout le système de captation, il est nécessaire de recourir à la technique de poursuite du soleil.

Chapitre II

Étude théorique du capteur solaire plan

Introduction

L'utilisation efficace de l'énergie solaire nécessite de la convertir des ondes électromagnétiques en l'une des formes d'énergie couramment utilisées (thermique, électrique, photochimique) pour répondre à un ou plusieurs besoins humains. Pour atteindre cet objectif, il faut utiliser des moyens qui convertissent l'énergie solaire en l'une des formes d'énergie faciles à utiliser, et puisque l'énergie thermique, électrique et photochimique est les trois formes courantes, la conversion de l'énergie solaire dans l'une de ces formes d'énergie nécessite une méthode appropriée qui traite le rayonnement des panneaux solaires et la convertit en une forme d'énergie appropriée. Nous appellerons ces moyens des capteurs solaires car leur mission est de capter l'énergie solaire tombant à leur surface et de la convertir dans l'une des formes d'énergie couramment utilisées [16].

II.1. Les différents types des capteurs solaires

II.1.1. Capteurs solaires électriques (cellules photovoltaïques)

Ce sont les corps qui convertissent directement l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique sans entrer dans des processus de conversion, et cela se fait en utilisant des panneaux solaires qui sont le principal composant du processus de production d'électricité à partir de l'énergie solaire. On sait qu'il est possible de produire de l'énergie électrique grâce à la chaleur résultant de l'utilisation de capteurs thermiques, ce qui nécessite d'autres moyens intermédiaires tels que des turbines, des évaporateurs et des condenseurs, c'est-à-dire la nécessité d'entrer dans le processus de conversion de l'énergie thermique en énergie électrique, mais dans le cas des capteurs solaires électriques, la production d'électricité se fait directement



Figure II.1 : Capteurs solaires photovoltaïques.

II.1.2. Capteurs solaires photochimiques

C'est celui qui utilise l'énergie solaire pour effectuer des réactions chimiques et produire des glucides, comme dans le cas des feuilles des plantes, ou produire de l'hydrogène, comme dans le cas de certaines algues.

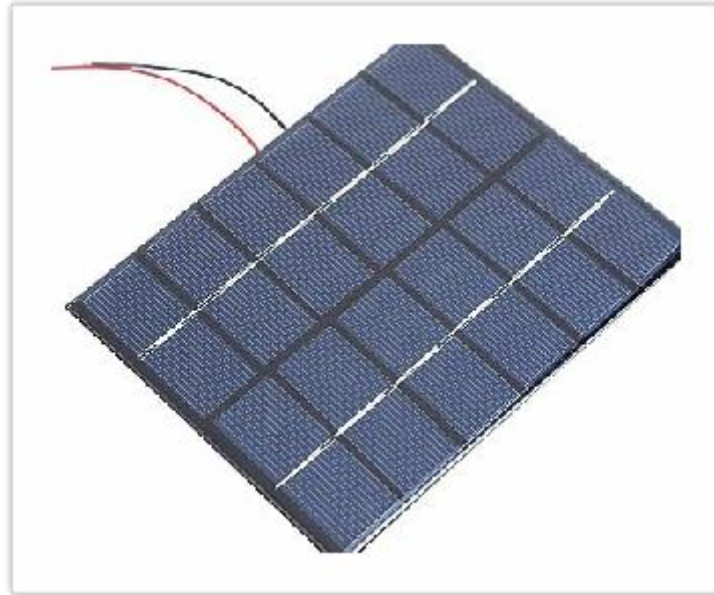


Figure II.2 : Capteurs solaires photochimiques.

II.1.3. Capteurs solaires thermiques

Ce sont des technologies qui utilisent directement l'énergie thermique du soleil pour chauffer un caloporteur, qui est le plus souvent de l'eau. L'eau chaude qui en résulte peut être utilisée à des fins domestiques et industrielles et n'émet pratiquement aucune émission de carbone car aucun combustible n'est brûlé pour chauffer l'eau. Il existe également des systèmes avancés d'énergie thermique solaire capables de capter et de collecter l'énergie du soleil pour produire de la vapeur qui est utilisée pour entraîner des turbines afin de produire de l'électricité. Elle peut également être utilisée pour sécher certains légumes et fruits.

II.1.3.1. Les différents types des capteurs solaires thermiques

II.1.3.1.1. Les capteurs à concentrations

II.1.3.1.2. Les concentrateurs paraboliques

Ces capteurs utilisent des surfaces réfléchissantes paraboliques pour focaliser le rayonnement solaire au point focal où se trouve le récepteur (absorbeur) qui capte la chaleur du soleil et la concentre. Naturellement, ces concentrateurs doivent suivre le mouvement du soleil pour maximiser l'efficacité de la collecte d'énergie solaire. Les systèmes de concentration parabolique peuvent atteindre des températures très élevées, généralement jusqu'à environ 800 degrés Celsius au niveau du récepteur [17].

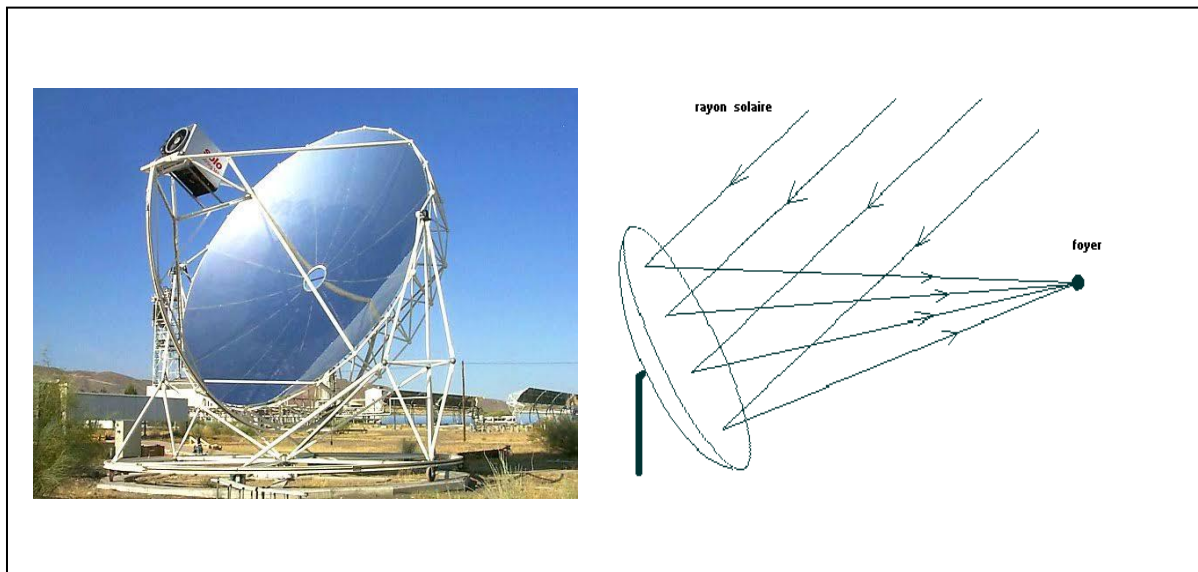


Figure II.3 : Schéma d'un capteur à concentration type parabolique.

II.1.3.1.3. Les concentrateurs cylindro-paraboliques

Ce sont des capteurs solaires de type "concentrateur parabolique", également connus sous le nom de centrales solaires thermiques à concentration. Ils sont conçus pour concentrer les rayons du soleil sur un point focal à l'aide d'un réflecteur en forme de "miroir" parabolique. Ce point focal se trouve au foyer linéaire du miroir. À cet endroit, un capteur métallique isolé ou non isolé est installé pour absorber la chaleur solaire concentrée. Le système atteint des températures très élevées, bien au-dessus du point d'ébullition de l'eau. Par conséquent, il est préférable d'utiliser des liquides ou des gaz caloporteurs spécifiques pour transférer la chaleur captée vers des échangeurs de chaleur. Ces échangeurs permettent de chauffer de l'eau ou de transformer l'eau en vapeur à haute pression. Cette vapeur à haute pression est ensuite utilisée pour actionner des turbines à vapeur, qui sont couplées à des générateurs électriques pour produire de l'énergie électrique. Ces centrales solaires thermiques à concentration sont considérées comme une technologie prometteuse pour la production d'énergie électrique à

grande échelle, car elles peuvent atteindre des températures très élevées, généralement supérieures à 300 degrés Celsius. Cette caractéristique les rend efficaces pour produire de l'électricité de manière continue et fiable. Cependant, il est important de noter que ces systèmes nécessitent un ensoleillement adéquat pour fonctionner efficacement, ce qui signifie qu'ils sont mieux adaptés aux régions où l'ensoleillement est abondant et constant. De plus, leur utilisation à grande échelle peut nécessiter des investissements importants en infrastructure et en technologie. Malgré ces défis, les centrales solaires thermiques à concentration représentent une voie prometteuse pour la production d'énergie propre et renouvelable dans l'avenir [18].

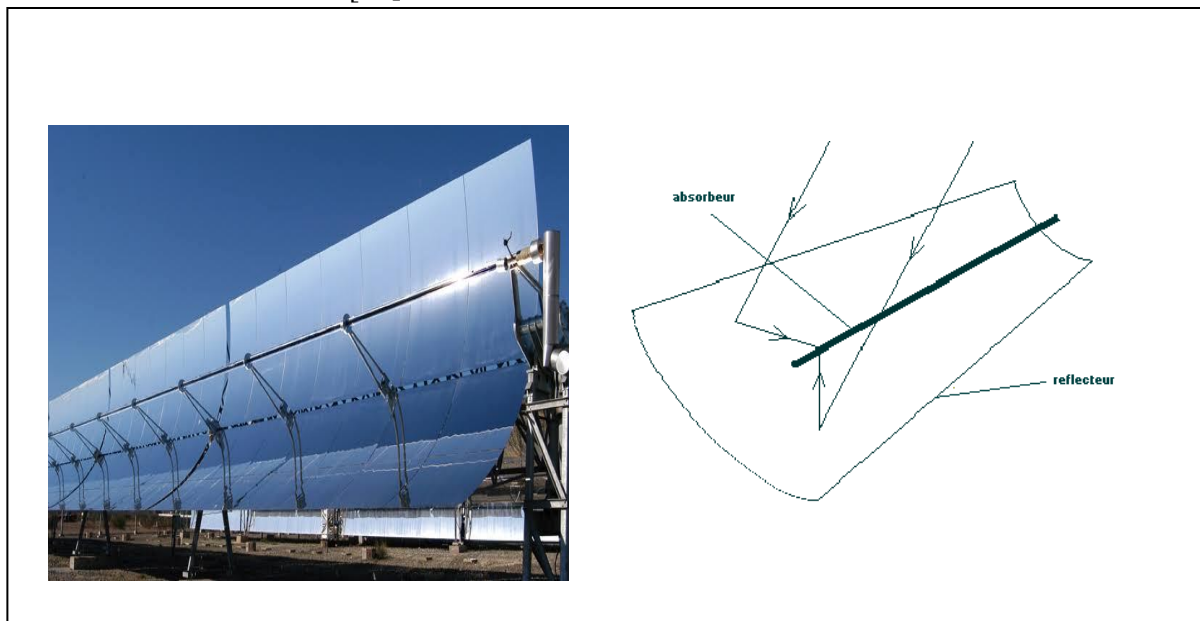


Figure II.4 : Schéma d'un capteur à concentration type cylindro-paraboliques

II.1.3.1.4. Centrale a tour

Ce sont des systèmes qui utilisent des miroirs ou des lentilles, également connus sous le nom de réflecteurs, pour suivre le mouvement du soleil et focaliser une grande quantité de lumière solaire sur une petite surface, généralement située en haut d'une tour. L'énergie électrique est produite lorsque cette lumière solaire concentrée chauffe un fluide caloporteur (comme de l'eau ou de l'huile) circulant dans la partie supérieure de la tour.

Le fluide caloporteur chauffé à haute température est utilisé pour générer de la vapeur, qui, à son tour, entraîne une turbine connectée à un générateur d'énergie électrique. L'énergie mécanique produite par la turbine est ensuite transformée en énergie électrique.

Les centrales à tour utilisent le principe de la concentration solaire pour augmenter considérablement la température du fluide caloporteur, ce qui permet une production plus

efficace d'électricité. Ces centrales solaires à concentration sont également connues sous le nom de centrales thermiques solaires à tour ou centrales solaires à tour de puissance.

Ces installations peuvent être très efficaces pour la production d'énergie solaire à grande échelle, et elles offrent l'avantage de pouvoir stocker la chaleur pour une production continue même lorsque le soleil n'est pas disponible, par exemple, pendant la nuit. Cela se fait généralement en utilisant des matériaux à changement de phase ou des réservoirs d'énergie thermique. Ainsi, les centrales à tour contribuent à fournir une énergie renouvelable et durable tout en réduisant les émissions de carbone associées à la production d'électricité à partir de sources non renouvelables [19].

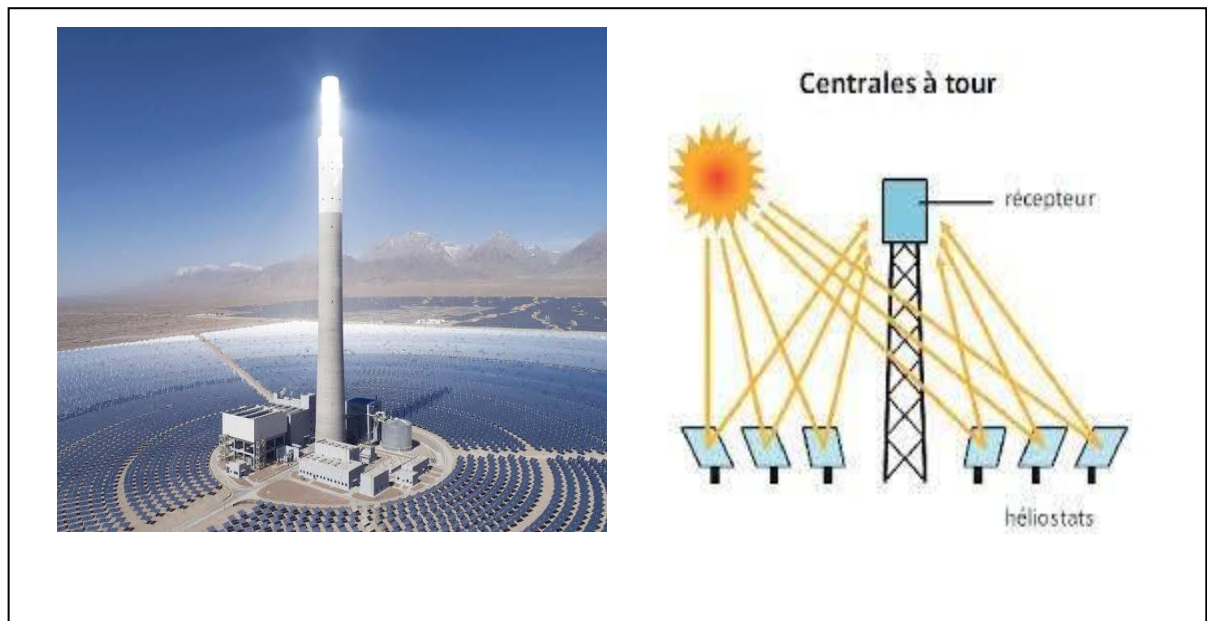


Figure II.5 : Schéma d'un capteur à concentration type centrale à tour.

II.2. Les capteurs solaires plans

II.2.1. Le capteur plan chauffe-eau solaire

C'est un appareil qui utilise l'énergie du soleil pour chauffer l'eau, ce qui réduit la dépendance aux sources d'énergie traditionnelles telles que l'électricité ou le gaz. Le collecteur à plaques planes est l'une des technologies de capteurs solaires utilisées dans ces systèmes. Le capteur à plaques plates est une sorte de panneau solaire thermique. Ils consistent généralement en une plaque absorbante en métal (généralement en cuivre ou en aluminium) recouverte d'un revêtement sélectif pour augmenter l'absorption de l'énergie solaire et réduire les pertes de chaleur. Ce panneau est enfermé dans un boîtier en verre clair (verre ou matériau similaire) pour réduire les pertes de chaleur par convection et conduction. Lorsque la lumière du soleil frappe la plaque absorbante, elle est convertie en chaleur. Cette

chaleur est ensuite transmise à l'eau qui circule à l'intérieur du capteur plan. L'eau chaude est ensuite stockée dans un ballon de stockage, prête à être utilisée pour les besoins en eau chaude sanitaire. Les collecteurs à plaques plates sont couramment utilisés pour chauffer l'eau dans les systèmes de chauffe-eau solaires résidentiels. Ils sont relativement peu coûteux à fabriquer, efficaces et peuvent être installés sur des toits ou des structures de bâtiment. Cependant, son efficacité peut varier en fonction des conditions climatiques et de l'orientation au soleil.

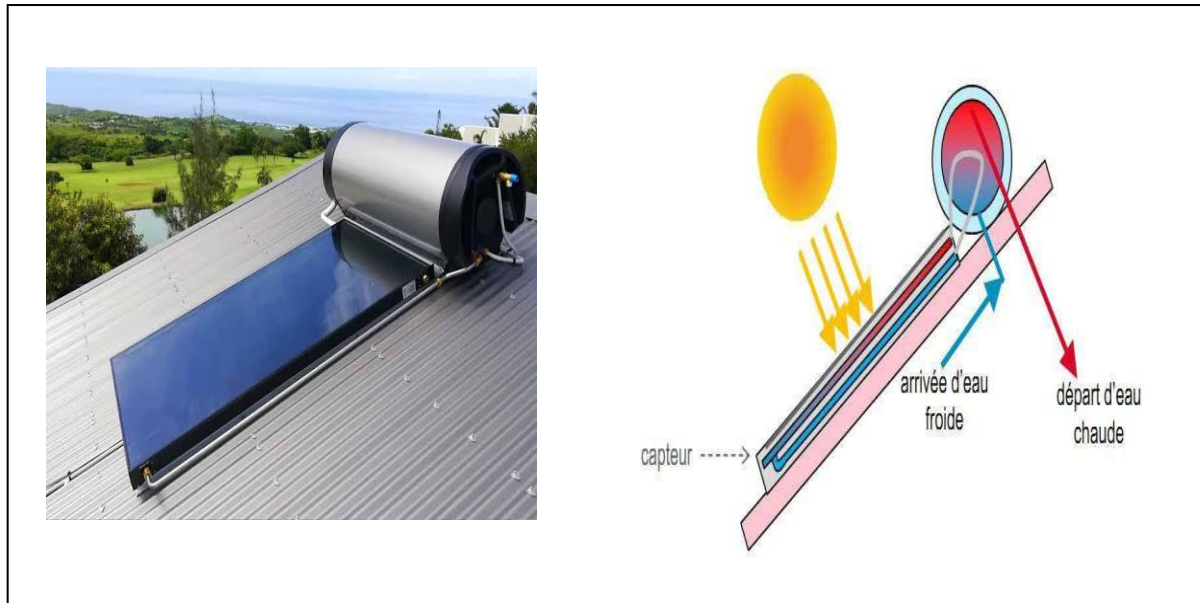


Figure II.6 : Schéma d'un capteur plan type chauffe eau solaire.

II.2.2. Capteur solaire sous vide

Un capteur solaire sous vide, également connu sous le nom de tube sous vide ou tube à vide, est un type de capteur solaire utilisé pour convertir l'énergie solaire en chaleur. Contrairement aux capteurs solaires plats traditionnels, les capteurs solaires sous vide sont conçus pour être plus efficaces dans la capture de la chaleur du soleil, en particulier par temps froid ou nuageux.

Le capteur solaire sous vide est constitué de tubes en verre qui sont scellés hermétiquement, formant un vide partiel entre les parois intérieure et extérieure du tube. L'espace vide agit comme un isolant, minimisant les pertes de chaleur par conduction et convection, ce qui en fait un système très efficace pour absorber et conserver la chaleur solaire. Chaque tube sous vide contient un absorbeur métallique à l'intérieur, généralement en aluminium ou en cuivre, qui absorbe l'énergie solaire et la convertit en chaleur. Cette chaleur est ensuite transférée à un liquide ou à un fluide caloporteur circulant à l'intérieur du tube. Le fluide chauffé transporte la chaleur vers un réservoir de stockage ou vers un système de chauffage, de refroidissement ou de production d'eau chaude. Les capteurs solaires sous vide

sont réputés pour leur efficacité énergétique, leur résistance aux intempéries et leur capacité à fonctionner même par temps froid. Ils sont souvent utilisés dans des applications résidentielles et commerciales pour chauffer l'eau domestique, le chauffage de l'espace et le soutien des systèmes de chauffage central. En résumé, un capteur solaire sous vide est un dispositif qui utilise des tubes en verre scellés sous vide pour capturer et conserver la chaleur solaire, offrant ainsi une méthode efficace et durable pour utiliser l'énergie solaire à des fins de chauffage et de production d'eau chaude.

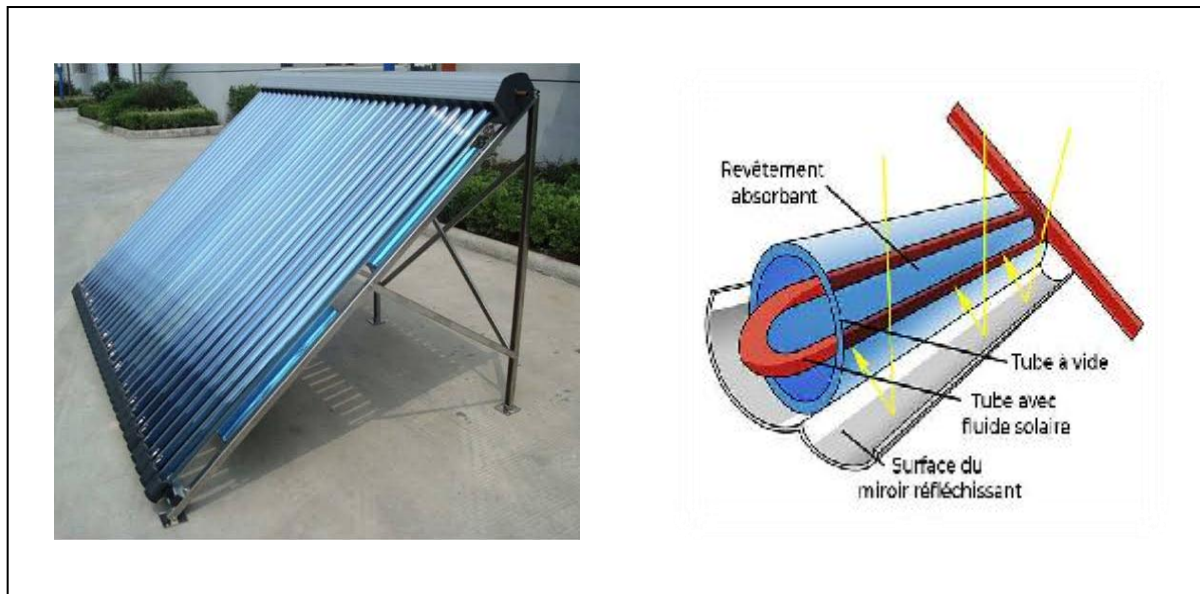


Figure II.7 : Schéma d'un capteur plan type sous vide.

II.2.3. Capteur solaire à air

Un capteur solaire à air est un dispositif utilisé pour capturer l'énergie solaire et la convertir en chaleur, généralement dans le but de chauffer de l'air. Ce type de capteur solaire est utilisé pour le chauffage de l'air dans les systèmes de chauffage solaire domestique, industriel ou agricole.

Le capteur solaire à air est constitué d'une surface noire (ou d'un matériau sélectif qui absorbe bien le rayonnement solaire) recouverte d'un matériau transparent (généralement du verre) pour permettre à la lumière solaire de pénétrer tout en évitant les pertes de chaleur par convection. Sous l'effet du rayonnement solaire, la surface absorbe l'énergie solaire et se réchauffe, transférant ensuite cette chaleur à l'air qui circule à l'intérieur du capteur.

L'air chaud ainsi produit peut être utilisé de différentes manières :

1. Chauffage de l'air ambiant : L'air chaud peut être directement canalisé vers l'intérieur d'un bâtiment pour le chauffer, surtout utile dans les systèmes de chauffage solaire domestique.
2. Séchage : Le capteur solaire à air peut être utilisé pour sécher des produits agricoles, des vêtements ou tout autre matériau nécessitant un séchage rapide.

3. Chauffage de l'eau : Dans certains systèmes, l'air chaud peut être utilisé pour chauffer l'eau, qui peut ensuite être stockée pour une utilisation ultérieure (comme l'eau chaude sanitaire).

Les capteurs solaires à air sont relativement simples et peuvent être fabriqués à partir de matériaux peu coûteux. Ils sont efficaces dans des climats ensoleillés et peuvent être utilisés en conjonction avec d'autres systèmes de chauffage pour réduire la consommation d'énergie conventionnelle et les émissions de carbone. Cependant, ils ont aussi des inconvénients, tels que leur dépendance aux conditions climatiques (par exemple, leur efficacité diminue par temps nuageux) et leur capacité limitée à stocker l'énergie thermique sur de longues périodes. Malgré cela, les capteurs solaires à air restent une option intéressante pour exploiter l'énergie solaire et réduire l'empreinte carbone des systèmes de chauffage et de séchage.

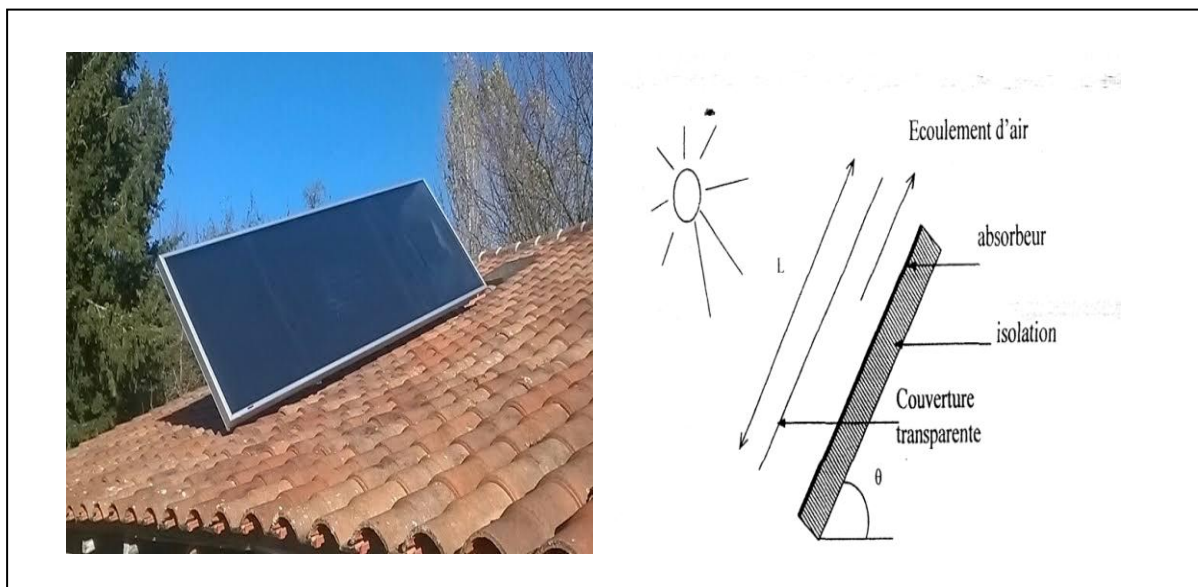


Figure II.8 : Schéma d'un capteur plan type à air.

II.4. Étude théorique du capteur solaire à air

II.4.1. Composants du capteur solaire à air

Un capteur solaire à air est un dispositif utilisé pour capter et convertir l'énergie du soleil en énergie thermique. Ce type de capteur solaire est l'un des systèmes les plus simples et les plus courants d'utilisation de l'énergie solaire pour chauffer l'eau ou le chauffage dans des applications domestiques, industrielles et agricoles.

Un capteur solaire à air se compose généralement des composants suivants :

II.4.1.1. Panneau solaire (absorbeur)

C'est un panneau constitué d'un matériau qui permet l'absorption de la plus grande quantité de rayonnement solaire. Ce panneau est généralement en aluminium ou en fer, et sa surface

est généralement recouvert de peinture noire pour augmenter sa capacité à absorber le rayonnement solaire.

II.4.1.2. Couvercle transparent

C'est un couvercle qui est placé sur le panneau absorbant, et il est généralement en verre, et il y a un espace entre eux pour le passage de l'air dans le panneau solaire.

II.4.1.3. Isolant

Il se situe entre la structure et le panneau absorbant pour éviter les pertes de chaleur

II.4.1.4. Structure externe

Elle a la forme d'un parallélépipède rectangle et est généralement en fer, c'est celle qui porte et protège le reste des composants du capteur solaire.

Ils contribuent à réduire les émissions nocives de gaz à effet de serre et à réduire notre dépendance aux ressources naturelles non renouvelables.

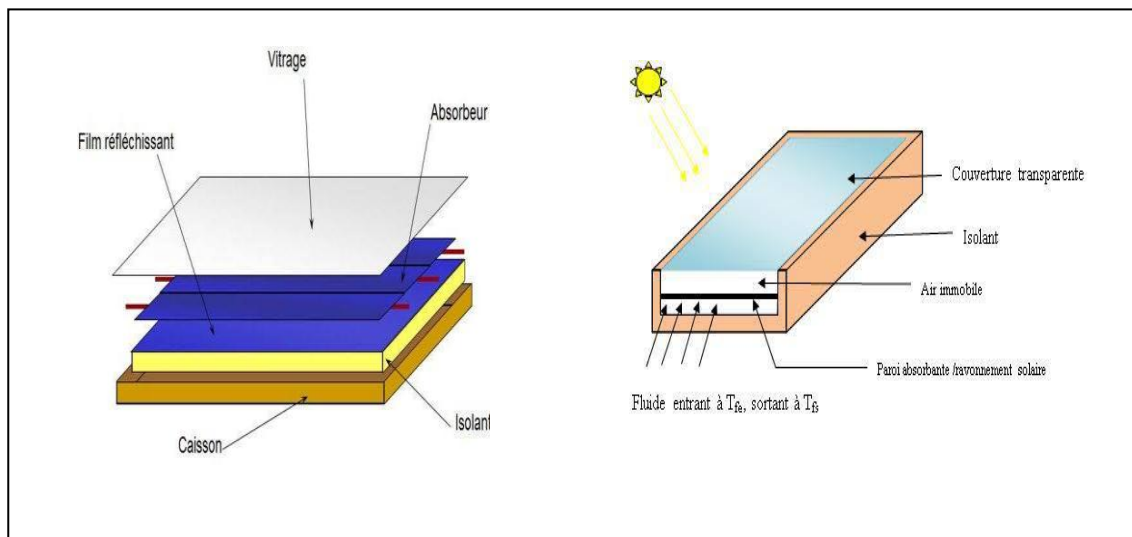


Figure II.9: Schéma de principe d'un capteur solaire plan à air.

II.4.2 Le principe de fonctionnement du capteur solaire à air

Le principe de fonctionnement du capteur solaire à air (également appelé "méthode solaire à air" ou "sècheur solaire à air") est très simple. C'est un appareil qui utilise l'énergie solaire pour chauffer l'air, qui peut ensuite être utilisé dans diverses applications, notamment le séchage de produits agricoles, le chauffage de bâtiments ou la production d'eau chaude. Le capteur solaire à air est généralement composé d'un absorbeur solaire et d'un système de circulation d'air. Voici comment cela fonctionne :

1. Absorbant solaire :

Le collecteur est équipé d'un matériau absorbant le soleil, généralement une plaque métallique ou un matériau absorbant spécial, qui a la capacité de convertir la lumière du soleil en chaleur. Lorsque la lumière du soleil frappe la surface absorbante, elle absorbe l'énergie solaire et se réchauffe.

2. Chauffage de l'air :

Le capteur aspire l'air ambiant et circule autour de la ventouse chaude. Lors de son passage, l'air absorbe la chaleur de l'absorbeur et s'échauffe également.

3. Circulation d'air :

Un système de ventilation ou de ventilation mécanique fait circuler de l'air chaud à l'endroit où il sera utilisé. Selon l'application, l'air chaud peut être utilisé directement pour sécher les produits, dirigé vers un endroit à chauffer ou utilisé pour chauffer de l'eau.

4. Utilisation de la chaleur :

L'air chaud généré par le capteur peut être utilisé pour sécher des produits agricoles tels que des fruits, des légumes, des herbes, etc. Il peut également être utilisé pour fournir de la chaleur au système de ventilation d'un bâtiment, réduisant ainsi la demande d'énergie provenant d'autres sources de chauffage.

En conclusion, un capteur solaire à air est une technologie attrayante qui permet d'utiliser l'énergie solaire pour chauffer l'air à diverses fins. Sa simplicité et sa polyvalence en font un choix attrayant pour les applications nécessitant une chaleur peu coûteuse et respectueuse de l'environnement.

II.4.3. caractéristiques opérationnelles et paramètres des capteurs solaires

L'efficacité thermique du capteur solaire repose largement sur le matériau utilisé, l'agencement du capteur et les paramètres environnants. Tous ces éléments peuvent être regroupés en deux catégories principales.

1. Facteurs externes : les factures externes majeures peuvent directement influencer les performances d'un capteur solaire plat. Ces facteurs incluent :

- ✓ l'ensoleillement : le flux solaire, la position du soleil, la durée d'exposition du soleil, etc.
- ✓ la température environnante.
- ✓ A vitesse du vent.

2. Facteurs internes : dans la catégorie des éléments internes, on retrouve :

- ✓ paramètres géométriques.
- ✓ configuration spatiale : angle d'inclinaison, orientation du capteur.
- ✓ Superficie du capteur.
- ✓ Dimensions spécifiques des composants : épaisseur, longueur, largeur.
- ✓ Paramètres opérationnelles.
- ✓ Température à l'entrée de l'air.
- ✓ Débit massique de l'air.
- ✓ Températures des différentes parties du capteur.

Ces éléments qu'ils permettent, tout en considérant les contraintes budgétaires, de générer une sortie de fluide à une température élevée. En d'autres termes, ils contribuent à optimiser l'efficacité globale de la capture.

II.5. transferts de chaleur

Un capteur solaire opère en mobilisant de manière simultanée les trois mécanismes de transfert thermique : conduction, convection et rayonnement. (Figure II-10). [20]

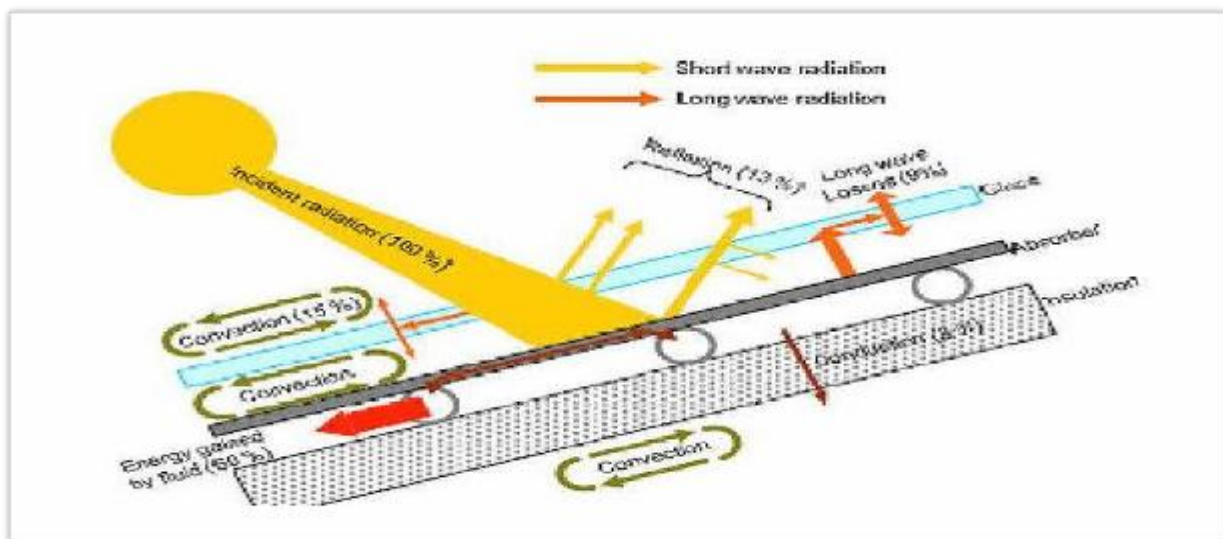


Figure II.10 : Les différents échanges thermiques dans un capteur solaire plan.

II.6. Rendement

Rendement d'un capteur solaire qui définit comme étant le rapport entre la quantité d'énergie utile récupérée et le rayonnement global incident, est donné par :

$$\eta = \frac{Q_u}{G_l \cdot S} \quad (\text{II -1})$$

Qui s'écrit

$$\eta = \frac{\dot{m} \cdot C_p (T_{fs} - T_{fe})}{I_G \cdot S_{abs}} \quad (\text{II -2})$$

II.6.1. le rendement journalier :

C'est le rapport de la somme des énergies utiles prises au cours de la journée par la somme d'ensoleillements correspondants [22]:

$$\eta_j = \varepsilon \Phi u / SC \cdot \varepsilon Gl \quad (\text{II -3})$$

Conclusion

Dans le présent chapitre, nous avons élaboré une analyse approfondie concernant les capteurs solaires à air et leurs mécanismes de fonctionnement. Diverses catégories de capteurs solaires ont été explorées, ainsi que les facteurs susceptibles d'exercer une influence sur leurs performances. Nous avons également scruté les principales études menées sur les capteurs solaires. Dans le but d'améliorer les performances thermiques et dynamiques d'un capteur, notre attention s'est portée sur l'introduction de chicane, agissant comme agent de turbulence. À la lumière de notre revue du littérature il est manifestes que la présence de mimi-obstacles, indépendamment de leur forme, engendre une amélioration significative dans le transfert convectif, pour autant que les paramètres géométrique et opérationnels (débit d'air et température d'entre) du capteur soient rigoureusement définis. Cette portion de notre étude nous a permis de capitaliser sur les recherches antérieures réalisées dans le domaine des capteurs solaires, ce qui a contribué à cadrer notre propre investigation.

Chapitre III

Étude expérimentale du capteur solaire plan

Introduction

L'utilisation de l'énergie solaire présente un défi majeur lié aux échanges thermiques peu efficaces entre le fluide caloporteur et l'absorbeur du capteur solaire. Cependant, une solution à ce problème réside dans l'intégration de chicanes, ces obstacles soigneusement positionnés dans les conduits de ces systèmes. Cette disposition en rangées de chicanes a démontré une amélioration significative des transferts thermiques.

Cette étude présente une série d'expériences réalisées sur quatre prototypes de capteurs solaires plans à air. Ces prototypes ont été conçus en laboratoire et testés dans la région d'El-Oued. L'installation expérimentale englobe une gamme de mesures, notamment le rayonnement solaire global, la vitesse du vent, ainsi que les températures ambiantes, de l'air à l'entrée et à la sortie, ainsi que celles de l'absorbeur. L'objectif de cette étude est d'optimiser les performances thermiques des capteurs en utilisant des techniques telles que l'intégration de chicanes et l'application de matériaux locaux (comme le sable) sur l'absorbeur de trois des prototypes. Notre étude s'est concentrée sur l'effet de la pente de l'angle des chicanes sur l'efficacité des capteurs solaires [21].

III.1. Conception du capteur plan à air

Il s'agit d'un capteur solaire de type plan à air à simple circulation et simple vitrage. Sa configuration est en forme de parallélogramme, mesurant 1 mètre de long sur 0,5 mètre de large, conçu pour convertir le rayonnement solaire en énergie thermique. Sa structure comprend un absorbeur en tôle d'aluminium d'une épaisseur de 0,003 mètres, qui a été peint en noir mat pour une meilleure absorption solaire. Une plaque de verre d'une épaisseur de 0,005 mètres recouvre également l'absorbeur. Les côtés latéraux et les parties inférieures du capteur sont isolés thermiquement en utilisant de la laine de verre, avec une épaisseur de 0,03 mètres et 0,05 mètres respectivement. L'air circule entre la plaque de verre et l'absorbeur. L'inclinaison du capteur est de 33° par rapport au plan horizontal, basée sur la latitude de la ville d'El-Oued. De plus, le capteur est orienté vers le sud pour capturer au mieux l'énergie solaire disponible. Vous pouvez observer la configuration essentielle de ces prototypes sur la photo ci-jointe.



Photo III.1: Les trois capteurs solaires fabriqués.

1. capteur solaire plan à air sans chicane sans sable (témoin).
2. capteur solaire plan à air avec chicanes inclinée quinconce + sable.
3. capteur solaire plan à air avec chicanes inclinée linéaire + sable.

III.2. Composants du capteur solaire plan à air

Le capteur solaire, qui sera étudié, a été conçu et construit dans le laboratoire des énergies renouvelables du Département de génie mécanique de l'Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued.

Au final, la forme finale du capteur solaire a été obtenue, comme le montre l'image (III.2).

1. Coffre (Couverture extérieure).
2. Absorbeur.
3. Isolation thermique.
4. Couverture verrière.
5. Chicanes.
6. Entonnoir.



Photo III.2: Capteur solaire à réaliser.

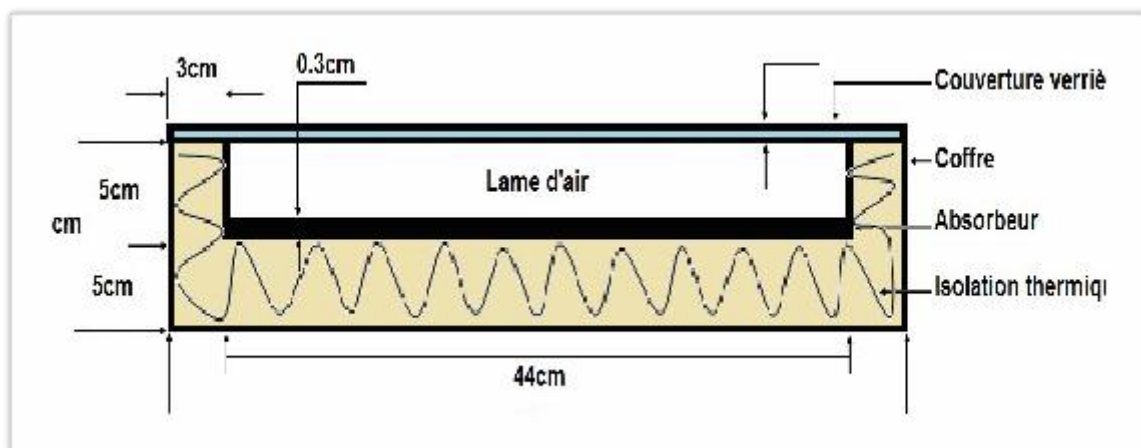


Figure III.1: Dimensions du capteur plan à air.

III.2.1. Coffre (Couverture extérieure)

Nous utilisons une tôle de fer galvanisé de dimensions 88 cm-100 cm et d'une épaisseur de 2 mm, nous avons besoin de deux tôles, puis nous découpons cette dernière en quatre parties et la plions en quatre boîtes comprenant les dimensions suivantes:

- Longueur du câble: 1 m.
- Largeur: 0,5 mètre.
- Épaisseur: 2 mm.

Ensuite, nous plions le panneau pour obtenir une largeur de 3 cm pour les côtés et de 5 cm pour la hauteur du milieu intérieur afin de pouvoir installer les isolants. Ensuite, nous forons trois trous sur le côté droit plié pour le thermocouple.

Nous fermons les deux ouvertures des deux côtés avec une plaque de fer pour empêcher l'air d'y pénétrer, puis peignons la structure extérieure en blanc.

Enfin, nous obtenons le chiffre indiqué sur l'image



Photo III.3: Coffre (Couverture extérieure) du capteur.

III.2.2. Absorbeur

Nous avons utilisé une plaque d'aluminium de dimensions 44 cm 100 cm et d'une épaisseur de 3 mm, et nous l'avons découpée en quatre parties selon les dimensions suivantes:

- Longueur du câble: 1 m.
- Largeur: 44 cm.
- Épaisseur: 3 mm.
- Surface d'absorption: $0,44 \text{ m}^2$.

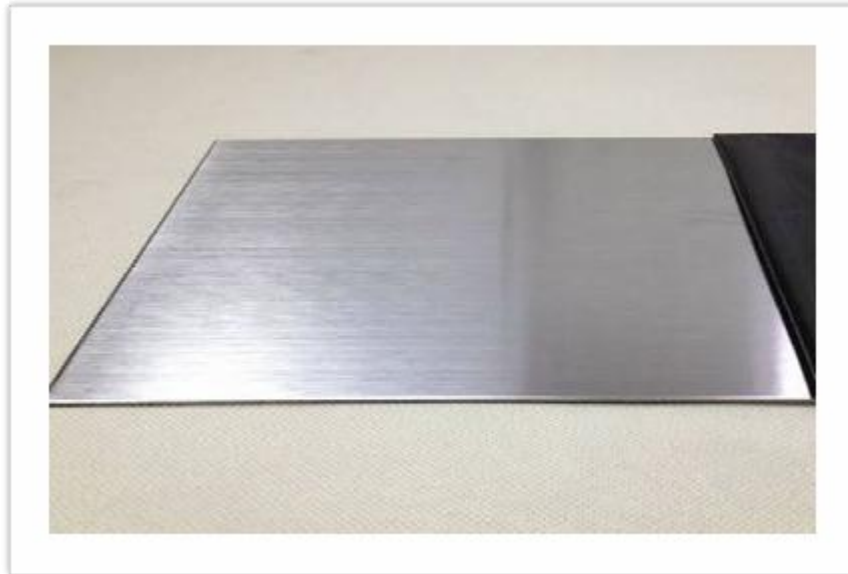


Photo III.4: Plaque d'aluminium.

- ✓ la première plaque d'aluminium est peinte en noir mat.
- ✓ Sur la deuxième plaque d'aluminium à cloisons parallèles, du sable est ajouté à raison de 800 g. ce sable est fixé avec un revêtement noir mat.
- ✓ Sur la troisième plaque d'aluminium avec des cloisons transversales, où du sable est ajouté à raison de 800 g et ce sable est fixé avec de la peinture noire mate.
- ✓ Sur la quatrième plaque d'aluminium, où du sable est ajouté en une quantité de 800 g, fixez ce sable avec de la peinture noire mate.



Photo III.5: Absorbeur.

III.2.3. Isolation thermique

D'abord, nous plaçons la laine de ver pour remplir l'espace intermédiaire entre les deux côtés latéraux du capteur comme isolation thermique avec une épaisseur de 3 cm.

Pour isoler la surface inférieure du capteur, nous avons utilisé de la laine de verre comme isolant avec une épaisseur de 5 cm, elle est coupée selon les besoins au niveau de la surface inférieure, cette laine de verre est collée avec une fine couche de papier d'aluminium pour permettre et augmenter le taux d'isolation thermique comme indiqué sur la photo (III.6).

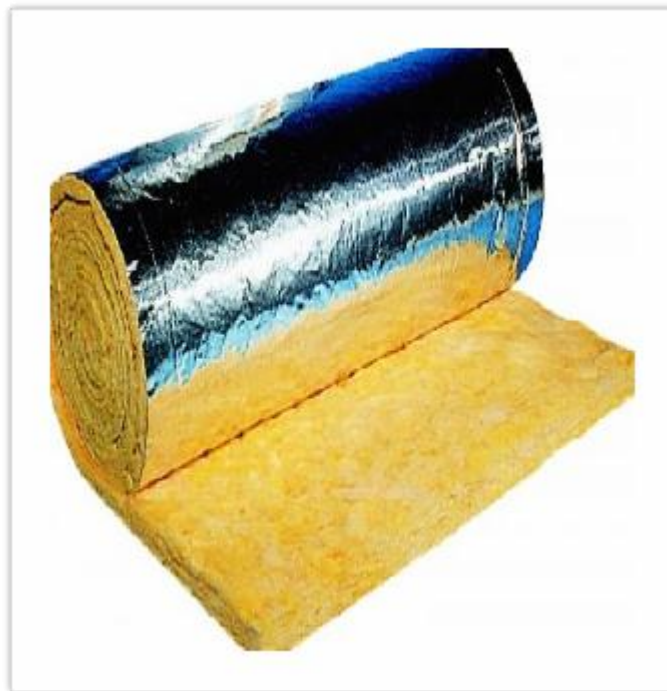


Photo III.6: Isolation thermique (Laine de verre).

III.2.4. Couverture verre

Nous avons acquis quatre panneaux de verre pour couverture, de 100 cm de long, 50 cm de large et 5 mm d'épaisseur.

C'est pour entendre les rayons du soleil passer vers l'absorbeur.

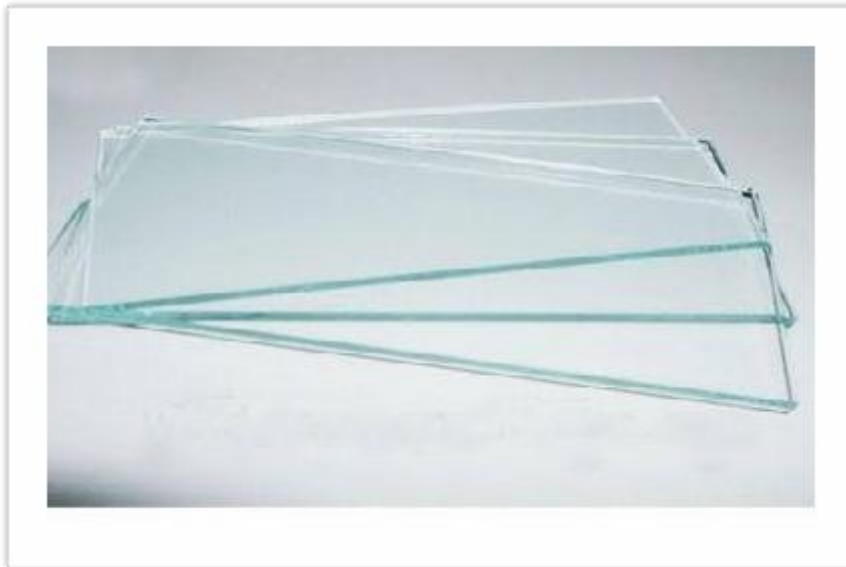


Photo III.7: Couverture verre.

III.2.5. Chicanes

Nous disposons de deux capteurs équipés de chicanes en aluminium de 3 mm d'épaisseur, mesurant 10 cm en longueur et 4 cm en hauteur.

Le premier capteur est composé de cinq rangées de chicanes linéaire en forme de inclinée à un angle prédéfini. Elles sont espacées à intervalles de 7,5 cm. Chaque rangée comprend trois inclinée, distantes de 2 cm les unes des autres. La configuration est illustrée dans la figure (III.2). et sur la photo (III.8).

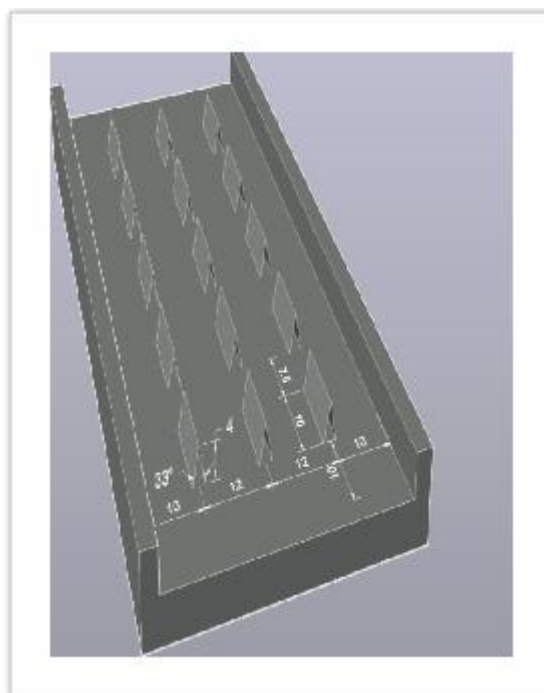


Figure III.2: Dimensions 3D des chicanes linéaire.



Photo III.8: chicanes inclinée linéaire + sable.

Quant au deuxième capteur, il présente cinq rangées de chicanes pyramidales quinconce, également espacées de 7,5 cm. Trois des rangées contiennent trois chicanes inclinée espacées de 2 cm, tandis que les deux autres rangées incluent deux chicanes inclinée. Ces dernières sont espacées de 2 cm et sont situées à 15 cm des côtés du capteur. Cette disposition est détaillée dans la Figure (III.3) et Photo (III.9) correspondante.

Cependant, les deux autres capteurs de notre expérience n'étaient pas équipés de chicanes.

Après cette étape, tous les absorbeurs ont été peints en noir mat.

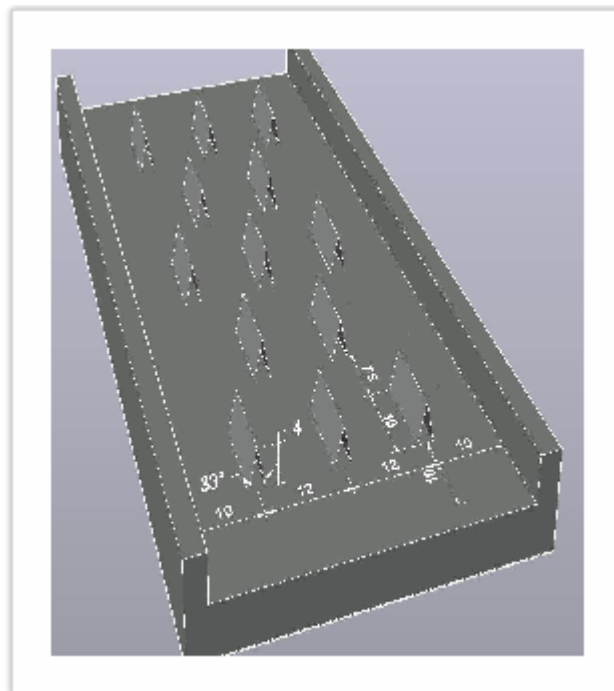


Figure III.3 : Dimensions 3D des chicanes quinconce.



Photo III.9: chicanes inclinée quinconce + sable.

III.2.6. Entonnoirs

Nous avons conçu des cônes à placer à l'extrémité de chaque capteur solaire en fer galvanisé, car sa grande base est de forme rectangulaire d'une longueur de 50 cm et d'une largeur de 10 cm. Sa petite base est de forme circulaire avec un diamètre de 10 cm, et la distance entre les deux bases est de 40 cm.

Chaque entonnoir a été muni d'un petit ventilateur dans sa petite base. Ceci est pour recueillir l'air chaud et augmenter sa vitesse de sortie.



Photo III.10: Entonnoirs.

III.3 Les instruments de mesure

Pour effectuer les mesures nécessaires, nous avons utilisé les appareils suivants:

III.3.1. Mesure de la température

Les températures ont été capturées à l'aide de thermocouples de type K (environ 10 cm de long), reliés à un boîtier REX-C400. L'outil utilisé pour mesurer la température ambiante est un anémomètre. Les données sont enregistrées pendant une période de 30 minutes. Vous pouvez voir une illustration de cette configuration dans la photo (III.11).



Photo III-11: Thermocouple.



Photo III.12: Armoire de mesure.

III.3.2. Mesure du rayonnement solaire global

Cette mesure a été réalisée en utilisant un parano-mètre de modèle 4890.20 "Frederik sen".



Photo III.13: Parano-mètre (Parano-mètre modèle 4890.20 "Frederik sen").

III.3.3. Mesure de la vitesse de l'air

Cette mesure est effectuée à deux endroits : à l'entrée et à la sortie du capteur, ainsi que dans l'environnement ambiant. Pour obtenir ces valeurs, nous avons utilisé un anémomètre numérique, spécifiquement le modèle Kestrel 1000.



Photo III.14: Anémomètre Kestrel 1000.

III.4. Résultats expérimentaux

Ce travail exposera les résultats expérimentaux obtenus en mai 2023. Ces résultats sont principalement centrés sur l'évolution temporelle des diverses températures, l'ensoleillement, ainsi que l'efficacité quotidienne. Pour ce faire, nous avons mené trois expériences distinctes, chaque fois en modifiant l'angle des chicanes inclinées (23° , 33° et 43°). L'ensemble des résultats sera illustré à l'aide de courbes graphiques pour une meilleure visualisation.

Les grandeurs que nous avons mesurées sont:

T_e : Température d'entrée du capteur ($^\circ\text{C}$)

T_s : Température de sortie du capteur ($^\circ\text{C}$)

T_{abs} : Température de l'absorbeur ($^\circ\text{C}$)

T_{amb} : Température de l'air ambiante ($^\circ\text{C}$)

V_e : Vitesse de l'air à l'entrée du capteur (m/v)

V_s : Vitesse de l'air à la sortie du capteur (m/v)

V_{amb} : Vitesse de l'air ambiant (m/v)

R_{ray} : Rayonnement solaire (W/m^2)

III.4.1. Variation de la température de l'air ambiant et du rayonnement

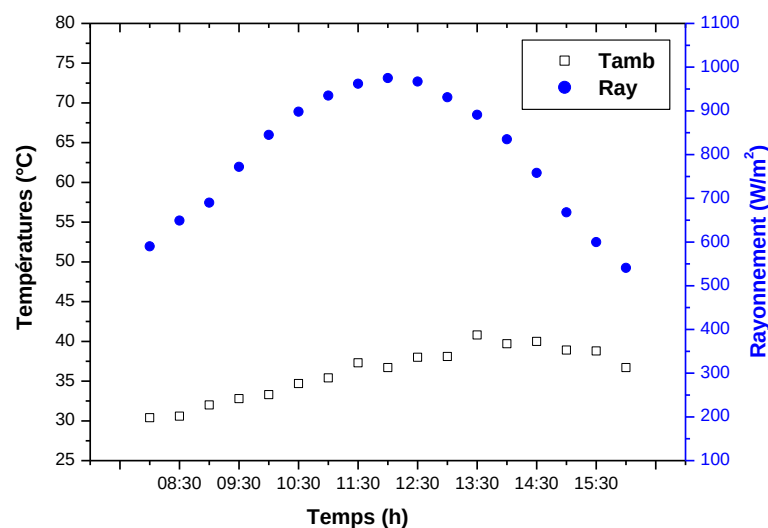


Figure III.4: Variation de la température de l'air ambiant et du rayonnement.

On peut observer sur cette courbe les différences de température entre la température de sortie et la température d'entrée en fonction du temps. Au début de la mesure, les températures des chicanes inclinée linéaire avec du sable, des chicanes inclinée quinconce avec du sable et la température de contrôle du sable étaient au plus bas. Au fil de temps,

ces températures ont atteint leur maximum au pic du rayonnement solaire. En suite, nous avons remarqué une diminution progressive de la température jusqu'au la fin de jour.

Tenant compte du fait que la différence de température dans la capture des chicanes inclinée linéaire était la plus importante, suivie des chicanes inclinée quinconce et le capture témoin avec sable, et ceci pour toute la durée de l'expérience.

III.4.2. Variation de la différence de température des capteurs solaires (chicanes inclinée + sable quinconce et linéaire)

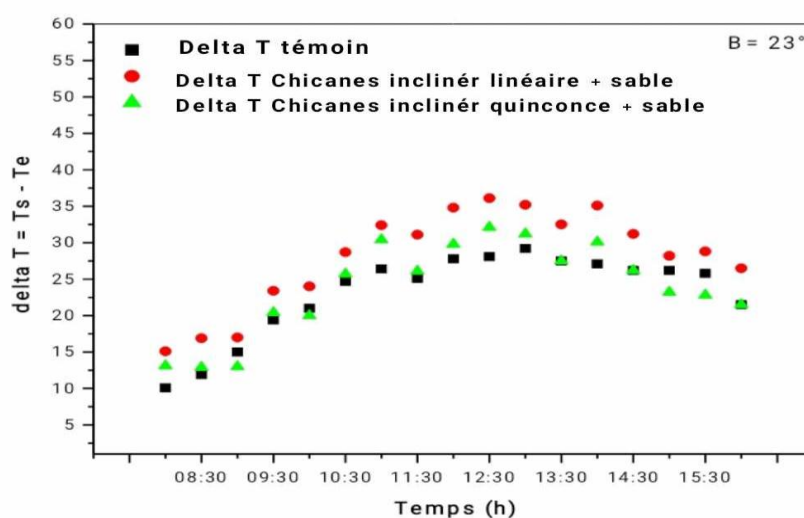


Figure III.5: Variation de la différence de température des capteurs solaires (chicanes inclinée quinconce et linéaire + sable) angle 23°

Au début de la mesure, il a été noté que la plus grande valeur de la différence de température est la valeur du capteur à chicanes inclinée linéaire suivi du timon avec sable, puis du capture à chicanes inclinée quinconce. Après que le temps soit passé, la différence continue d'augmenter, atteignant son apogée tout en maintenant le même ordre précédent. Après cela, la valeur de température diminue jusqu'à la fin de la mesure. On remarque que la différence de température du capteur à chicanes inclinée linéaire est encore plus élevée, puis le témoin arrive, suivi de la température du capteur à chicanes inclinée quinconce.

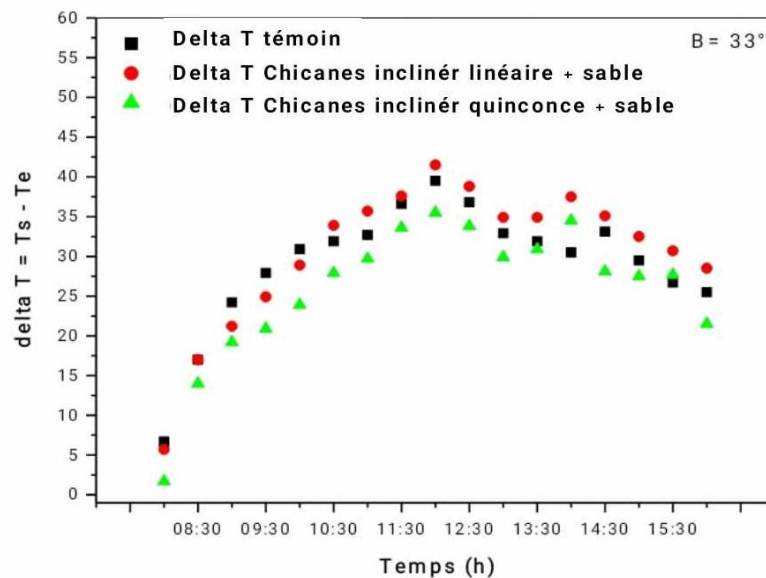


Figure III-6: Variation de la différence de température des capteurs solaires (chicanes inclinée quinconce et linéaire + sable) angle 33°

Au début de la mesure, il a été noté que la plus grande valeur de la différence de température est la valeur du capteur à chicanes inclinée linéaire suivi du témoin avec sable, puis du capteur à chicanes inclinée quinconce. Au fil du temps, la différence continue d'augmenter, atteignant son apogée tout en maintenant le même ordre précédent. Après cela, la valeur de température diminue jusqu'à la fin de la mesure. On remarque que la différence de température du capteur à chicanes inclinée linéaire est encore plus élevée, puis le témoin arrive, suivi de la température du capteur à chicanes inclinée quinconce.

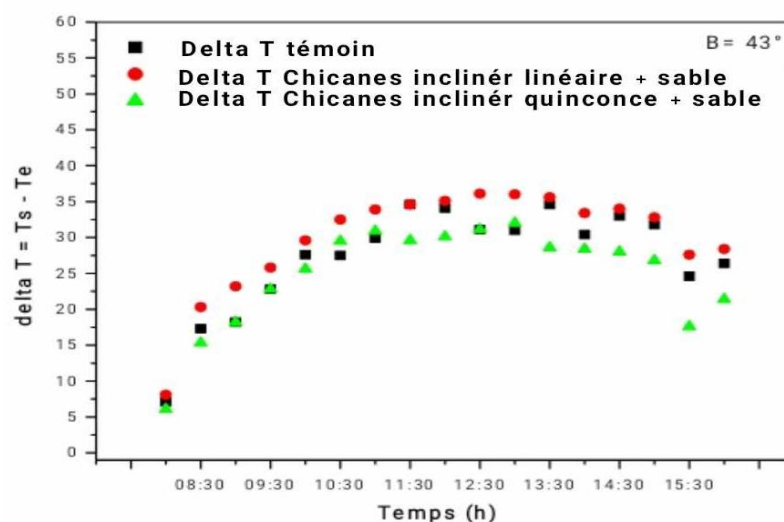


Figure III.7: Variation de la différence de température des capteurs solaires (chicanes inclinée quinconce et linéaire + sable) angle 43°

Au début de mesure, on observe que la plus grande valeur de différence de température est température chicanes inclinée linéaire + sable suivie de différence de température témoin à, et ensuite température chicanes inclinée quinconce. Au fur et à mesure que le temps avance, la différence continue à augmenter, jusqu'au pic. À ce moment la température chicanes inclinée linéaire + sable est la plus élevée, suivie de différence de température témoin, puis température chicanes inclinée quinconce. Par la suite, la valeur de différence de température décroît jusqu'à la fin de mesure. À ce stade, on remarque que de la température chicanes inclinée linéaire + sable reste supérieure, puis vient jusqu'à la fin de mesure différence de température témoin, suivi de température chicanes inclinée quinconce.

III.4.3. Variation de la différence de température des capteurs solaires (effet d'angle d'inclinaison)

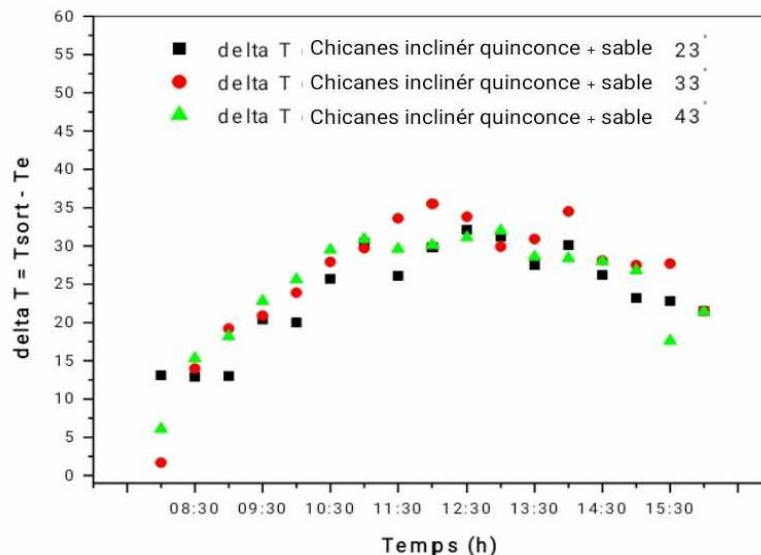


Figure III.8: Variation de la différence de température des capteurs solaires chicanes inclinée quinconce + sable et effet d'angle d'inclinaison 23°, 33° et 43°).

Il semble que vous décrivez les variations de température en fonction du temps pour des chicanes inclinée quinconce avec des angles de 23°, 33° et 43°. Au début, les différences de température sont similaires pour les angles de 43° et 33°, mais plus faibles pour l'angle de 23°. Ensuite, la différence de température augmente progressivement, surtout au 33°. Vers la fin de la mesure, les valeurs des angles 33° et 43° se rapprochent à nouveau, tandis que des valeurs plus basses persistent pour l'angle de 23°.

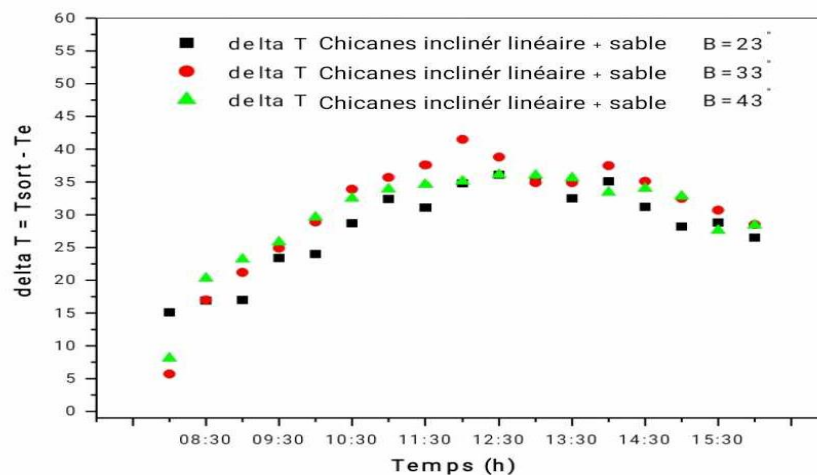


Figure III.9: Variation de la différence de température des capteurs solaires chicanes inclinée linéaire + sable et effet d'angle d'inclinaison 23°, 33° et 43°).

Cette courbe représente les variations de température du temps pour des chicanes inclinée linéaire avec des angles différentes 23°, 33° et 43°. Au début de notre observation, nous avons constaté que la différence de température était généralement similaire pour les angles de 43° et 33°, mais elle était plus faible pour l'angle de 23°. Par la suite, une augmentation progressive de la disparité de température a été notée. À mesure que le temps avançait jusqu'à la fin de la mesure, nous avons remarqué que les valeurs des angles de 33° et 43° retrouvaient leur équilibre initial tandis que des valeurs plus basses persistantes pour l'angle de 23°.

III.4.4. Rendement thermique des capteurs solaires

Les figures suivantes représentent les colonnes graphiques des variations de rendement thermique des différents capteurs solaires utilisés dans l'expérience précédente à un angle de 23°. Nous notons que le rendement le plus élevé a été atteint par le capteur solaire à chicanes inclinée linéaire, suivi du rendement lié au capteur solaire à chicanes inclinée quinconce. De l'analyse précédente, nous concluons que le plus grand rendement thermique était dans la capture solaire avec des chicanes inclinée linéaire. Et ceci sous différents angles.

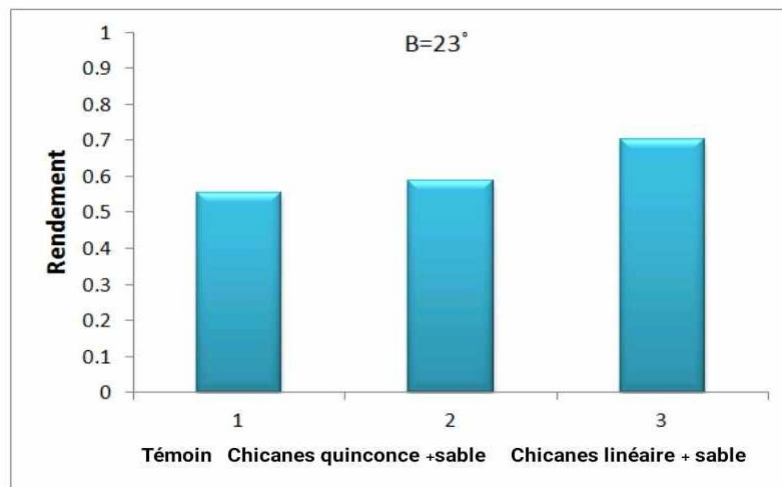


Figure III.10: Variation de rendement dans différents capteurs solaires à l'angle 23°.

La figure précédente représente les variations de rendement thermique des divers capteurs solaires utilisés dans l'expérience précédente à un angle de 23. Il est important de noter que le capteur solaire à chicanes inclinée linéaire à chicanes inclinée quinconce, tandis que le capteur solaire témoin a affiché le rendement le plus bas. Linéaire a obtenu le rendement le plus élevé, suivi du capteur

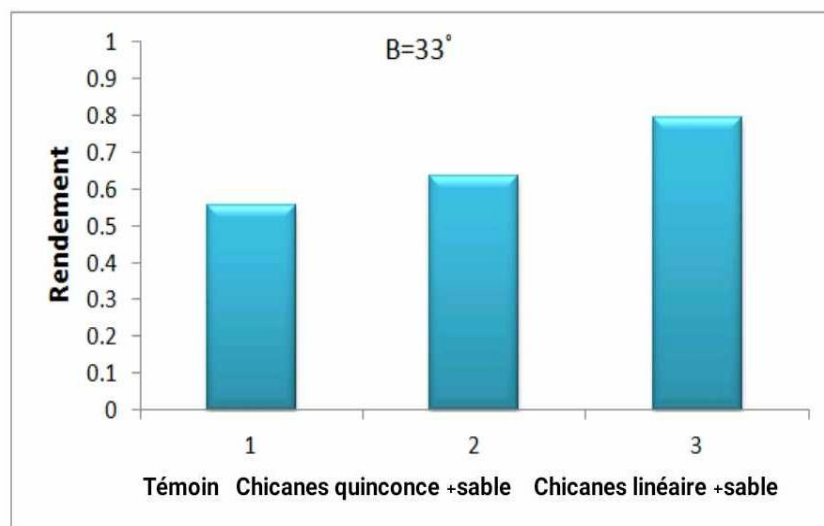


Figure III.11: Variation de rendement dans différents capteurs solaires à l'angle 33°.

La figure précédente présente des colonnes graphiques illustrant les variations de rendement thermique des différents capteurs solaires utilisés dans l'expérience précédente à un angle de 43°. On observe que le capteur solaire à chicanes inclinée linéaire a enregistré le rendement

le plus élevé, suivi par le capteur solaire à chicanes inclinée quinconce, puis par le capteur solaire témoin. D'après cette analyse, il est clair que le capteur solaire à chicanes inclinée linéaire a obtenu le rendement thermique le plus élevé, quelle que soit l'inclinaison testée.

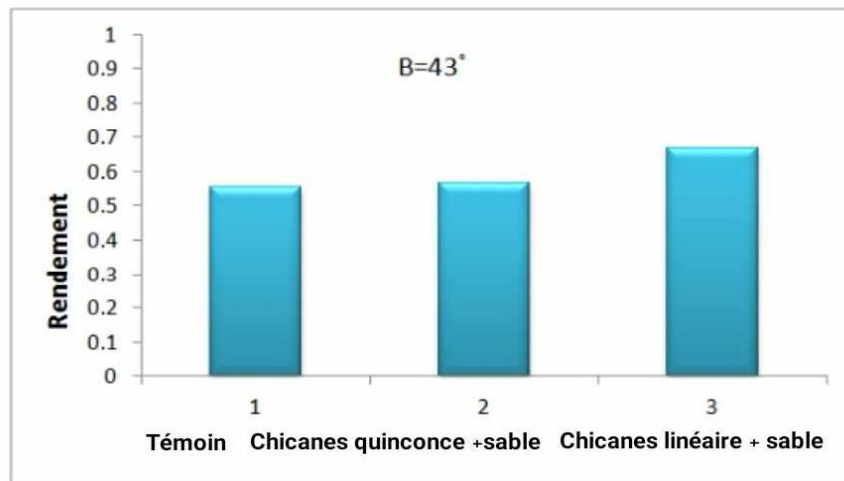


Figure III.12: Variation de rendement dans différents capteurs solaires à l'angle 43°

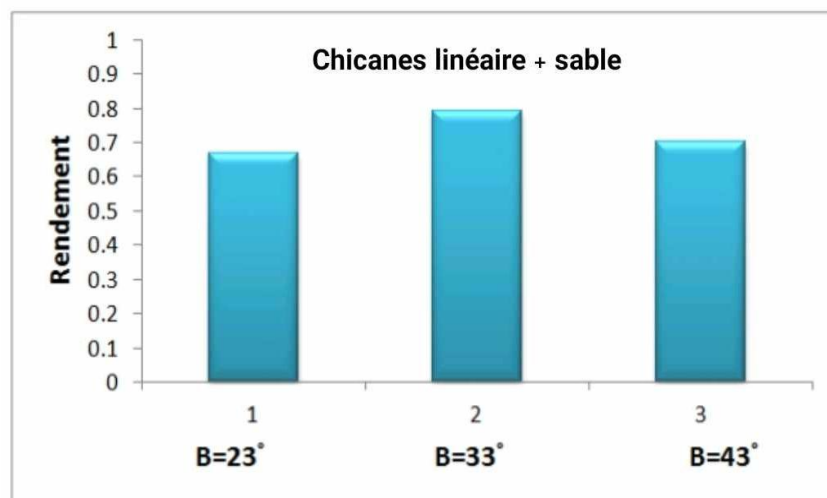


Figure III-13: Variation de rendement dans capteurs solaires chicanes inclinée linéaire + sable à l'angle ($23^\circ, 33^\circ$ et 43°)

La figure précédente montre des colonnes graphiques montrant la valeur du rendement thermique du capteur solaire avec chicanes inclinée linéaire. Dans les différents angles ($23^\circ, 33^\circ, 43^\circ$) où l'on observe que le rendement de l'angle 33° , puis du capture par l'angle 43° enfin, le capture à l'angle 23° .

III.5. Conclusion

Selon les résultats des expériences précédentes et après analyse des courbes et des graphiques. Nous avons conclu ce qui suit:

- ✓ Le rayonnement solaire affecte directement la plage de température.
- ✓ La plus grande chaleur était dans le coin des chicanes avec un degré de 33°.
- ✓ La plus grande chaleur était dans la capture solaire avec des chicanes inclinée linéaire à différents angles.
- ✓ Le meilleur rendement thermique était au l'angle 33° dans tous les captures.
- ✓ Le meilleur rendement thermique était au capteur solaire avec chicanes inclinée linéaire dans tous les angles.

Conclusion générale

L'objectif de ces travaux est d'aboutir à la conception et à la réalisation d'un complexe solaire à air plan à haut rendement. Dans cette étude, nous avons conçu des chicanes inclinée et réalisé plusieurs expériences sous différents angles.

Notre étude s'est concentrée sur l'effet de la pente de l'angle des chicanes sur l'efficacité des capteurs solaires surface-air.

De cette étude exponentielle, nous pouvons déduire que l'efficacité thermique du capteur qui inclut la chicanes inclinée linéaire et le capteur sans chicanes inclinée quinconce. L'étude a montré qu'un capteur solaire plat avec des chicanes inclinées à 33 angles est le meilleur capteur, où le rendement atteint 80%. Sur la base des résultats obtenus à partir de diverses combinaisons des systèmes solaires étudiés, nous pouvons conclure que l'inclinaison des angles dans les structures des chicanes inclinée est un facteur extrêmement important. Il est proposé de poursuivre cette étude de manière approfondie et détaillée, en se concentrant toujours sur la réalisation de l'objectif d'atteindre un capteur aux performances optimales. Cette continuation peut inclure l'amélioration de la conception et le remplacement des facteurs d'influence par des facteurs plus améliorés. Il sera également important de faire un suivi des tests et des expériences pour vérifier que les performances se sont améliorées et que l'objectif souhait a été atteint.

Cette approche de recherche favorise le développement ultérieur de la technologie des capteurs et l'amélioration de son efficacité, ce qui contribue à la promotion de son utilisation dans une variété d'applications.

Références

Références Bibliographiques:

- [1] **L'auteur, Raed Khader Suleiman Al-Fahdawi** (conférences sur les énergies renouvelables) 2016-2015.
- [2] **Alliance Coopérative Internationale**, “Les coopératives et les objectifs du développement durable” Organisation Internationale de Travail, Genève, Suisse, 2014.
- [3] **Bachir Bouchekima** et al, “Opportunities and challenges for the promotion of renewable energy in Algérie”, Annales des Sciences et Technologie, Volume 5, No. 1, Ouargla, Algérie.
- [4] **Éditions Larousse**, « Définitions : biomasse - Dictionnaire de français Larousse » [archive], sur www.larousse.fr (consulté le 8 mai 2022).
- [5] **Société d'énergie de la Baie James**, Le complexe hydroélectrique de la Grande Rivière : réalisation de la première phase, Montréal, Société d'énergie de la Baie James / Éditions de la Chenelière, 1987, 496 p. (ISBN 2-89310-010-4), p. 321
- [6] « **Directive 2003/54/CE du Parlement européen et du Conseil** » [archive], sur EUR-Lex, 26 juin 2003 (consulté le 31 juillet 2012) : « Seule fait foi la version imprimée de la législation européenne telle que publiée dans les éditions papier du Journal officiel de l'Union européenne. ».
- [7] **L'idée n'est pas nouvelle** : « Un meunier de l'Overijssel vient d'établir une nouvelle espèce de moulin à vapeur, mis en mouvement par le soleil au moyen d'un grand miroir ardent qui réfléchit sur la machine des rayons solaires, lesquels, en échauffant le liquide, développent une force de vapeur suffisante pour mouvoir et faire tourner ce nouveau moulin.
- [8] **Hamani Nadjette**, Mémoire de magister, « Modélisation du flux solaire incident et de la température de sortie dans un capteur solaire à eau avec effet de concentration du rayonnement solaire incident », Université de Biskra, 2005.
- [9] **Abderraouf Meziani et Mohamed Temim**, Mémoire de fin d'étude, « Étude d'un capteur solaire à eau avec effet de concentrateur de type cylindro-parabolique », Université de Biskra, 2005.
- [10] **Jacques Bernard**, « Energie solaire calculs et optimisation », Ellipses Edition Marketing S.A, Paris 2004.

- [11] **Ben Guehza M^{ed} Lahkdar**, Mémoire de magister, « Impact de l'espace entre les deux vitrages sur le rendement d'un capteur solaire », Université de Ouargla, 2009.
- [12] **Zaghib Ilhem**, Mémoire de magister, « Etude et réalisation d'un concentrateur solaire parabolique », Université de Constantine, 2005.
- [13] **O.C.Jorgensen**, « Collector heat capacity effect on solar system performance », Solar energy, Printed in Great Britain, 1982.
- [15] **P, H, Communay**. Héliothermique : le gisement solaire, méthodes et calculs, Groupe de Recherche et d'Edition, France. (2002).
- [16] **B.Stine, Michael Geyer**, « Power from the sun », Centre for regenerative studies, Lyle, 2001.
- [17] **S,M,E,Bekkouche**. Modélisation du comportement thermique de quelques dispositifs solaires; thèse de doctorat, Université de Tlemcen. (2009).
- [18] **Auteur Saud Yousef Ayyash** (Technologie des énergies renouvelables) pages 179-180
- [19] **N, Bellel**. Etude des transferts thermiques le long d'un tube cylindrique appliquée à deux géométries ; thèse de doctorat, Université de Constantine. (2004).
- [20] **A.M. Lanjewar, J.L. Bhagoria and R.M. Sarviya**; Heat transfer enhancement in solar air heater; Indian Journal of Science and Technology; Vol. 3 No. 8 ;Aug 2010.
- [21] **Rise.Org.Au..** "Systèmes d'eau chaude domestique". Archivé de l'original le 03/02/2011 Récupéré le 2008-10-2.