



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



Université Hamma Lakhdar d'El-Oued

Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Énergies Renouvelables

THEME

**Etude d'un sécheur solaire . Application
utilisant le gravillon comme produit de stockage**

Jury :

BOUSBIA S.

Président

ZINE A.

Examineur

KHECHANA M.

Encadreur

AOUN Y.

Co-Encadreur

Réalisé par :

Dib Abdelkader

Sadoun Yahia

Rhoma Mohamed elbachir

Labi elbachir

Année Universitaire 2022/2023

Remerciements

- ♥ Tout d'abord, nous remercions Dieu qui nous a donné la force et la patience de faire cet humble travail.
- ♥ Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à nos parents pour leur soutien continu et leur contribution pour compléter le parcours scolaire.
- ♥ Nous adressons également nos sincères remerciements à nos encadreurs **KHECHANA M.** et **Dr. AOUN Y.**
- ♥ Merci également à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, notamment la famille du Département de génie mécanique, qui a été pour nous comme une seconde famille.

DEDICACE

J'aimerais partager les meilleurs moments de ma vie avec les gens que j'aime.

Au terme des années d'étude, je veux dédier ce travail à :

♥ A ma chère mère et à mon cher père,

♥ A mon frère et mes sœurs

♥ A l'honorable famille

♥ A tous mes chers amis

♥ A tous mes collègues

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce humble travail

Résumé :

Dans cette étude, nous avons testé un séchoir solaire utilisant le gravillon comme matériaux de stockage. Le séchoir solaire se compose d'un système de captage d'énergie solaire, d'un système de circulation d'air et d'un dispositif de stockage de chaleur. Le système utilise des capteurs solaires pour convertir l'énergie solaire en chaleur, qui, à sa sortie, est utilisée pour sécher les matières agricoles. nous avons utilisé la menthe comme produit agricole à sécher.

Nous avons fait une série d'expériences sur les trois capteurs du séchoir. La première partie du séchoir comporte des chicanes et remplie de gravillon pour stocker l'énergie solaire, la deuxième partie ne comporte pas des chicanes mais utilise le gravillon et la troisième partie ne comporte ni chicanes ni gravillon .

La série des essais qu'on menée consistait à mesurer les températures dans une vingtaine de point répartis sur les entrées, à l'intérieur et aux sorties des capteurs solaires et ce à chaque dix minutes . Encore on a fait la relevé des masses de menthe mises au séchage et parallèlement la mesure de l'énergie solaire (radiation), la vitesse du vent et la température extérieure ambiante et ce à chaque dix minutes de la journée, Après comparaison des efficacités des trois capteurs, on conclut que le capteur solaire construit avec chicanes et avec le gravillon comme produit de stockage thermique est plus efficace que celui dépourvu de chicanes . A son tour ce deuxième capteur est plus efficace que le dernier qui ne comporte ni chicanes ni gravillon .

Mots clés : Energie solaire, séchage solaire, capteur solaire,...

المخلص :

في هذه الدراسة ، اختبرنا مجففاً شمسياً باستخدام الحصى كمادة تخزين. يتكون المجفف الشمسي من نظام تجميع الطاقة الشمسية ونظام دوران الهواء وجهاز تخزين الحرارة. يستخدم النظام مجمعات الطاقة الشمسية لتحويل الطاقة الشمسية إلى حرارة ، والتي تستخدم عند إنتاجها لتجفيف المواد الزراعية. استخدمنا النعناع كمنتج زراعي ليتم تجفيفه.

أجرينا سلسلة من التجارب على ثلاثة أجهزة استشعار في المجفف. يحتوي الجزء الأول من المجفف على حواجز ومملوء بالحصى لتخزين الطاقة الشمسية ، والجزء الثاني لا يحتوي على حواجز ولكنه يستخدم الحصى ، والجزء الثالث ليس به حواجز ولا حصى.

وتألفت سلسلة الاختبارات التي أجريناها من قياس درجات الحرارة بنحو عشرين نقطة موزعة على مداخل وداخل ومخارج مجمعات الطاقة الشمسية وذلك كل عشر دقائق. مرة أخرى أخذنا قراءة كتل النعناع الموضوعة في صندوق التجفيف وفي نفس الوقت قياس الطاقة الشمسية (الإشعاع) وسرعة الرياح ودرجة الحرارة الخارجية المحيطة وهذا كل عشر دقائق من اليوم ، بعد مقارنة كفاءات المجمعات الثلاثة ، استنتجنا أن مجمع الطاقة الشمسية المصنوع من الحواجز والحصى حيث أن منتج التخزين الحراري أكثر كفاءة من المنتج الذي لا يحتوي

على حواجز. في المقابل ، يعد هذا المستشعر الثاني أكثر كفاءة من الأخير ، والذي لا يحتوي على حواجز ولا حصى.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية ، التجفيف الشمسي ، المجمع الشمسي ، ...

Abstract :

In this study, we tested a solar dryer using gravel as storage materials. The solar dryer consists of a solar energy collection system, an air circulation system and a heat storage device. The system uses solar collectors to convert solar energy into heat, which, on its output, is used to dry agricultural materials. we used mint as an agricultural product to be dried.

We did a series of experiments on the three sensors of the dryer. The first part of the dryer has baffles and is filled with gravel to store solar energy, the second part has no baffles but uses the gravel, and the third part has no baffles or gravel.

The series of tests that we conducted consisted in measuring the temperatures in about twenty points distributed on the entrances, inside and at the exits of the solar collectors and this every ten minutes. Again we took the reading of the masses of mint put to drying and at the same time the measurement of the solar energy (radiation), the wind speed and the ambient outside temperature and this every ten minutes of the day, After comparing the efficiencies of the three collectors, it is concluded that the solar collector built with baffles and with gravel as the thermal storage product is more efficient than the one without baffles. In turn, this second sensor is more efficient than the last one, which has neither baffles nor gravel.

Keywords: Solar energy, solar drying, solar collector,...

Liste des figures

Figure (I.1) : Spectre du rayonnement solaire.....	9
Figure (I.2): Valeur moyennes d'insolation (h) mensuelles	10
Figure (I.3) : Coordonnées géométriques	11
Figure (II.1) : Principe de fonctionnement de capteur solaire plan vitré.....	16
Figure (II.2) : Capteur solaire à concentration.....	17
Figure (II.3): Capteur plan vitré.....	18
Figure (III.4): Dimensions de base du capteur plan à air.....	29
Figure (III.5): Dimensions du capteur plan à air.....	30
Figure.(III.12). Vitesse de séchage de la menthe en fonction du temps	36
Figure.(III.13).Evolution des températures dans les 03 capteurs	37
Figure.(III.14).Energie solaire correspondant à la journée du 20.05.2023.....	37

Liste des équations

Equation : Constante solaire (s_0) (I.1)	9
Equation de conduction (II.1).....	20
Equation de conduction (II.2).....	20
Equation de convection naturelle (II.3).....	20

Liste des photos

Photo (III.1): Photo du sel dans le séchoir solaire	24
Photo (III.2):. Photo du sel dans le séchoir solaire	25
Photo (III.3): Photo montrant la peinture du gravillon dans le capteur à chicanes	26
Photo (III.6): Photo du coffre du capteur.....	30
Photo (III.7) : Photo de plaque de verre (vitre).....	31
Figure (III.8): Photo montrant les chicanes du capteur plan.....	32
Figure(.III.9): Photo du multimètre utilisé pour la mesure de la température	33
Figure (.III.10) .Photo du de l'Anémomètre Kestrel 1000.....	34
Figure (.III.11): Photo du Pyranomètre (Pyranometer 4890.20 "Frederiksen").....	35

Liste des tableaux

Tableau (I.1): Valeurs moyennes d'insolation mensuelle (2004-2020).....	10
Tableau (III.1): Composants du capteur solaire.....	27

Liste des abréviations

Symbole	Désignation	Unité
S0	Constante solaire	W/m ²
T _{abs}	Température de l'absorbeur	°C
T _{amb}	Température de l'air ambiante	°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 _s	Rayon du soleil	Km
T _s	Température à la surface du soleil	K
σ	Constante de Stéphane-Boltzmann	W/m ² .K ⁴
φ	Latitude	Degré (°)
l	Longitude	Degré (°)
S	Aire de la section de passage du flux de chaleur	m ²
λ	Conductivité thermique	W/m.°C
T _e	Température d'entrée du capteur	°C
Q _{cd}	Flux de chaleur par conduction	W
Indices		
Jan.	Janvier	
Fév.	Février	
Juil.	Juillet	
Sept.	Septembre	
Oct.	Octobre	
Nov.	Novembre	
Déc.	Décembre	

Introduction générale

Introduction générale:

Les sécheurs solaires sont des dispositifs qui utilisent l'énergie solaire pour éliminer l'humidité des produits agricoles, des aliments, du bois et d'autres matériaux sensibles à l'humidité. Ces systèmes exploitent les propriétés du rayonnement solaire pour chauffer l'air et créer un environnement de séchage contrôlé. Ils offrent une alternative efficace et écologique aux méthodes traditionnelles de séchage, telles que le séchage à l'air libre ou l'utilisation de combustibles fossiles.

Le problème de stockage thermique dans les capteurs solaires est un sujet qui mérite de tester différents matériaux de stockage (sel, sable gravillon, matériaux à changement de phase,...) et différentes configurations (capteurs avec chicanes, sans chicanes,...)

Dans cette étude, nous étudierons le séchoir solaire à travers trois cas, le premier est en gravier, le second en gravier et chicanes et le troisième sans chicanes ni gravier . nous faisons une comparaison entre ces trois cas .

Ce mémoire est composé de trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à l'étude du gisement solaire avec quelques notions et définitions astronomiques couramment utilisées dans le domaine relatif au solaire et la météo dans le sud de l'Algérie (El-Oued), où nous allons expérimenter.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude du capteur solaire plan, ses différents composants, ses classifications, son fonctionnement et les différents échanges thermiques mis en jeu au sein du capteur.

Le troisième chapitre est réservé aux essais sur le capteur réalisé et les différentes expériences montées avec le capteur dans différentes journées .

Enfin, nous terminons ce travail avec une conclusion générale.

Chapitre I :

Généralités sur l'énergie solaire

I.1. Introduction

L'énergie solaire est une source d'énergie renouvelable abondante et propre qui provient du rayonnement du soleil. Elle offre un potentiel énorme pour répondre à nos besoins en énergie tout en réduisant notre dépendance aux combustibles fossiles et en atténuant les effets néfastes sur l'environnement. L'utilisation de l'énergie solaire présente de nombreux avantages et est devenue une solution de plus en plus populaire à travers le monde.

L'énergie solaire est captée et convertie en électricité grâce à l'utilisation de technologies solaires telles que les panneaux solaires photovoltaïques (PV) ou les centrales solaires thermiques. Les panneaux solaires photovoltaïques sont composés de cellules solaires qui convertissent directement la lumière du soleil.

I.2. Historique sur l'énergie solaire

L'énergie solaire est utilisée depuis des milliers d'années par les êtres humains. Voici un bref historique de l'énergie solaire :

Antiquité :

- **7e siècle** av. J.-C. : Les Grecs utilisent l'énergie solaire pour allumer des feux en utilisant des miroirs paraboliques.

- **3e siècle** av. J.-C. : Les Romains construisent des maisons avec des murs orientés vers le soleil pour maximiser l'éclairage et la chaleur solaire.

19e siècle :

- 1839 : Le physicien français Alexandre Edmond Becquerel découvre l'effet photovoltaïque, qui est la capacité des matériaux à produire de l'électricité lorsqu'ils sont exposés à la lumière du soleil.

- 1860 : L'invention du chauffe-eau solaire par Auguste Mouchout, un ingénieur français, marque le début de l'utilisation de l'énergie solaire thermique pour le chauffage de l'eau.

20e siècle :

- Années 1950 : Les premières cellules solaires photovoltaïques commerciales sont développées. Elles sont principalement utilisées dans l'espace pour alimenter les satellites.
- Années 1970 : La crise pétrolière stimule l'intérêt pour les énergies alternatives, y compris l'énergie solaire. Les panneaux solaires sont utilisés pour fournir de l'électricité dans les zones reculées et pour les applications hors réseau.
- Années 1980 : Les progrès technologiques permettent de réduire les coûts de production des panneaux solaires photovoltaïques.
- Années 1990 : L'Allemagne introduit des politiques de tarifs d'achat favorables à l'énergie solaire, ce qui conduit à une croissance significative de l'industrie solaire dans le pays.

21e siècle :

Depuis les années 2000, l'énergie solaire connaît une croissance exponentielle à l'échelle mondiale. Les coûts des panneaux solaires continuent de baisser, rendant l'énergie solaire de plus en plus compétitive par rapport aux sources d'énergie conventionnelles.

Les avancées technologiques se poursuivent, notamment dans le domaine des cellules solaires à couche mince, des systèmes de stockage d'énergie solaire et des projets solaires de grande envergure, tels que les centrales solaires à concentration.

De nombreux pays mettent en place des politiques et des incitations pour favoriser l'adoption de l'énergie solaire, et des projets solaires d'envergure sont déployés dans le monde entier.

L'énergie solaire continue de jouer un rôle essentiel dans la transition vers une économie plus durable et la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Son potentiel est énorme et il est susceptible de jouer un rôle de plus en plus important dans le mix énergétique mondial.

I.3. Soleil

Le Soleil est une étoile de type naine jaune située au centre de notre système solaire. Il représente plus de 99% de la masse totale du système solaire et produit une quantité énorme d'énergie grâce à la fusion nucléaire de l'hydrogène en hélium dans son noyau.

La lumière et la chaleur du Soleil permettent la vie sur Terre et fournissent de l'énergie à travers des technologies solaires telles que les panneaux photovoltaïques et les centrales solaires thermiques.

Le Soleil a un diamètre d'environ 1,4 million de kilomètres et une masse d'environ $1,989 \times 10^{30}$ kg. Il se trouve à une distance moyenne de 149,6 millions de kilomètres de la Terre, soit une unité astronomique (UA). Le Soleil tourne sur lui-même avec une période de rotation d'environ 27 jours à l'équateur et de 34 jours aux pôles.

I.4. L'énergie solaire

L'énergie solaire est la seule source d'énergie externe de la terre, et elle a les caractéristiques suivantes:

- Il est universel, avec une densité de puissance maximale de 1 kW/m² à midi sur le monde entier lorsque le ciel est bleu.
- Parce que la densité de puissance la plus élevée reçue au niveau du sol (1 kW/m²) est faible, une énergie diffuse est utilisée.
- C'est abondant; notre planète reçoit près de 104 fois la quantité d'énergie que l'humanité utilise.
- En raison du cycle jour-nuit, des différences saisonnières et quotidiennes d'ensoleillement, il est intermittent et variable.
- Du fait des pertes d'énergie dans les modes conductif, convectif et radiatif, l'énergie captée par une surface donnée ne peut être entièrement récupérée.
- Elle est propre.

I.5. Rayonnement (Irradiation) solaire

Le rayonnement solaire est la forme d'énergie émise par le Soleil sous forme de rayons électromagnétiques. Ce rayonnement comprend une large gamme de longueurs d'onde, allant des rayons gamma aux rayons X, ultraviolets, visibles, infrarouges et jusqu'aux micro-ondes. Il joue un rôle fondamental dans le maintien de la vie sur Terre et est également une source d'énergie renouvelable utilisée dans diverses applications.

La quantité de rayonnement solaire atteignant la surface de la Terre dépend de divers facteurs, notamment de l'angle d'incidence du soleil, de la distance entre la Terre et le Soleil (qui varie légèrement en raison de l'orbite elliptique de la Terre), de l'altitude et de la couverture nuageuse.

Le rayonnement solaire est essentiel pour le processus de photosynthèse des plantes, qui convertit l'énergie lumineuse en énergie chimique utilisable. Il fournit également la chaleur nécessaire pour les cycles climatiques, tels que l'évaporation de l'eau et la formation des vents.

En ce qui concerne les applications énergétiques, le rayonnement solaire est utilisé pour produire de l'électricité grâce à des panneaux solaires photovoltaïques, ainsi que pour le chauffage de l'eau et des bâtiments à l'aide de systèmes solaires thermiques. Ces technologies exploitent la capacité des matériaux à convertir le rayonnement solaire en énergie électrique ou thermique[1].

I.5.1. Composantes du rayonnement solaire

Le rayonnement solaire comprend différentes composantes qui sont déterminées par les caractéristiques spectrales du Soleil et les interactions avec l'atmosphère terrestre. Voici les principales composantes du rayonnement solaire :

I.5.1.1. Rayonnement direct

Il s'agit du rayonnement solaire qui se propage directement depuis le Soleil jusqu'à la surface de la Terre sans être dispersé ou absorbé par l'atmosphère. Il constitue la partie la plus intense du rayonnement solaire et est principalement composé de rayons visibles et d'une partie du spectre ultraviolet.

I.5.1.2. Rayonnement diffus (indirect)

Le rayonnement solaire diffus est le rayonnement qui a été dispersé par les molécules et les particules présentes dans l'atmosphère. Ce rayonnement provient de toutes les directions du ciel et contribue à l'éclairage général de l'environnement. Il est composé principalement de rayons visibles.

I.5.1.3 Rayonnement atmosphérique

L'atmosphère terrestre modifie le rayonnement solaire en raison des processus d'absorption, de diffusion et de diffusion multiple. Certaines longueurs d'onde spécifiques du rayonnement solaire sont absorbées par les gaz atmosphériques, notamment les gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone (CO₂) et la vapeur d'eau [3].

I.5.1.4 Rayonnement global

Le rayonnement global d'un plan horizontal est la somme des rayonnements direct et

diffus. Pour un plan incliné, il faut ajouter le rayonnement réfléchi par la surface environnante [4].

I.5.2. Spectre du rayonnement solaire

Le spectre du rayonnement solaire se réfère à la distribution de l'énergie électromagnétique émise par le Soleil sur une gamme de longueurs d'onde. Le rayonnement solaire couvre un large spectre allant des rayons gamma et des rayons X de haute énergie, à travers les rayons ultraviolets (UV), la lumière visible et les rayons infrarouges (IR), jusqu'aux micro-ondes. Voici une description générale du spectre du rayonnement solaire :

I.5.2.1 Rayons gamma et rayons X

Ces longueurs d'onde très courtes et haute énergie sont produites par des processus de fusion nucléaire intenses se produisant dans le noyau du Soleil. Cependant, la plupart de ces rayons sont absorbés par l'atmosphère terrestre.

I.5.2.2 Rayonnement ultraviolet (UV)

Le spectre UV est subdivisé en trois catégories : l'UV-C (longueurs d'onde les plus courtes et les plus énergétiques, largement filtré par l'atmosphère), l'UV-B (longueurs d'onde intermédiaires, partiellement absorbé par l'atmosphère) et l'UV-A (longueurs d'onde les plus longues, atteignant la surface de la Terre en grande partie). L'exposition excessive aux rayons UV peut avoir des effets néfastes sur la santé, tels que des coups de soleil et des dommages à l'ADN.

I.5.2.3 Lumière visible

Le spectre visible comprend les différentes couleurs du spectre, du violet à l'extrémité courte du spectre au rouge à l'extrémité longue. C'est la partie du spectre solaire que l'œil humain peut percevoir directement. La lumière visible est essentielle pour la photosynthèse des plantes et pour notre perception visuelle du monde.

I.5.2.4 Rayonnement infrarouge (IR)

Le spectre infrarouge est divisé en IR proche (proche de la lumière visible) et en IR lointain (ou IR thermique). L'IR thermique est associé à la chaleur et constitue une partie significative du rayonnement solaire total. Il est essentiel pour les processus de chauffage et de réchauffement de la Terre.

Le spectre du rayonnement extraterrestre correspond environ à l'émission d'un corps noir porté à 5800° K.

Il convient de noter que la distribution exacte du rayonnement solaire dans le spectre peut varier en fonction de divers facteurs, notamment de l'activité solaire, de l'angle d'incidence du Soleil et des conditions atmosphériques.

Le rayonnement solaire reçu au sommet de l'atmosphère, dans un plan perpendiculaire aux rayons solaires et pour une distance terre-soleil égale à sa valeur moyenne.

Lorsque ce rayonnement traverse l'atmosphère pour atteindre la surface terrestre, il est fortement atténué en raison des phénomènes d'absorption et de diffusion par les différents constituants de celle-ci [5].

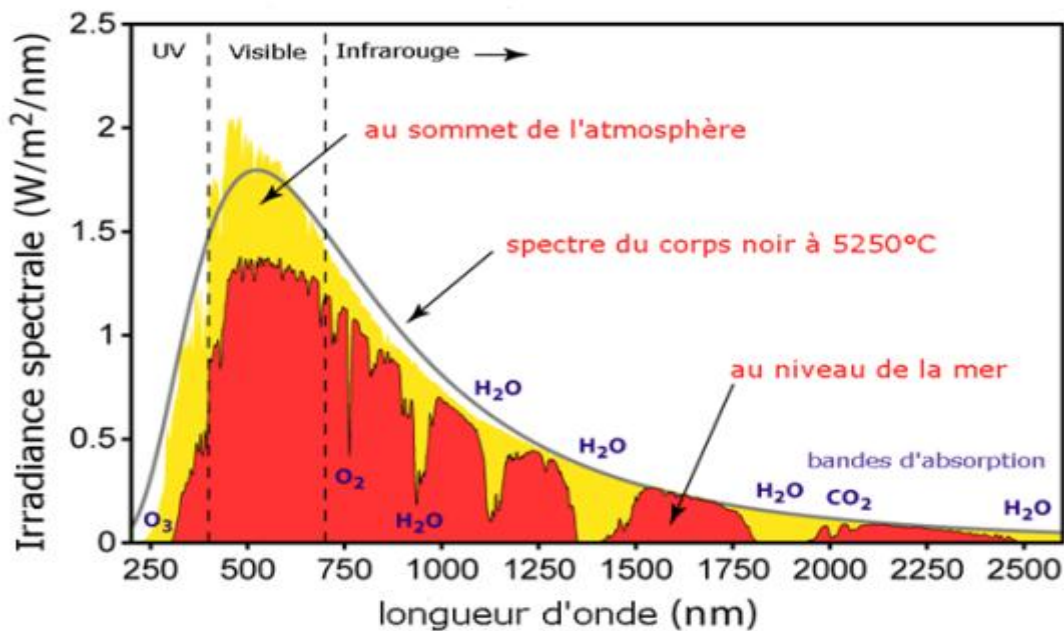


Figure (I.1) : Spectre du rayonnement solaire [6] .

I.5.3. Constante solaire

La constante solaire, également appelée irradiance solaire spectrale, est la quantité de rayonnement solaire reçue par unité de surface perpendiculaire au soleil dans l'espace extraterrestre, à une distance moyenne de la Terre. Sa valeur standard est généralement considérée comme égale à environ 1361 watts par mètre carré (W/m²).

Supposons que toute l'énergie émise par le soleil est reçue par la terre (absence de l'atmosphère) on aura alors[7]:

$$S_0 = \sigma T_{S^4} (R_S / D_{ST})^2 (W/m^2) \dots\dots\dots \text{I.1}$$

I.5.4. Durée d'insolation

En se basant sur les données mesurées les années 2004 à 2020 par la station météo d'El-Oued, on remarque :

La vallée de El-Oued reçoit une quantité de lumière solaire très forte, le maximum est atteint au mois de juillet avec une durée moyenne de 362 heures, et le minimum est enregistré au mois de décembre avec une durée moyenne de 221 heures [8].

Tableau (I-1): Valeur moyennes d'insolation mensuelle (2004-2020).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Insolation (heures)	236	240	255	270	308	318	333	259	256	235	221

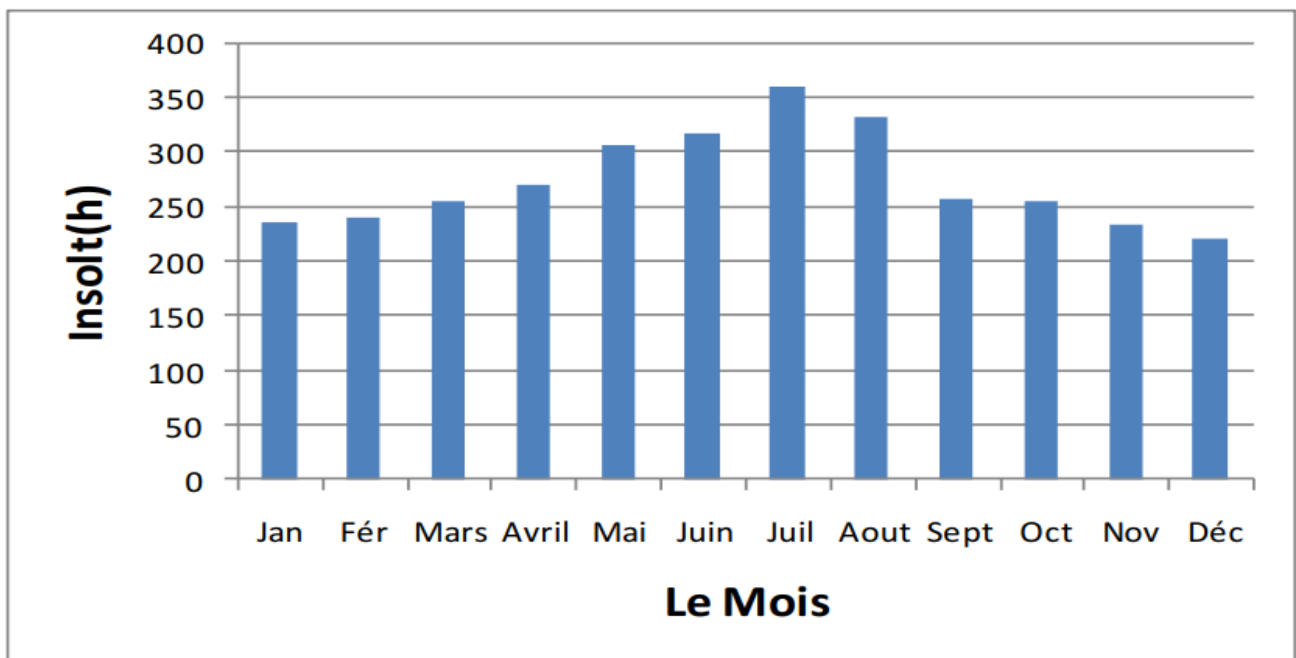


Figure I.2: Valeur moyennes d'insolation (h) mensuelles dans la région d'El-Oued (2004-2020).

I.6. Gisement solaire

Le gisement solaire représente l'énergie disponible sous forme de rayonnement, l'énergie solaire est le moteur de toutes les grandes sources naturelles. Il est utilisé pour faire la simulation du fonctionnement d'un régime énergétique solaire et faire un dimensionnement le plus juste possible compte tenu de la demande à satisfaire[9], [10]

I.6.1. Cas du monde

La plus grande partie du globe terrestre possède un potentiel d'énergie solaire annuelle important variable entre 1200 kW/m² et 2000 kW/m² surtout pour les régions à une population élevée comme l'Asie du sud, l'Amérique du Sud, l'Afrique et l'Amérique centrale. De ce fait, l'énergie solaire est considérée comme étant l'énergie de l'avenir.

I.7. Coordonnées géographiques du soleil

Tout point de la surface terrestre est repéré par ses coordonnées géographiques ; longitude et latitude, ainsi que par son altitude (figure (I.3)).

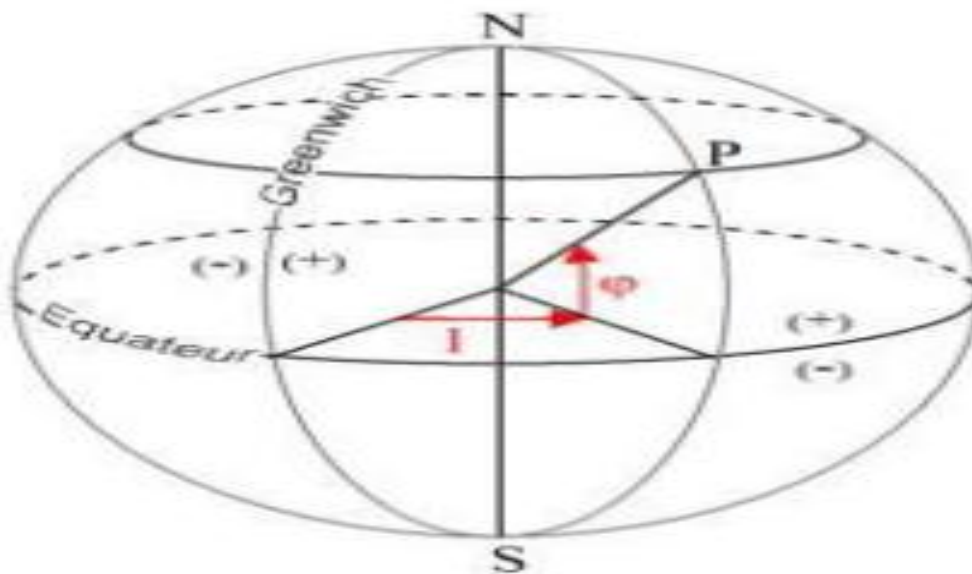


Figure (I.3) : Coordonnées géométriques [11] .

I.7.1. Longitude (l)

Correspond à l'angle que fait le plan passant par le méridien du point en question avec le plan passant par le méridien d'origine, c'est-à-dire, le méridien de Greenwich 0° (Royaume-Uni). La longitude définit donc le positionnement est/ouest d'un point. Par conversion, on affecte le signe (+) les méridiens situés à l'Est de ce méridien, et de signe (-) les méridiens situés à l'Ouest. La longitude sera désignée ici par la terre (l), elle peut être comprise entre -180° et +180°.

I.7.2. Latitude (φ)

D'un lieu correspond à l'angle que fait le rayon joignant le centre de la terre à ce lieu avec le plan équatorial. L'équateur terrestre est donc caractérisé par une latitude égale à 0°, le pôle nord par la latitude + 90° et le pôle sud par la latitude - 90°, cette

convention de la marque (+) à tous les lieux de l'hémisphère nord et la marque (-) à tous les lieux de l'hémisphère sud. La latitude sera déterminée ici par le signe (φ). Elle peut ainsi être comprise entre -90° et $+90^\circ$.

I.7.3. Altitude

D'un point correspond à la mesurée selon la verticale du lieu, qui sépare ce point d'une surface de référence appelée géoïde. Le géoïde est la surface moyenne des océans. En générale il est exprimé par mètre [12] .

I.8. Conclusion

En conclusion, notre étude sur l'énergie solaire met en évidence son potentiel considérable en tant que source d'énergie renouvelable. Les résultats obtenus confirment que l'énergie solaire est une solution viable pour répondre à la demande croissante en électricité tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre.

De plus, l'utilisation de l'énergie solaire présente des avantages environnementaux significatifs. En réduisant la dépendance aux combustibles fossiles, elle contribue à atténuer les impacts négatifs sur l'environnement, y compris les émissions de dioxyde de carbone et les problèmes de pollution atmosphérique.

Chapitre II :
Etude Sur le Sécheur Solaire

II.1. Introduction

Le sécheur solaire est une innovation intéressante dans le domaine du séchage des produits agricoles, des aliments et d'autres matériaux sensibles à l'humidité. Un sécheur solaire utilise l'énergie solaire pour éliminer l'excès d'humidité des produits, ce qui permet de les conserver plus longtemps tout en préservant leur qualité.

Les sécheurs solaires offrent également une alternative économique aux méthodes de séchage traditionnelles. En permettant une réduction du temps de séchage, ils permettent d'augmenter l'efficacité et la productivité tout en réduisant les pertes post-récolte. De plus, en préservant la qualité des produits séchés, les sécheurs solaires permettent de les vendre à un meilleur prix sur le marché, ce qui peut constituer un avantage financier supplémentaire pour les agriculteurs et les producteurs.

II.2. Capteur solaire

Un capteur solaire est un dispositif conçu pour collecter et convertir l'énergie solaire en une forme utilisable, généralement de la chaleur ou de l'électricité. Il utilise des technologies spécifiques pour absorber la lumière du soleil et la convertir en une autre forme d'énergie.

La chaleur produite par les capteurs peut ensuite être utilisée pour :

- ✓ Chauffer les locaux et fournir l'eau chaude sanitaire.
- ✓ Activer la croissance des végétaux.
- ✓ Sécher les grains et les fourrages.
- ✓ Faire fonctionner des moteurs thermiques.
- ✓ Alimenter des machines de réfrigération

II.3. Principe de fonctionnement des capteurs solaires

Le principe de fonctionnement du capteur repose sur deux effets très connus :

- ✓ Absorptivité du corps noir (absorbeur).
- ✓ Effet de serre. Le soleil est assimilé à un corps noir qui rayonne à température $T=5800\text{ °K}$. Le spectre du rayonnement solaire se situe dans la gamme (0.25 à $3\mu\text{m}$).

Le rayonnement incident arrive sur la plaque en verre sous un certain angle « i », appelé angle d'incidence. Une partie est réfléchiée par la vitre, l'autre est transmise vers l'absorbeur.

L'absorbeur porté à une certaine température T_{pm} par le rayonnement solaire et celui provenant de la terre, rayonne à son tour dans l'infrarouge. Et comme le verre est opaque aux grandes longueurs d'ondes (infrarouges), la chaleur se trouve piégée entre

la vitre et l'absorbeur, c'est « l'effet de serre ». Le fluide caloporteur (air) en circulation absorbe la chaleur par contact air-absorbeur (conduction) ou par convection et la transporte vers l'extérieur. C'est la production d'air chaud en sortie. Le fonctionnement du capteur bien que simple en apparence est dépendant d'un grand nombre de paramètres sur lesquels il faut jouer pour améliorer le rendement du capteur

a) Régime d'écoulement de l'air

Que ce soit en convection naturelle ou forcée, il existe deux types d'écoulement de l'air : laminaire ou turbulent. Et ceci a une influence directe sur le taux du transfert de chaleur par convection ainsi que la température de l'air chaud en sortie et par conséquent sur le rendement du capteur solaire car il est connu que le régime turbulent favorise le transfert par convection.

b) L'orientation du capteur

La position du soleil dans le ciel étant variable dans la journée et au cours de l'année, l'énergie interceptée par le capteur n'est plus constante, il importe donc de trouver la meilleure orientation du capteur afin de recevoir le maximum de l'énergie solaire. C'est pour cette raison que les capteurs solaires sont orientés plein sud afin d'absorber le maximum d'énergie solaire.

c) Inclinaison du capteur

L'énergie solaire interceptée par le capteur est maximale lorsque l'angle d'incidence du rayon solaire par rapport à la normale au plan de la surface réceptrice est nul (le rayon est perpendiculaire au plan). Mais comme nous l'avons cité plus haut, le soleil change d'orientation au cours de la journée et dans l'année, et une étude d'optimisation de l'inclinaison du capteur s'impose. Il existe cependant une règle empirique selon laquelle un capteur doit être orienté plein sud et incliné d'un angle égal à la latitude du lieu [13, 14].

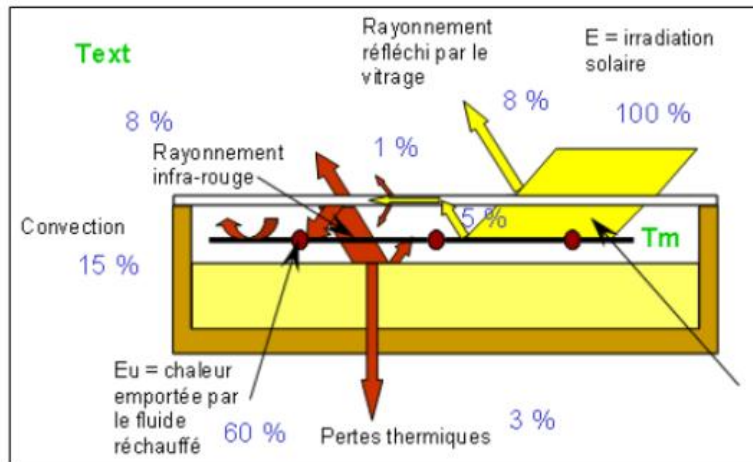


Figure (II.1) : Principe de fonctionnement de capteur solaire plan vitré [15].

II.4. Différents types des capteurs solaires

Il existe plusieurs types de capteurs solaires, chacun adapté à des applications spécifiques. Voici une liste de différents types de capteurs solaires :

II.4.1. Capteurs solaires thermiques à plaques planes :

Ces capteurs solaires sont composés de plaques planes avec des tubes en cuivre ou en aluminium intégrés. Ils sont principalement utilisés pour le chauffage de l'eau dans les systèmes solaires thermiques domestiques. Les capteurs solaires à plaques planes sont couramment utilisés pour les applications résidentielles et commerciales [16].

II.4.2. Capteurs solaires thermiques à tubes sous vide :

Ces capteurs solaires sont constitués de tubes en verre sous vide contenant un absorbeur métallique et un fluide caloporteur. Ils offrent une meilleure isolation et une plus grande efficacité que les capteurs à plaques planes. Les capteurs solaires à tubes sous vide sont utilisés pour le chauffage de l'eau, le chauffage des piscines et d'autres applications nécessitant de l'eau chaude.

II.4.3. Capteurs solaires à concentration :

Ces capteurs solaires utilisent des miroirs ou des lentilles pour concentrer la lumière solaire sur des cellules photovoltaïques ou sur des récepteurs thermiques. Ils permettent d'obtenir des températures plus élevées ou une plus grande production d'électricité en concentrant la lumière solaire. Les capteurs solaires à concentration sont principalement utilisés dans les grandes installations solaires commerciales et les centrales solaires thermiques [17].

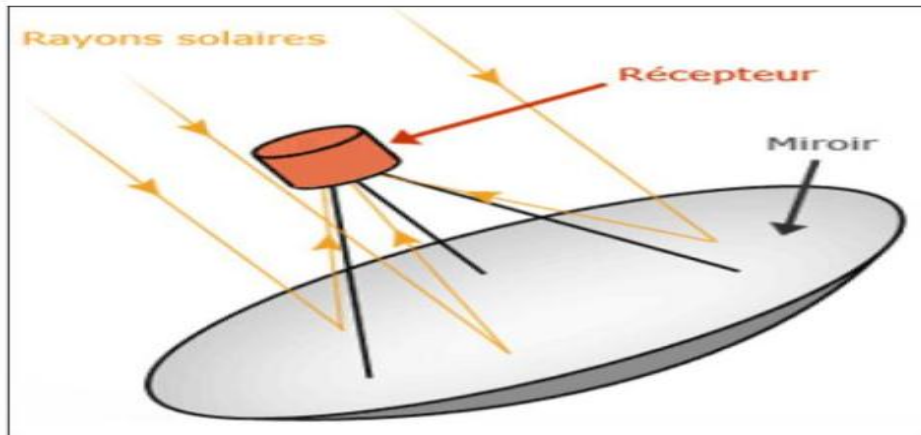


Figure (II.2): Capteur solaire à concentration [18,19].

II.4.4. Capteurs solaires photovoltaïques monocristallins :

Les capteurs solaires photovoltaïques monocristallins sont fabriqués à partir d'une seule structure de cristal de silicium. Ils offrent un rendement élevé et une bonne performance dans des conditions de faible luminosité. Ces capteurs solaires sont utilisés dans une large gamme d'applications, allant des installations résidentielles aux grands projets solaires commerciaux.

II.4.5. Capteurs solaires photovoltaïques poly cristallins :

Les capteurs solaires photovoltaïques poly cristallins sont fabriqués à partir de plusieurs cristaux de silicium. Ils ont une apparence bleue caractéristique et offrent un bon rapport qualité-prix. Les capteurs solaires poly cristallins sont largement utilisés dans les installations résidentielles et commerciales[17].

II.5. Principaux composants des capteurs solaires

Les capteurs solaires sont composés de plusieurs éléments essentiels qui leur permettent de collecter et de convertir l'énergie solaire de manière efficace.

Nous allons étudier chaque élément en particulier, en donnant les indications nécessaires pour réaliser ou choisir un bon capteur.

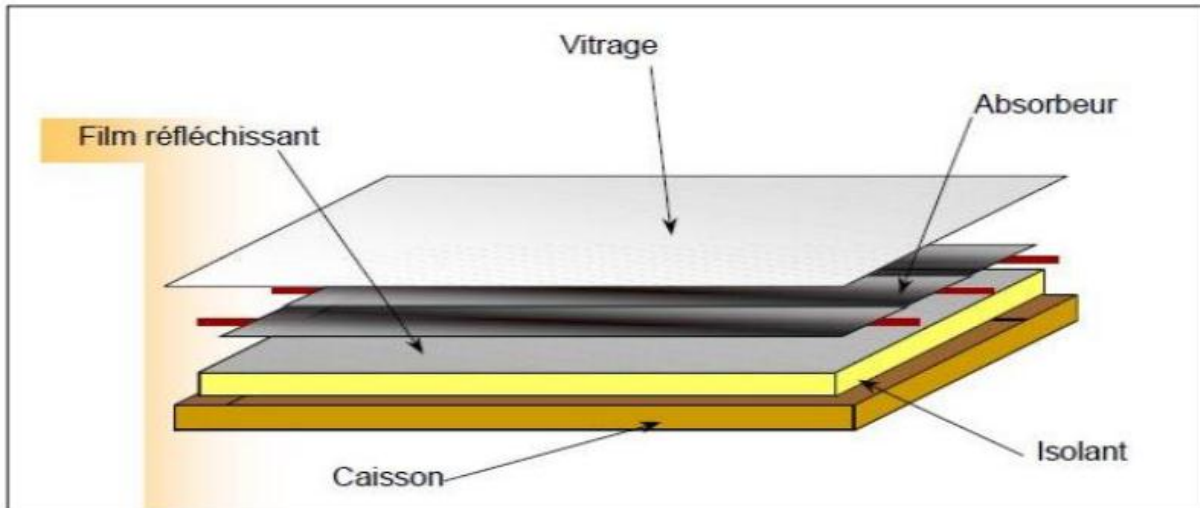


Figure II.3: Capteur plan vitré.

Voici les principaux composants des capteurs solaires :

II.5.1. Absorbeur

L'absorbeur est la partie du capteur solaire qui absorbe la lumière du soleil et la convertit en chaleur ou en électricité, selon le type de capteur. Il est généralement fabriqué à partir de matériaux à haute absorption solaire tels que des plaques métalliques, des tubes sous vide ou des cellules photovoltaïques.

II.5.2. Transfert de chaleur

Le transfert de chaleur est un composant clé des capteurs solaires thermiques. Il implique l'utilisation d'un fluide caloporteur qui circule à travers l'absorbeur pour collecter la chaleur absorbée par la lumière solaire. Le fluide caloporteur, tel que de l'eau ou un mélange d'eau et de glycol, transporte la chaleur vers un réservoir de stockage ou un système de distribution.

II.5.3. Isolation

Les capteurs solaires thermiques sont équipés d'une isolation pour minimiser les pertes de chaleur et améliorer l'efficacité du système. L'isolation est généralement constituée de matériaux isolants tels que la laine de roche ou la mousse de polyuréthane, qui sont placés autour de l'absorbeur pour réduire les pertes de chaleur vers l'environnement.

II.5.4. Couverture transparente

Les capteurs solaires thermiques et certains capteurs solaires photovoltaïques sont équipés d'une couverture transparente pour protéger l'absorbeur et permettre le passage de la lumière solaire. Cette couverture est généralement en verre trempé ou en plastique spécial qui est transparent aux rayons solaires[16].

II.5.5. Structure de support

Les capteurs solaires sont généralement montés sur une structure de support qui les maintient en place et les oriente correctement pour recevoir un ensoleillement optimal. La structure de support peut être fixe ou suivre le mouvement du soleil pour maximiser la capture de l'énergie solaire.

II.6. Paramètres et caractéristiques de fonctionnement des capteurs solaires

Le rendement d'un capteur solaire est influencé par différents paramètres . On distingue :

II.6.1. Paramètres externes

Paramètres d'ensoleillement : éclairage énergétique du au rayonnement global, à la position du soleil et à la durée d'insolation.

- la température extérieure sèche.
- la vitesse du vent sur le capteur.

II.6.2. Paramètres internes

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

II.6.3. Paramètres de fonctionnement

- La température d'entrée du fluide dans le capteur.
- Les températures des différentes parties du capteur.
- le débit du fluide caloporteur.

II.7. Transfert de chaleur dans un capteur solaire

Le transfert de chaleur dans un capteur solaire est un processus essentiel pour convertir l'énergie solaire en chaleur utilisable. Lorsque la lumière solaire frappe l'absorbeur du capteur solaire, elle est convertie en chaleur par absorption. La chaleur est ensuite transférée de l'absorbeur au fluide caloporteur qui circule à travers le capteur.

Le transfert de chaleur s'effectue principalement par conduction thermique à travers l'absorbeur. Les particules du matériau de l'absorbeur acquièrent de l'énergie thermique et la transmettent aux particules voisines, assurant ainsi la propagation de la chaleur à travers le matériau.

La chaleur s'écoule sous l'influence d'un gradient de température par conduction des hautes vers les basses températures. La quantité de chaleur transmise par unité de

temps et par unité d'aire de la surface isotherme est appelée densité de flux de chaleur [20].

Il existe trois modes de transfert thermique [21].

II.7.1. Conduction

La conduction est le mode de transfert de chaleur caractérisé par la propagation de l'énergie thermique dans un milieu matériel sans déplacement de la matière. La loi correspondant à ce processus de diffusion thermique est la loi de Fourier donnée par la relation.

$$Q_{cd} = - \lambda.S.\overrightarrow{grad}(T).....II.1$$

$$Q_{cd} = - \lambda.S.(dT|dx)..... II.2$$

Avec :

- ✓ Qcd : Flux de chaleur par conduction (W).
- ✓ S : Aire de la section de passage du flux de chaleur (m²).
- ✓ λ : Conductivité thermique (W/m°C).
- ✓ x: Variable d'espace dans la direction du flux (m) [20].

II.7.2. Convection:

La convection est un transport d'énergie dû à des mouvements macroscopiques, on distingue deux types de convection:

*** Convection forcée :**

le mouvement du milieu est engendré par un dispositif externe (le vent, une pompe, un ventilateur...etc.).

*** Convection naturelle :**

le mouvement du fluide est engendré par les variations de densité causées par des variations de température au sein du fluide.

Le transfert thermique convectif est régi par la loi de Newton [22]

$$Q_{CV} = h * S * (T_p|T_f)II.3$$

- ✓ Qcv : Flux de chaleur par convection (W).
- ✓ h : Coefficient de convection (W.m-2.K-1).
- ✓ S : Surface de la paroi solide en contact avec le fluide (m²).
- ✓ T p : Température de la paroi solide (°C).
- ✓ Tf : Température du fluide (°C)

II.7.3.Le Rayonnement

Le transfert de chaleur par rayonnement à lieu lorsque de l'énergie sous forme

d'ondes électromagnétiques est émise par une surface et absorbée par une autre. Cet échange peut avoir lieu lorsque les corps sont séparés par le vide ou par n'importe quel milieu intermédiaire suffisamment transparent pour les ondes électromagnétiques [23].

II.8. Rendements d'un sécheur solaire

Les rendements d'un sécheur solaire sont une mesure de son efficacité à convertir l'énergie solaire en chaleur ou en électricité, en fonction de son type et de ses caractéristiques de conception. Différents facteurs influencent les rendements d'un sécheur solaire, tels que l'orientation et l'inclinaison du capteur solaire, le régime d'écoulement de l'air, les paramètres externes tels que l'ensoleillement, la température extérieure et la vitesse du vent, ainsi que les paramètres internes tels que la taille du capteur et le débit du fluide caloporteur.

Pour les capteurs solaires thermiques utilisés dans les sécheurs solaires, le rendement dépend de la quantité d'énergie solaire captée et convertie en chaleur. Les capteurs solaires thermiques à plaques planes et à tubes sous vide sont les types les plus couramment utilisés dans les sécheurs solaires. Les capteurs solaires à plaques planes offrent des rendements généralement compris entre 40% et 60%, tandis que les capteurs solaires à tubes sous vide ont des rendements plus élevés, pouvant atteindre jusqu'à 70% ou plus.

II.9. Conclusion

En résumé, les sécheurs solaires sont une innovation prometteuse dans le domaine du séchage des produits agricoles et alimentaires. Ils utilisent l'énergie solaire pour éliminer l'humidité des produits, prolongeant ainsi leur durée de conservation et préservant leur qualité. Les sécheurs solaires offrent une alternative économique aux méthodes traditionnelles de séchage, réduisant le temps de séchage, améliorant l'efficacité et la productivité, et réduisant les pertes post-récolte. De plus, ils permettent aux agriculteurs et aux producteurs de vendre leurs produits séchés à un meilleur prix sur le marché, ce qui peut générer des avantages financiers supplémentaires. Les sécheurs solaires contribuent ainsi à la durabilité, à l'économie et à la rentabilité des activités de séchage.

Chapitre III :
Etude expérimentale du sécheur solaire

III.1. Introduction

L'étude pratique sur le sécheur solaire avec comme matériau de stockage le gravillon est une exploration approfondie de l'utilisation de cette technologie novatrice pour le séchage de divers produits. Ce sécheur solaire particulier utilise le matériau du gravillon pour absorber et transférer la chaleur solaire aux produits à sécher, offrant ainsi une méthode efficace et durable pour éliminer l'excès d'humidité.

L'objectif de cette étude est d'évaluer les performances et les avantages du sécheur solaire au gravillon dans le contexte du séchage des produits agricoles alimentaires ou d'autres matériaux sensibles à l'humidité. En utilisant des méthodes expérimentales et des mesures précises, cette étude vise à déterminer l'efficacité énergétique, la vitesse de séchage et la qualité des produits obtenus grâce à cette technologie.

III.2. Présentation des capteurs solaires plans à air de notre expérience

C'est un capteur solaire plan à air à simple circulation et à simple vitrage dont la configuration est parallélépipédique (1m x 0.5m) qui transforme le rayonnement solaire en énergie thermique. Il est constitué d'un absorbeur en tôle feuille de fer de (0.003m) d'épaisseur, peinte en noire mate. Il est recouvert aussi d'une plaque de verre, d'épaisseur 0,005 m. Les cotés latéraux et les parties inférieures sont isolés thermiquement avec la laine de verre. Ils sont de 0.03 m et 0.05 m d'épaisseur respectivement. L'air y circule entre la vitre et l'absorbeur. Le capteur est incliné d'un angle de 33° (latitude de la ville d'El-Oued) par rapport au plan horizontal et orienté vers le sud.

Nous présentons dans cette étude une série de test expérimental menés sur trois prototypes du capteur solaire plan à air, conçu au laboratoire et expérimenté dans la région d'El-Oued. L'installation expérimentale comprend mesure du rayonnement solaire global, la vitesse de vent, les températures ambiantes, de l'air à l'entrée et à la sortie, et de l'absorbeur . Afin d'optimiser les performances thermiques en utilisant les chicane et les matériaux locaux (gravillon) sur l'absorbeur de trois capteurs.

Il est essentiellement représenté comme est montré sur la figure III.1:



Fig.III.1. Photo de séchoir solaire utilisé

- 1- Capteur solaire avec chicane transversales + gravillon.
- 2- Capteur solaire + gravillon
- 3- Capteur solaire sans chicane et sans gravillon (témoin)
- 4- Chambre de séchage

III.3. Fonctionnement de notre séchoir solaire comme système de séchage

Il est composé de trois chambres, chacune d'entre elles étant équipée d'un capteur solaire pour chauffer l'air. L'air chaud généré par chaque capteur solaire est dirigé vers les chambres de séchage respectives afin de maintenir un équilibre thermique dans chaque chambre. Vous souhaitez mesurer la masse du matériau dans chaque chambre au fil du temps.

Balance : Utilisez une balance précise pour peser le matériau avant de le placer dans la chambre de séchage. Ensuite, à des intervalles réguliers, retirez une partie du matériau séché de la chambre et pesez-le à nouveau pour déterminer la perte de masse due à l'évaporation de l'humidité. Cela vous permettra de suivre la masse restante dans chaque chambre au fil du temps.

III.4. Préparation du gravillon

III.4.1. Tamisage

En utilisant un tamis (0.5 cm), et pour un diamètre moyen de 0,5 mm on prépare environs 3.7 kg de gravillon. La figure III.2 montre le processus de mise en place du gravillon tamisé



Fig.III.2. Photo du sel dans le séchoir solaire

Après avoir préparé le gravillon en deux quantités de masses égales à 15 kg, on procède au chargement des deux capteurs solaires.

Enfin on colore chaque quantité du gravillon par la peinture noire pour augmenter le coefficient d'absorption et on les fixe sur l'absorbeur de deux capteurs. La figure III.3 illustre ce processus .



Fig.III.3. Photo montrant la peinture du gravillon dans le capteur à chicanes

III.5. Conception et réalisation du capteur solaire plan à air

Le capteur solaire utilisé a été construit au laboratoire de Génie mécanique de l'université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued. Il est composé des éléments suivants:

- 1. Coffre (Couverture extérieure) :** Cette partie constitue l'enveloppe extérieure du capteur solaire.
- 2. Isolation thermique :** Il s'agit d'une couche d'isolant thermique qui vise à réduire les pertes de chaleur du capteur.
- 3. Absorbeur :** C'est la partie du capteur qui absorbe l'énergie solaire et la convertit en chaleur.
- 4. Chicanes :** Les chicanes sont des éléments internes du capteur qui favorisent la circulation de l'air ou du fluide caloporteur, ce qui permet un transfert de chaleur plus efficace.
- 5. Couverture verrière :** Cette couverture transparente permet à la lumière solaire de pénétrer dans le capteur tout en réduisant les pertes de chaleur.

Pour construire cette structure, plusieurs étapes doivent être suivies après avoir mesuré les différentes parties du capteur. Tout d'abord, il faut tracer les différentes parties du capteur en utilisant du fer galvanisé. Ensuite, la surface inférieure, d'une longueur de 100 cm et d'une largeur de 50 cm, doit être tracée et découpée. Cette partie est ensuite

pliée sur les bordures gauche et droite, en les soudant sur une distance de 10 cm répartie entre les deux côtés vers l'intérieur.

III.5.1. Composants du capteur :

Ces composants ont été spécialement sélectionnés pour fabriquer notre capteur. Ces composants sont résumés dans le tableau III.1:

Tab.III.1: Composants du capteur solaire

Matière	Dimensions	Quantité	Photo
Plaques en fer	1m × 65cm × 3mm	3	
Plaque de verre	78cm × 64cm × 5mm	3	
Canne en fer en forme de L	6m×40mm×40mm×1,2m m	4	
Thermocouple	--	10	
Silicone	--	7	

Chapitre III: Etude expérimentale du sècheur solaire.

Peinture noire (Black mat)	--	5	
Peinture blanche	--	2	
Ruban adhésif double face pour l'étanchéité	2m × 2cm × 3mm	3	
Ruban adhésif gris spécial	--	3	
Équilibre	--	1	
Menthe	--	180 (g)	

Le capteur solaire utilisé a été construit au laboratoire de Génie mécanique de l'université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued. La structure globale du capteur a été fabriquée en tôle de fer galvanisé. Elle mesure 100 cm de longueur, 50 cm de largeur et 10 cm de hauteur. Afin de réaliser cette structure, plusieurs étapes constructives doivent être suivies après avoir mesuré les différentes parties du capteur, dans le but d'atteindre l'objectif de structure désirée.

Tout d'abord, il est nécessaire de tracer les différentes parties du capteur en utilisant la tôle de fer galvanisé. On doit tracer la surface inférieure de 100 cm de longueur et 50 cm de largeur, puis tracer le contour pour découper cette partie et la plier sur les

bordures gauche et droite, en les soudant sur une distance de 10 cm répartie de manière égale entre les deux côtés vers l'intérieur . La figure (III.4) montre la base du capteur.

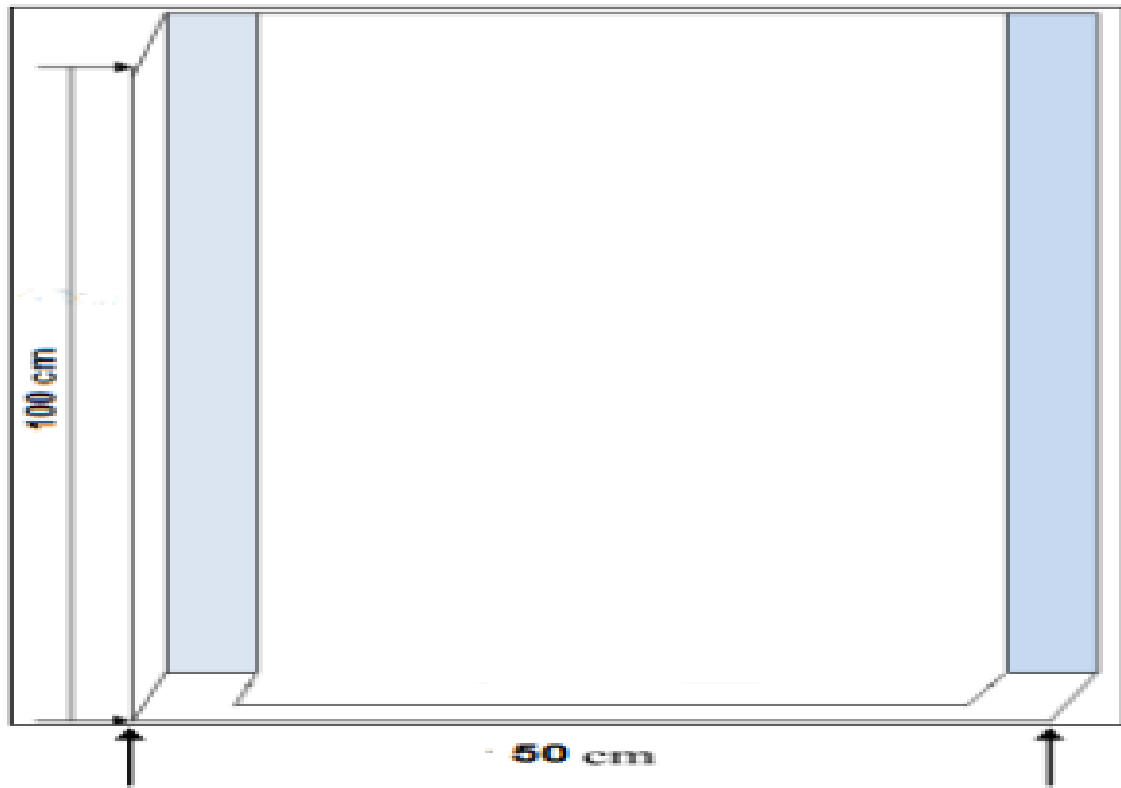


Figure III.4 : Dimensions de base du capteur plan à air.

Dans un deuxième temps, on plie les côtés sur une longueur de 17,4 cm et on mesure 10cm et on plie à nouveau la plaque pour obtenir une hauteur de 10 cm. Troisièmement, nous plions la plaque pour obtenir une largeur de 3 cm pour les côtés et 4,7 cm pour la hauteur du milieu intérieur comme est montré sur les figures III.5et III.6.

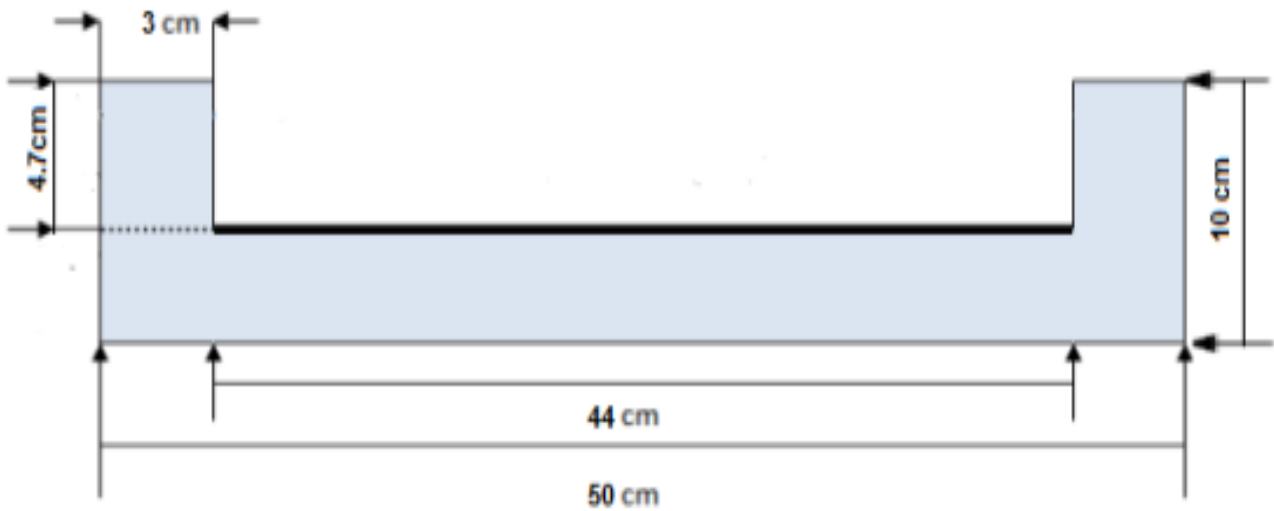


Figure III.5: Dimensions du capteur plan à air.



Fig.III.6: Photo du coffre du capteur.

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.

III.5.2. Découpage des plaques couvertures et absorbantes du capteur plan à air

Après l'étape précédente, l'achat des plaques de couverture et des plaques d'absorption a été effectué. Les spécifications des plaques sont les suivantes :

- Trois plaques de verre mesurant 78 cm de longueur, 64 cm de largeur et 5 mm d'épaisseur.



Fig. III.7 : Photo de la plaque en verre.

Il existe plusieurs types d'absorbeurs mais ce que nous allons utiliser dans notre expérience, ce sont trois plaques fer 3 mm d'épaisseur.

Sachant que ces plaques possèdent une superficie supérieure que celle du capteur ce qui nous oblige à réduire la surface de ce dernier. Donc on a besoin d'utiliser des machines coupantes pour réduire la superficie des plaques a celle de la surface de l'absorbeur d'une dimension de 100 cm de longueur et de 44 cm de largeur

III.5.3. Les chicanes

Le capteur est composé de chicanes croisées disposées en neuf rangées, espacées de 10 cm. Il comprend également cinq rangées avec trois chicanes, espacées de 3,5 cm, ainsi que quatre rangées avec deux chicanes, espacées de 3,5 cm. Les côtés sont espacés de 10,25 cm.

Comme le montre la figure (III.8) et la photo(III.9).



Figure III.8: Photo montrant les chicanes du capteur plan.

III.5.4. Dispositifs de contrôle de température intelligent

Pour la mesure de la température ambiante de l'air, on a utilisé le multimètre ALTY. Fig.III.10.

Pour la mesure de toutes les températures dans les différents capteurs solaires, on a réalisé une carte qui intercepte une vingtaine de thermocouples placés dans différents endroits des capteurs solaires et dans les trois chambres de séchage. Le PC communiquant avec la carte d'acquisition reçoit ces températures instantanément et les place dans des tableaux en format Excel.





Fig.III.9: Photo du multimètre utilisé pour la mesure de la température ambiante

- 1- Touche de réglage (SET)
- 2- Réglage de la touche de changement de chiffre
- 3- Touche de décrémentation de la valeur définie
- 4- Touche d'incrémentement de la valeur de consigne
- 5- Unité d'affichage de la valeur mesurée (PV) (Rouge)
- 6- Unité d'affichage de la valeur de consigne (SV) (Vert)
- 7- Voyant de la première sortie de contrôle (OUT1) (Vert)
- 8- Voyant de la deuxième sortie de contrôle (OUT2) (jaune)
- 9- Témoin d'auto-réglage (AT) (vert)
- 10- Voyant de première alarme (ALM1) (Rouge)
- 11- Voyant de deuxième alarme (ALM2) (rouge)

Après avoir terminé ce travail, nous mettons de la silicone sur tous les côtés afin d'éviter les fuites d'air photo (III.15). Nous installons la plaque de verre sur chaque capteur au moyen d'un double ruban adhésif, qui est également isolant afin de faciliter le retrait de la plaque de verre. Ensuite, nous ajoutons une couche de ruban adhésif gris spécial qui empêche les fuites sur le verre et le fixons au capteur afin d'empêcher l'entrée et la sortie d'air. Nous avons placé les capteurs sur un support que nous avons fait de canne en fer en forme de L, longueur 2 m, largeur 1.20 m, hauteur 50 cm et angle d'inclinaison 33 degrés.

III.6.Appareillages de mesures

Les différentes mesures sont réalisées à l'aide des appareils suivants :

III.6.1. Mesure de la température

Les températures ont été mesurées avec des thermocouples de type K (chromel-alumel) (10cm de longueur), Les mesures sont prises dans plusieurs endroits : la température ambiante et entrée, sortie du capteur et à l'absorbeur. La température ambiante est mesurée à l'aide d'un thermomètre Dwyer TH 10. Les mesures sont enregistrées pendant 30 minutes.

III.6.2. Mesure de la vitesse de l'air

Les vitesses de l'air ont été mesurées à l'entrée et à la sortie du capteur et la du vent ambiant. Ces vitesses ont été mesurées avec un anémomètre numérique (Kestrel 1000). Fig.III.11.



Fig.III.10. Photo du de l'Anémomètre Kestrel 1000.

III.6.3. Mesure du rayonnement solaire global

Le rayonnement a été mesuré à l'aide d'un pyranomètre (pyranometer 4890.20 "Frederiksen"). Fig.III.12.



Fig.III.11: Photo du Pyranomètre (Pyranometer 4890.20 "Frederiksen").

III.7. Résultats et interprétations :

Dans ce travail, on va donner les résultats expérimentaux des essais réalisés le jour du 18/05/2023. Ces résultats concernent essentiellement la variation des différentes températures au cours du temps, l'ensoleillement, et enfin l'efficacité instantané et journalière . Les résultats sont présentés sous forme de graphes . Les grandeurs 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)

La substance alimentaire mis à l'examen de séchage est le Menthe . Pour cela, 03 quantités de menthe de 20 grammes chacune, ont été placées dans les 03 chambres .Le suivi de l'opération de séchage dans les trois chambres ont conduit aux résultats suivants : Fig.III.13.

On va examiner les vitesses de séchage qui expriment les vitesses de perte de l'eau dans les trois capteurs solaires au cours d'une journée . Fig.III.13.

La vitesse de séchage est définie par :

$$v = - \frac{X(t+\Delta t) - X(t)}{\Delta t} \dots\dots\dots \text{III.1}$$

Où X est définie par : $X = \frac{m - \text{masse_seche}}{\text{masse_seche}}$ III.2

m = la masse instantanée et masse_seche = la masse sèche du produit

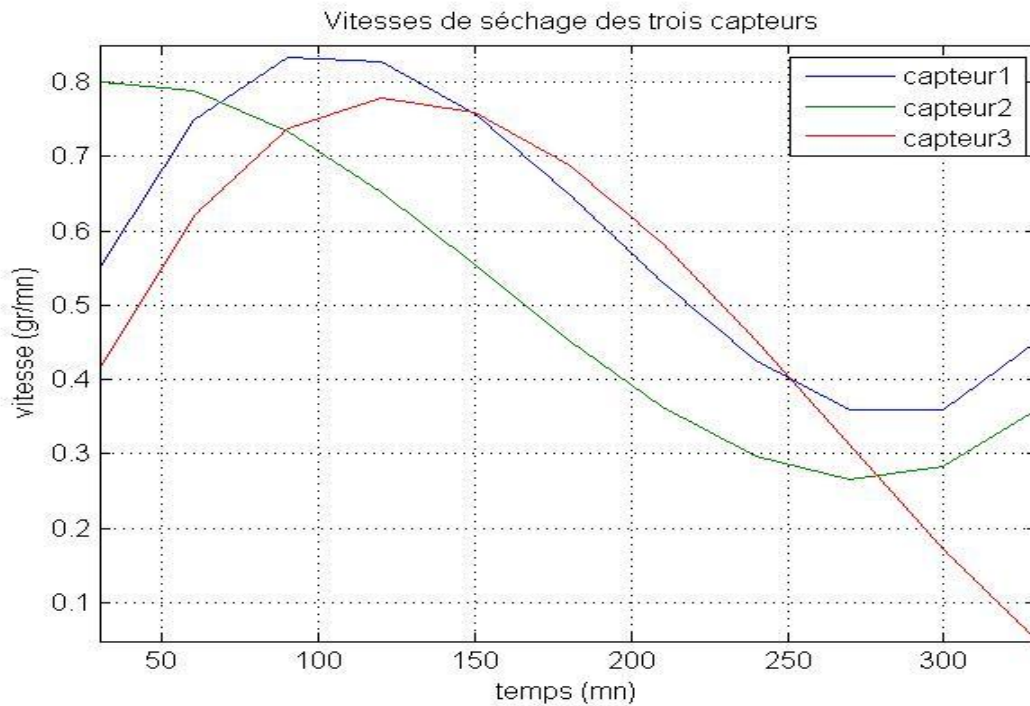


Fig.III.12. Vitesse de séchage de la menthe en fonction du temps pour les 03 capteurs

III.7. 1. Interprétation :

La courbe montre les vitesses de séchage de la menthe pour les trois capteurs . Celles ci montrent que le capteur avec chicanes et avec gravillon a une vitesse de séchage mieux que celle du capteur sans chicanes et avec gravillon et à son tour la courbe de vitesse du capteur sans chicanes ni gravillon est plus efficace que le capteur sans chicanes et avec gravillon .

L'examen des températures dans les trois capteurs solaires pendant une journée nous a permis de tracer les courbes suivantes : Fig.III.14.

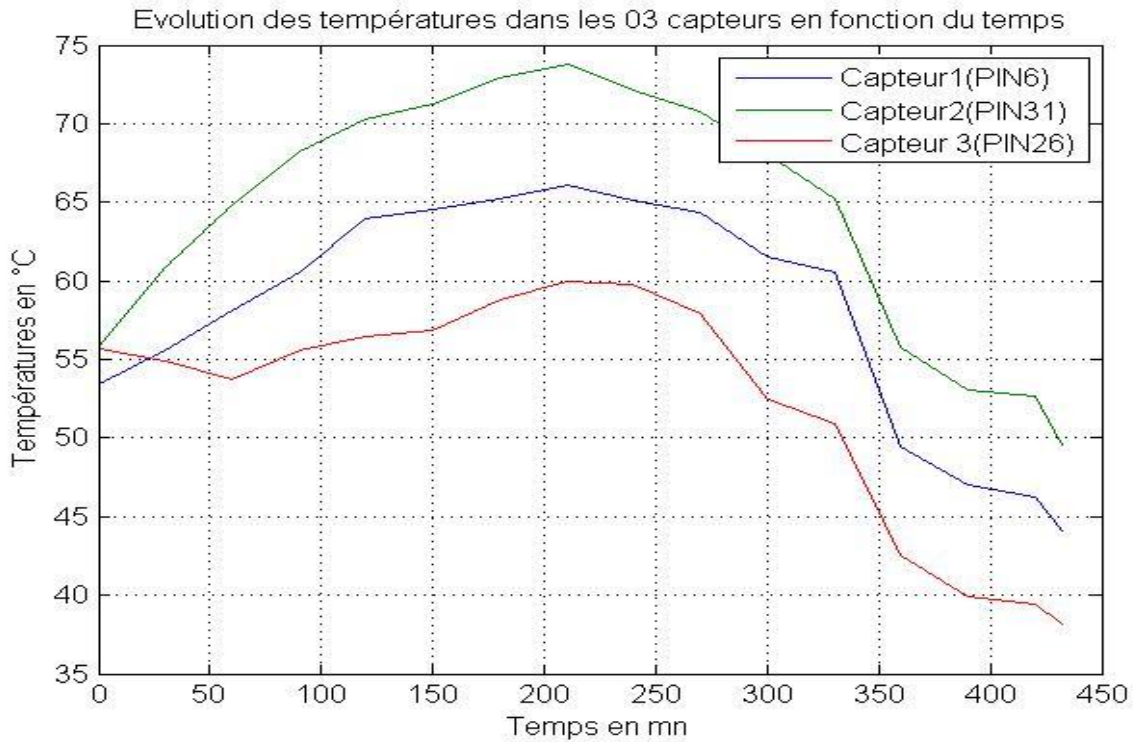


Fig.III.13.Evolution des températures dans les 03 capteurs en fonction du temps

Ce graphique montre que le capteur solaire 2 (PIN31) stocke plus de chaleur que le capteur 1(PIN6) qui à son tour emmagasine plus que le capteur solaire 3 (PIN26).

Energie solaire : La mesure de l'énergie solaire a permis de tracer la courbe suivante

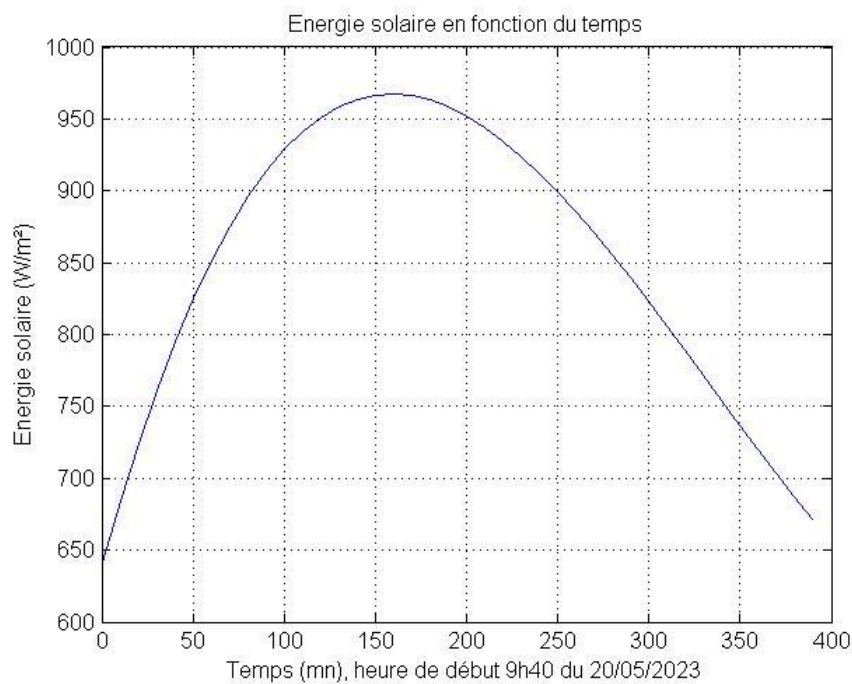


Fig.III.14.Energie solaire correspondant à la journée du 20.05.2023

Ce graphique montre que l'énergie émise par le soleil le 20.05.2023 commence de 650 W/m² à 9h40 du matin et atteint un pic après 160 minutes soit à 12h20 . Après cette heure d'environ 390 minutes, l'énergie solaire captée descend jusqu'à 671 W/m², soit à 16h10 du même journée .

III.8. Conclusion :

Dans ce chapitre, on a fait une série d'expériences qui consistait à prendre les mesures des températures à différents endroits dans les capteurs solaires et ce au fil des temps de la matinée jusqu'à l'après midi avec des intervalles de temps de dix minutes. Parallèlement on a fait des relevées sur le vitesses de l'air aux entrées et aux sorties des trois capteurs solaires et encore les températures ambiantes, le vent ambiant et l'énergie solaire à chaque intervalle de temps .

Conclusion générale

Conclusion générale

Selon notre description, nous avons mené une étude comparative sur trois capteurs solaires pour le séchage des produits agricoles. Les capteurs solaires ont été configurés différemment : le premier avec des chicanes et du gravillon, le deuxième avec uniquement du gravillon, et le troisième sans chicanes ni gravillon. On a mesuré les températures à l'entrée des capteurs, dans les capteurs et à la sortie. On a pris les valeurs des vitesses de l'air à l'entrée et à la sortie des trois capteurs ainsi que la température externe et la valeur de la radiation solaire. Ces capteurs étaient orientés vers le sud et inclinés d'un angle de 33 degrés. D'après les résultats de l'étude, nous avons conclu que les capteurs solaires avec des chicanes étaient plus efficaces que les autres configurations.

Les chicanes et le gravillon utilisés dans le premier capteur solaire ont probablement contribué à améliorer l'efficacité du système de séchage solaire. Les chicanes peuvent aider à concentrer la chaleur et à empêcher la dispersion de l'air chaud, ce qui peut conduire à des températures plus élevées dans les chambres de séchage. Le gravillon, quant à lui, peut agir comme un matériau d'accumulation thermique, absorbant l'énergie solaire pendant la journée et la libérant progressivement pendant la nuit ou lorsque les conditions solaires sont moins favorables. Cela peut contribuer à maintenir une température plus constante et élevée à l'intérieur des chambres de séchage.

La comparaison montre que le deuxième capteur solaire qui utilisait uniquement du gravillon a probablement obtenu des résultats moins efficaces. Bien que le gravillon peut avoir un certain effet d'accumulation thermique, l'absence de chicanes pourrait entraîner une dispersion de l'air chaud, ce qui peut réduire l'efficacité globale du système.

Le troisième capteur solaire, qui ne comprenait ni chicanes ni gravillon, pourrait avoir les résultats les moins performants en termes d'efficacité. Sans les chicanes, la chaleur solaire peut se dissiper plus facilement, ce qui entraîne une réduction de la température à l'intérieur des chambres de séchage.

Il est important de noter que les résultats de nos études ne sont pas spécifiques aux conditions de notre expérience, notamment l'orientation et l'inclinaison des capteurs, ainsi que les facteurs environnementaux. Ces conclusions peuvent différer en fonction des circonstances spécifiques à d'autres contextes.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] National Aeronautics and Space Administration (NASA). "Sunlight." NASA, 11 January 2022.
- [2] National Aeronautics and Space Administration (NASA). "Sunlight." NASA, 11 January 2022.
- [3] National Aeronautics and Space Administration (NASA). "The Sun's Role in Earth's Energy Balance." NASA Earth Observatory, 6 July 2010, [earthobservatory.nasa.gov/features/Energy Balance](http://earthobservatory.nasa.gov/features/Energy_Balance).
- [4] Giovanni Tanda *, Heat transfer in rectangular channels with transverse and Vshaped broken ribs, International Journal of Heat and Mass Transfer 47 (2004), pp 229–243.
- [5] Mr bailek nadiem, Etude et modélisation du flux solaire globale sur surface inclinée dans la région de touat, thèse de doctorat, sciences exactes université de sidi bel abbés, 2012.
- [6] HADJOU SMIR Hachmi, CHOGUEUR Amine, (Etude technico-économique de l'irrigation par pompage solaire photovoltaïque, d'une palmeraie de palmiers. Etude de cas), Mémoire de Master, Université Tlemcen, 19/06/2018, pp 6.
- [7] Bounar islam et zaoui abderrahim, (étude expérimentale évaluant l'effet de la poussière sur les performances des panneaux hybrides PV/t), mémoire de master, génie mécanique, université- jijel, 2018/ 2019.
- [8] [Www.ogimet.com](http://www.ogimet.com) .
- [9] Gisement solaire, <http://displace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/6837/1/Analysedes-pertes-thermiques.pdf> (29/10/2017)
- [10] Oudrane Abdellatif, Contribution à la Modélisation et au Développement de Système de Chauffage Solaire à Usage Individuel, Thèse de Doctorat en Génie Mécanique, Ecole National polytechnique d'Oran-Maurice Audin, 2018.
- Activation thermique de la dalle béton-systèmes de chauffage et refroidissement REHAU SA : Ambachtenlaan 22 – Ambachtszone Haasrode 3326 – 3001 Heverlee – www.rehau.be.10/2010.
- [11] <https://www.fondation-lamap.org/fr/>

- [12] Mr BAILEK Nadiem, Etude et modélisation du Flux Solaire globale sur surface inclinée dans la région de Touat. Thèse de doctorate 2017-2018.
- [13] Duffie JA, Beckman WA. Solar engineering of thermal processes. New York: Wiley Interscience publications , NY,1980.
- [14] Amel boulemtafes épouse boukadoum, simulation numérique de l'amélioration du transfert thermique dans un capteur solaire à air, mémoire de magister en physique, université des sciences et de la technologie d'Alger, 2010.
- [15] www.ines-solaire.com.
- [16]- "Solar Energy: Technologies and Project Delivery for Buildings" de Andy Walker
- [17] "Solar Thermal Systems: Components and Applications" de Balbir S. Dhillon
- [18] <https://fr.wikipedia.org/wiki>.
- [19] Bounar islam et zaoui abderrahim, (étude expérimentale évaluant l'effet de la poussière sur les performances des panneaux hybrides PV/t), mémoire de master, génie mécanique, université- jijel, 2018/ 2019
- [20] Bouhediba Malika, Simulation thermique d'une maison solaire pour la Production d'eau chaude sanitaire (ECS), Mémoire de Master, Université Hassiba Benbouali de Chleff, 2012.
- [21] Mr. krouchi ghiles et Mr. ouachehi gaya, (Etude et réalisation d'un concentrateur solaire cylindro-parabolique avec stockage d'énergie par chaleur latente), mémoire de master en génie mécanique, université mouloud mammeri de tizi ouzou, 2020.
- [22] Mr BAILEK Nadiem, Etude et modélisation du Flux Solaire globale sur surface inclinée dans la région de Touat. Thèse de doctorat 2017-2018.
- [23] Boudjelka Ammar, Guessoumi Farid,(Commande d'un panneau solaire à l'aide d'un microcontrôleur ATMEGA), Mémoire de Master en Electricité, Université d'El-Oued, 2017/2018, pp 19,20.