

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT PHYSIQUE
N° : Ph/ENR/...../2024



DOMAINE : Sciences de la matière
FILIERE : Physique
OPTION : Physique Énergétique et
Energie renouvelable

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par: ROUBACHE Imane

Intitulé

Réalisation d'un cuiseur solaire équipé d'un
concentrateur parabolique à intégrer au mur de
la cuisine

Soutenu le 12 / 06 /2024 devant le jury composé de:

Taloub Djedid	Université Méd Boudiaf M'sila	Président
Bouras Abdelkrim	Université Méd Boudiaf M'sila	Rapporteur
Silem Mourad	Université Méd Boudiaf M'sila	Co- Rapporteur
Khaled Mahdi	Université Méd Boudiaf M'sila	Examineur
Brik Youssef	Université Méd Boudiaf M'sila	CATI

Année universitaire : 2024/2023



Remerciement

Tout d'abord, nous remercions ALLAH, notre créateur de nous avoir donné les forces pour accomplir ce travail.

Je remercie mes parents, même si tous les mots ne suffisent pas pour les remercier.

Je remercie très fort monsieur mon promoteur **Dr. Bouras Abdelkarim** pour tout le soutien et l'encadrement qu'il m'a donné.

Ce travail a été effectué au sein du laboratoire de physique et chimie des matériaux (LPCM) à l'Université de M'sila, Mes remerciements s'adressent à tous les responsables de ce laboratoire, directrice du laboratoire et le chef d'équipe des systèmes photovoltaïques et paramètres climatologiques influents, qui m'ont accueilli au sein de leur laboratoire sans oublier le chef de département le **Pr. M. Salmi**.

Je tiens à remercier aussi tous les enseignants de l'université de M'sila et spécialement les enseignants du département de physique chacun en son nom, ainsi que les membres de l'incubateur de l'Université de M'sila.

En fin, je remercie également tous ceux qui m'ont aidé de près et de loin pour l'élaboration de ce mémoire.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À mon père, ma mère pour leur amour, leur bonté, leur sacrifice, leurs encouragements perpétuels, leur soutien, puisse Dieu prolonger leur vie dans le bonheur.

À tous ceux que j'aime

Table des Matières

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Table des matières.....	i
Liste des figures.....	v
Liste des tableaux.....	ix
Nomenclature.....	x
Introduction Générale.....	1
Chapitre01:Généralités l'énergie solaire	
1.1 Introduction.....	4
1.2 Définition d'énergie solaire.....	4
1.3 Généralité sur le soleil.....	5
1.3.1Définition du soleil.....	5
1.3.2Composition du soleil.....	6
1.4Rayonnement solaire horsatmosphère.....	7
1.4.1 Rayonnement solaire dans l'espace.....	7
1.4.2Constante solaire.....	8
1.4.3 Constante solaire eau sol.....	8
1.4.4 Masse d'air.....	9
1.5 Système terre-soleil.....	10
1.5.1. Mouvement orbitale de la terre autour du soleil.....	11
1.5.2. Paramètres géométriques.....	11
1.6 Le rayonnement solaire	14
1.6.1 Composition du rayonnement solaire	16

1.7. Gisement solaire en Algérie.....	17
1.8 Les avantages de l'énergie solaire.....	18
1.9 Les applications de l'énergie solaire.....	19
1.10. Conclusion	21
Références.....	21

Chapitre02: Généralités sur les cuiseurs solaires

.2.1Introduction.....	23
2.2 Définition.....	23
2.3 Historique des cuiseurs solaires	24
2.4 Principe de fonctionnement du cuiseur solaire	25
2.5 Facteurs essentiels pour la cuisson solaire.....	25
2.6 Les modèles des cuiseurs solaires.....	28
2.7 Avantages d'un cuiseur solaire	30
2.8 Inconvénients d'un cuiseur solaire.....	31
2.9 Cuiseurs solaires dans le mandes.....	31
2.10 Conclusion	35
Références.....	36

Chapitre03: Etude théorique d'un concentrateur Cylindro parabolique

3.1 Introduction.....	37
3.2 Géométrie Cylindro parabolique.....	37
3.2.1 Définition :.....	37
3.2.2 Propriétés géométrique de la Cylindro parabole.....	39
3.2.3Equation de Cylindro parabole.....	39

3.2.4	Profondeur de la parabole.....	41
3.2.5	Surface de parabole.....	41
3.2.6	Longueur d'une parabole.....	42
3.2.7	Surface d'ouverture de la parabole.....	42
3.2.8	Angle d'ouverture d'une parabole.....	42
3.3	Système optique d'une surface parabolique.....	43
3.4	Composants d'un concentrateur parabolique.....	44
3.5	Concentration.....	50
3.6	Bilan énergétique du concentrateur parabolique.....	52
3.7	Rendement d'un concentrateur.....	58
3.8	Conclusion.....	58
	Référence.....	59

Chapitre 04: Réalisation et fabrication du cuiseur solaire parabolique

4.1	Introduction.....	61
4.2	Description et réalisation des composantes du prototype.....	61
4.3	Instrumentation de mesure.....	64
4.4	Conditions expérimentales.....	66
	Conclusion.....	68

Chapitre 05: Résultats et discussion

5.1	Introduction.....	69
5.2	Evolution de l'éclairement solaire globale.....	70
5.3	la vitesse du vent.....	71

5.4 Evolution de température ambiant.....	71
5.5 Améliorations possibles du cuiseur solaire fabriqué.....	73
5.6. Prix de revient du cuiseur.....	73
5.7. Conclusion	74
Conclusion générale	

Liste des figures

Fig. 1. 1 Image du soleil.....	6
Fig. 1. 2 Composition interne et externe du soleil.....	6
Fig. 1. 3 Variation de la constante solaire en fonction de nombre de jour.	9
Fig. 1. 4 Masse d'air	9
Fig. 1. 5 Mouvement de la terre autour de soleil.....	11
Fig. 1. 6 sphère céleste.....	12
Fig. 1. 7 Coordonnés géographique terrestre...	12
Fig. 1. 8 Analyse spectrale du rayonnement solaire.....	15
Fig. 1. 9 Les trois composantes du rayonnement solaire global sur un plan incliné..	17
Fig. 1. 10 Photo du Centre de Développent des Energies Renouvelables – CDER, Bouzaréah)....	19
Fig. 1. 11 Photo de l'Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables – URAER,Ghardaïa.....	20
Fig. 2. 1 Températures de cuisson pour les différents types de cuiseurs.....	26
Fig. 2. 2 Heures propices à la cuisson solaire.....	27
Fig. 2. 4 Schéma de principe d'un cuiseur de type boîte	28
Fig. 2. 5 Schéma de principe d'un cuiseur à panneaux	29
Fig. 2. 6 Schéma de principe d'un cuiseur parabolique	29
Fig. 2. 7 Four solaire d'Odeillo	32
Fig. 2. 8 Four solaire d'Ouzbékistan	33
Fig. 2. 9 Le premier prototype de cuiseur solaire réaliser en Algérie est de type boite en fin de 2004.....	34
Fig. 2. 10 Prototype de cuiseur solaire parabolique à Tizi-Ouzou.....	34
Fig. 2. 11 Prototype de cuiseur solaire parabolique à M'sila.....	35
Fig. 3. 1 Intersection d'une surface conique et d'un plan.....	37
Fig. 3. 2 Distance entre différents points de la parabole, le foyer et la directrice.....	38
Fig. 3. 3 Géométrie parabolique.....	38

Fig. 3. 4 Propriétés géométrie de la parabole.....	39
Fig. 3. 5 Caractéristique mathématique de la géométrie parabolique.....	40
Fig. 3. 6 Section d'une parabole possédant un foyer commun F et le même diamètre	43
Fig. 3. 7 Système optique d'une surface parabolique.....	44
Fig. 3. 8 Variation du coefficient de réflexion d'aluminium, l'or et l'argent en fonction de la longueur d'onde.....	45
Fig. 3. 9 Différents types de montages de la source d'une antenne parabolique	46
Fig. 3. 10 Catégories des récepteurs.....	48
Fig. 3. 11 Tache solaire.....	48
Fig. 3. 12 Distance axiale arrière du point focal.....	49
Fig. 3. 13 Concentration géométrique à différentes valeurs du diamètre du récepteur	51
Fig. 4. 1. Schéma du prototype d'un cuiseur solaire parabolique.....	61
Fig. 4.2. Réflecteur réalisé.....	62
Fig. 4 .3. Récepteur réalisé.....	63
fig. 4. 4. Support réalisé.....	63
Fig. 4. 5. Capteurs de température à infrarouge.....	65
Fig. 4. 6. Station météorologique de type Davis.....	66
Fig. 4. 7. Segment solaire.....	67
Fig. 4. 8. Vue générale du cuiseur réaliser.....	67
Fig. 5.1 Variation de l'irradiation mesurée au cours des deux journées.....	70
Fig. 5. 2 Variation de la vitesse de vent au cours des deux journées.....	71
Fig. 5. 3 Variations de température du segment focal au cours des deux journées....	71
Fig. 5. 5 Préparation du café.....	72
Fig. 5. 6 Pommes de terre et Poitrine de poulet.....	72

Liste des tableaux

Tableau 1.1 caractéristique principales du soleil	5
Tableau 1.2 valeurs de la constante solaire en fonction du nombre d'air masse	10
Tableau 1.3 Longueurs d'ondes et spectre lumineux	15
Tableau. 4.1 : caractéristique géométrique de la parabole	62
Tableau 5-1 Liste du matériel	73

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

La principale source d'énergie renouvelable largement adoptée est celle du soleil. L'énergie solaire est l'une des sources d'énergie les plus abondantes et peut même être utilisée par temps nuageux. Cette étoile revêt une importance cruciale pour l'humanité, car sans elle, la vie n'existerait pas sur notre planète.

Sur notre planète, l'énergie solaire est une source d'énergie exceptionnelle. Elle peut être utilisée pour générer de l'électricité, appelée énergie solaire photovoltaïque, ou de la chaleur, appelée énergie solaire thermique. L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs.

Nous souhaitons présenter une des méthodes d'utilisation du chauffage solaire actif, à savoir le cuiseur solaire de type parabolique. Dans le but d'intégrer les énergies renouvelables dans tous les domaines de la vie, y compris dans la cuisine, qui est l'un des éléments essentiels pour assurer la durabilité de la vie, il est crucial de noter que la cuisine repose généralement sur le gaz naturel et le charbon, deux types d'énergies fossiles dont il est préférable de réduire l'utilisation autant que possible.

Un cuiseur solaire est un appareil de cuisson qui utilise l'énergie solaire pour chauffer et cuire les aliments. Il fonctionne en captant les rayons du soleil et en les concentrant pour générer de la chaleur, qui est ensuite utilisée pour la cuisson. Voici les principaux types de cuiseurs solaires :

1. **Cuiseur solaire à panneau** : Utilise des panneaux réfléchissants pour diriger la lumière solaire vers une zone de cuisson.
2. **Cuiseur solaire parabolique** : Utilise une parabole réfléchissante pour concentrer la lumière solaire en un point focal où se trouve le récipient de cuisson.
3. **Cuiseur solaire à boîte** : Un caisson isolé avec un couvercle transparent, où les aliments sont placés pour cuire lentement sous l'effet de la chaleur accumulée.

Le but de notre travail est d'étudier un cuiseur solaire de forme cylindro-parabolique à deux côtés mobiles et de concevoir un prototype utilisant du verre l'orientation des deux ailes situées sur les côtés. Avant midi, l'aile gauche est ouverte pour permettre aux rayons du soleil de passer à travers le cuiseur solaire, tandis que l'aile droite est inclinée pour augmenter la concentration de la lumière solaire. Cependant, après midi, cette configuration est inversée pour assurer une efficacité maximale.

Cette thèse contient quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous abordons une perspective générale sur le gisement solaire en Algérie. Nous définissons les concepts clés liés au soleil ainsi que les paramètres essentiels qui influencent notre étude.

Le chapitre suivant se focalise sur une synthèse de la littérature sur les principes généraux des cuiseurs solaires.

Dans un troisième chapitre, nous abordons une étude théorique d'un concentrateur parabolique avec un bilan thermique lié à notre cuiseur.

Dans le quatrième chapitre, nous examinons la conception, la réalisation et les tests réalisés dans la zone de l'université de M'sila sur le prototype du cuiseur solaire de type cylindro-parabolique, ainsi que les discussions sur ces résultats.

Nous concluons ce mémoire en présentant une conclusion globale des résultats obtenus lors de cette étude et en évoquant les perspectives futures.

Chapitre I

**Généralités sur
l'énergie solaire**

1.1. Introduction

L'expression « énergie solaire » est généralement associée aux méthodes qui permettent d'utiliser cette énergie. Situé à 146 millions km de la terre, le soleil est une source d'énergie extraordinairement puissante. Pour s'en faire une idée, il suffit de savoir que le soleil envoie 1.6 milliards de KW à la terre chaque année. 40% seulement de cette énergie atteignent effectivement la surface terrestre, le reste étant réfléchi par les couches supérieures de l'atmosphère ce pourcentage relativement faible.

Le rayonnement du soleil commande la majeure partie des grands processus terrestres, notamment météorologique et biologiques. Il fournit ainsi 99.98 % de l'énergie nécessaire au fonctionnement climatique. C'est aussi directement ou indirectement à lui que l'ensemble des espèces végétales et animales doit la vie. Mais ce n'est pas tout : sa lumière peut aussi être transformée en électricité.

Aujourd'hui, nous utilisons cette énergie de différentes manières. La lumière du soleil est en effet à la base de toutes les techniques de production d'électricité à partir d'énergies renouvelables. L'une d'être elle transforme directement le rayonnement solaire en énergie électrique.

Dans ce chapitre nous aborderons ainsi en premier quelques notions indispensables sur l'énergie solaire ensuivent le rayonnement solaire et enfin quelques installations en fonction à l'énergie solaire.

1.2 Définition d'énergie solaire

C'est une énergie inépuisable, tellement présente qu'on a tendance à l'oublier. Pourtant, cette énergie incidente représente plus de 10 000 fois la consommation mondiale en énergie . Il s'agit donc d'une énergie abondante et renouvelable.

Malheureusement on ne peut pas l'exploiter directement car il faut la transformer en d'autres formes d'énergies plus utiles :

- ✓ en bénéficiant directement du rayonnement solaire (énergie passive)
- ✓ en utilisant la chaleur du rayonnement solaire (énergie thermique)
- ✓ en transformant le rayonnement solaire en électricité grâce à des cellules photovoltaïques (énergie photovoltaïque).

I.3 Généralité sur le soleil

1.3.1 Le soleil

Le soleil est l'étoile du système solaire. Dans la classification astronomique, c'est une étoile de type naine jaune, composée d'hydrogène (75% de la masse ou 92% du volume) et d'hélium (25% de la masse ou 8% du volume) située à une distance moyenne de 150.106 Km de la terre, cette dernière gravite autour du soleil à la vitesse de 30Km/s.

L'énergie du soleil provient des réactions thermonucléaires qui s'y produisent. Elles transforment à chaque seconde 564.106 tonnes d'hélium, la différence de 4 millions de tonnes est dissipée sous forme d'énergie ($E = mc^2$), ce qui présente une énergie totale de 36 1022 KW.

Les caractéristiques physiques principales du soleil sont données dans le tableau 1.1

Tableau 1.1 caractéristique principales du soleil

Caractéristique	Valeur
Masse	$1.989.10^{30}$ Kg
Diamètre	$1.392.10^9$ m
Masse volumique moyenne	1410Kg/m^3
Puissance rayonnée	$3.83.10^{26}$ W
Température superficielle	5770°k
Vitesse de déplacement	2160Km/s

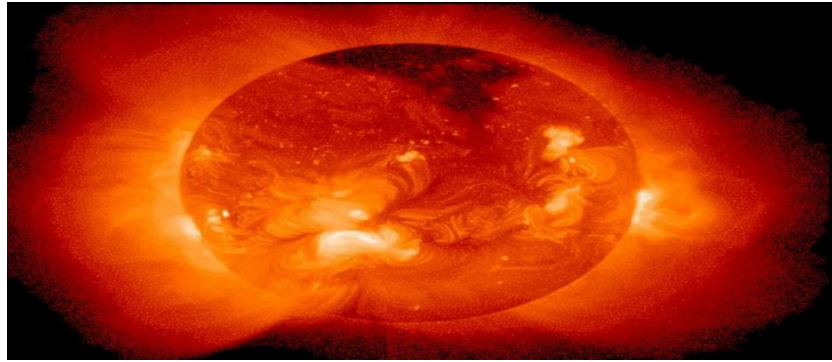


Figure 1.1: Image du soleil

1.3.2 Composition du soleil

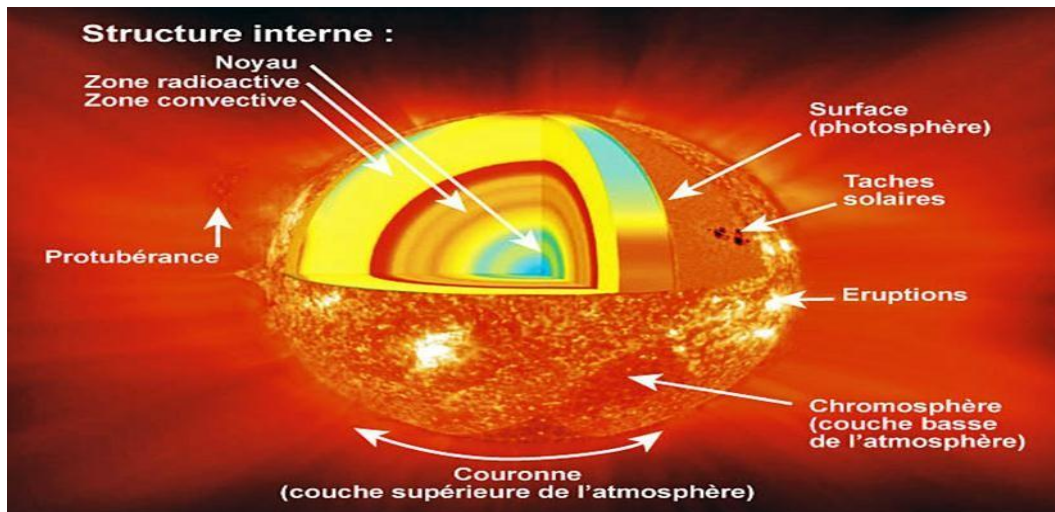


Fig. 1. 2 Composition interne et externe du soleil

Les différences de densité, pression et température entre le centre et la surface du soleil déterminent la structure du soleil tel qu'à l'intérieur on distingue trois couches :

Cœur du soleil

De 0 à 210000 Km. Il présente 50 % de la masse du soleil avec une température de 15 millions de degrés au centre.

Zone radiative

De 0 à 480000 Km. C'est la partie interne de soleil, elle englobe le cœur, la température est de 2 millions de degrés.

Zone convective

De 480000 à 690000 Km. Représente 2% de la masse du soleil. Le nom de ces zones est lié au mode de transport de l'énergie. Le transport se fait soit par radiation soit par convection.

Les couches externes du soleil constituent son atmosphère, il contient trois couches aussi :

Photosphère

C'est la surface visible du soleil, elle contribue pour 99 % au rayonnement solaire, sa température est d'environ 6000°C.

Chromosphère

Est la partie basse de l'atmosphère solaire, sa température est de plusieurs milliers de degrés et croît vers l'extérieur pour atteindre 20000 °C. Elle est visible de courts instants lors des éclipses totales.

Couronne

La couronne est la couche la plus externe de l'atmosphère du soleil. Sa température est de l'ordre du million de degrés et sa densité est 100 millions fois plus faible que celle de la terre.

1.4 Rayonnement solaire hors atmosphère

1.4.1 Rayonnement solaire dans l'espace

Les corps noir se sont des corps qui ont une température égale ou supérieure à 5800 K, sont caractérisés par une absorption idéale de la lumière et une émissivité parfaite pour le rayonnement thermique. Donc le flux d'énergie $d\phi$ émis par une surface de soleil ds est donné par la loi de Stefan Boltzmann [1]

$$x = \frac{dq}{ds} = \sigma T^4 \quad (1.1)$$

Où

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15ch^3} = 5,67.10^{-8} \quad (1.2)$$

Avec :

M_s : Emittance énergétique (W.m⁻²).

T : Température absolue (K).

K : Constante de Boltzmann (K=1,38.10⁻²³ J.K⁻¹).

h : Constante de Planck (6,62.10⁻³⁴ J.s).

1.4.2 Constante solaire

La constante solaire est la puissance rayonnée reçue hors atmosphère par unité de surface placée perpendiculairement au rayonnement solaire [2]. E_{sc} est la constante solaire peut-être réalisée par des satellites situés dans la partie supérieure de l'atmosphère. On trouve généralement des valeurs proches à 1367 W m⁻², c'est la valeur retenue comme constante solaire standard par l'organisation météorologique internationale [3].

La constante solaire varie chaque année en fonction de la distance Terre Soleil provenant de l'excentricité de l'orbite de la terre.

1.4.3 Constante solaire au sol

C'est la partie d'énergie reçue sur la terre, dépend de l'épaisseur de l'atmosphère à traverser, on peut calculer la valeur E_{sc} en fonction de numéro de jour de l'année par la relation suivante :

$$E_{sc} = E_0 [1 + 0,033 \times \cos(0,984(j - 2))] \quad (1.3)$$

Avec :

$$E_0 = 1367 \text{ w/m}^2$$

j : le numéro du jour de l'année, varie de 1 à 365 ou 366 selon l'année.

La variation de la constante solaire au cours de l'année est par la figure 1.3

constante solaire W/m^2

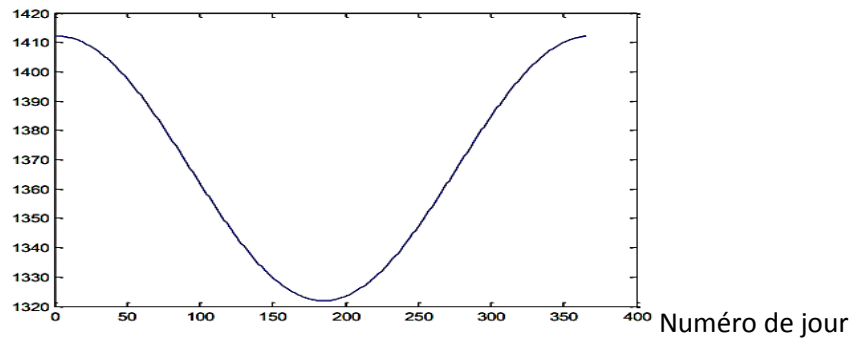


Fig.1. 3 Variation de la constante solaire en fonction de nombre de jour

1.4.4 Masse d'air

Une masse d'air en météorologie ou en climatologie est une zone de l'atmosphère où les conditions de température, de pression et d'humidité principalement, sont homogènes, donc se définit comme une zone stable au sens des paramètres physiques mesurés en son sein. En astronomie, la masse d'air désigne la quantité d'atmosphère terrestre traversée par la lumière pour atteindre l'observateur [4].

Prenant pour référence unité, l'épaisseur verticale de l'atmosphère moyenne réduite à 7,8 Km, supposant cette couche plane et stratifiée horizontalement, la longueur du trajet rectiligne d'un rayon lumineux incliné d'un angle h par rapport à l'horizontale sera donnée par la formule

$$OM = \frac{AM}{\sin h} \quad (1.4)$$

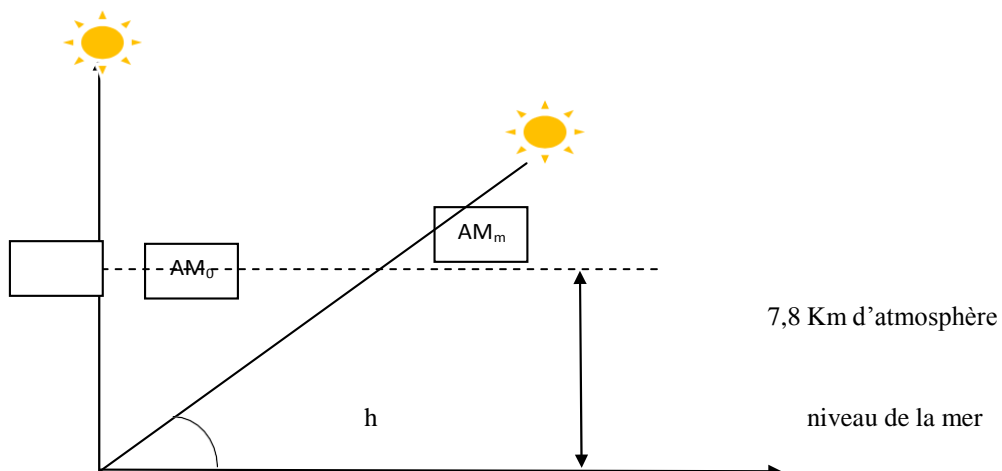


Fig.1.4. la masse d'air

Le nombre d'air masse défini par :

$$m = \frac{P}{1013} \times \frac{1}{\sin h} e^{\left(\frac{-Z}{7,8}\right)} \quad (1.5)$$

Avec :

P : Pression en (Pa ou mbar)

h : Elévation du soleil sur l'horizon (90° au zénith)

Z : Altitude (Km) Tel que

- AM_0 : hors atmosphère à une haute altitude
- AM_1 : lorsque le soleil est au zénith
- AM_5 : le nombre 1,5 indique que le parcours de la lumière dans l'atmosphère est 1,5 fois supérieure au parcours le plus court du soleil (7,8Km).
- AM_2 : lorsque le soleil est située à 30 ° sur l'horizon.

Le tableau 1.2 indique les valeurs de la constante solaire en fonction du nombre d'air masse.

Tableau 1.2 valeurs de la constante solaire en fonction du nombre d'air masse [5]

M	0	1	1.5	2	3	4	5
$E(W/m^2)$	1367	931	834	755	610	530	430

1.5. Système terre-soleil :

Le soleil est une étoile de forme pseudo-sphérique dont le diamètre atteint 1391000Km, il est situé à une distance moyenne de 14598000Km de la terre. Le soleil est composé de matière gazeuse essentiellement de l'hydrogène et l'hélium et il est le siège de réactions de fusion nucléaire permanentes et sa température de cœur atteint 7K.

L'énergie solaire envoyée dans toutes les directions dans la terre est

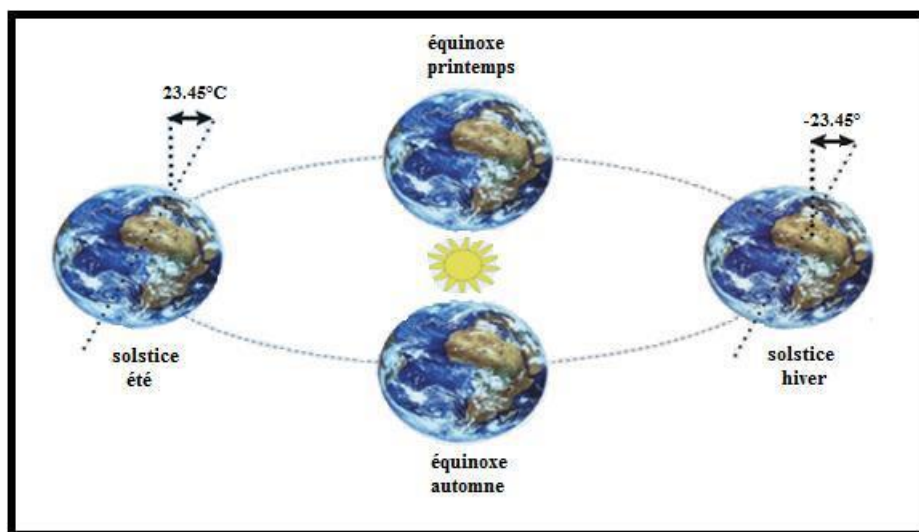
très énorme, mais assez diluée car la puissance maximale reçue à l'extérieur de l'atmosphère est d'environ 1350W. Pour récupérer une bonne quantité d'énergie il faut donc augmenter la surface qui intercepte le flux solaire. La concentration du rayonnement solaire ne permet pas d'augmenter la puissance mais seulement le niveau de température pouvant être atteint[6].

1.5.1. Mouvement orbitale de la terre autour du soleil :

La terre décrit autour du soleil une orbite elliptique avec une période de 365.25 jours.

Le plan de cette orbite est appelé plan d'écliptique. C'est au solstice d'hiver que la terre est plus proche du soleil, et c'est au solstice d'été qu'elle en est plus éloignée.

La terre tourne sur elle-même avec une période de 24 h. son axe de rotation (l'axe des pôles) à une orientation fixe dans l'espace. Il fait un angle $\delta=23.45^\circ$ avec la normale au plan de l'écliptique[7].



1.5.2. Paramètres géométriques :

La sphère céleste :

Est une sphère imaginaire d'un diamètre immense avec la terre au centre. On considère que tous les objets visibles dans le ciel se trouvent sur la surface de la sphère céleste, la figure ci-dessous représente les différentes caractéristiques sur la sphère elle-même[8].

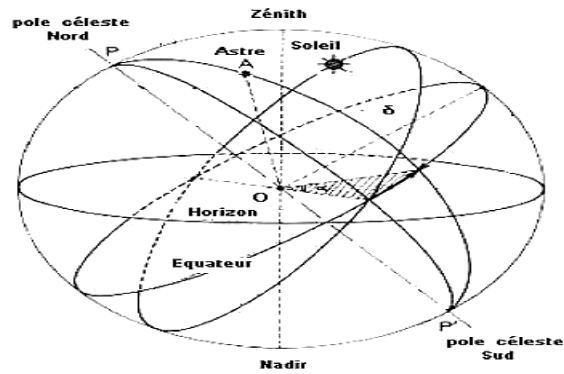


Fig.1.6 : sphère céleste

Coordonnées géographiques terrestres :

Un point sur la surface de la terre est repéré par ces coordonnées :

- **La latitude (φ):**

Une latitude donne une localisation d'un point par rapport à l'équateur, elle varie entre 0 et 90° positivement vers le pôle nord et négativement vers le pôle sud [8].

- **La longitude(L):**

La longitude d'un lieu donné est l'angle formé par le méridien de ce lieu avec le méridien d'origine (méridien de Greenwich); elle est composée de 0 et 180°; positivement vers l'est et négativement vers l'ouest [8].

- **Altitude :**

L'altitude est l'élévation d'un lieu par rapport au niveau de mer, mesuré en mètre (m)[8].

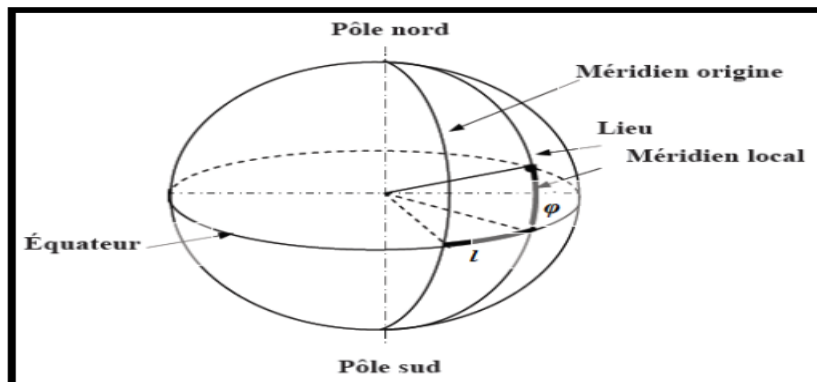


Fig.1.7 : Coordonnés géographique terrestre [7].

Coordonnées horaires :**• La déclinaison horaire δ :**

C'est l'angle que fait la direction d'observation du soleil avec sa projection sur le plan équatorial. Elle traduit l'inclinaison du plan équatorial par rapport au plan écliptique. En considérant la déclinaison comme constante sur une journée, sa valeur peut être calculée par la formule suivante [8] :

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{2\pi(284+d)}{365} \right] \quad (1.6)$$

d : est le numéro du jour de l'année à partir de janvier.

La déclinaison solaire varie de -23.45° au solstice d'hiver et 23.45° au solstice d'été, et elle est nulle aux équinoxes, cette variation entraîne des variations de la hauteur du soleil pour un même site.

• Angle horaire ω :

L'angle horaire est l'angle formé par le méridien local et le cercle de soleil. L'angle horaire est compris entre 0° et 360° . La valeur de l'angle horaire est nulle à midi solaire, négative le matin, positive dans l'après-midi et augmente de 15° par heure [7].

• Temps solaire vrai:

La notion du temps vrai TSV a une liaison avec l'angle horaire ω . La valeur zéro degré (0) de cet angle est atteinte au passage du soleil au méridien du lieu et qui correspond à 12h

$$\omega = 15(\text{TSV} - 12) \quad (1.7)$$

TSV, c'est -à- dire au midi solaire vrai. La relation entre ces deux fonctions est [6] :

$$\text{TSV} = \text{TL} - \text{DE} + \left(\frac{\text{ET} + 4}{60} \right) \quad (1.8)$$

Avec :

$$\text{ET} = 9.87 \sin(2n) - 7.35 \cos(n) - 1.5 \cos(n) \quad (1.9)$$

$$n = d - 81 \left(\frac{360}{365} \right) \quad (1.10)$$

TL : temps légal ;

DE=décalage horaire administratif ;

ET= correction de temps en minute ;

l : longitude de lieu en Algérie.

Coordonnées horizontales :

Le repérage du soleil se fait par l'intermédiaire de deux angles :

• Hauteur angulaire du soleil h :

C'est l'angle compris entre la direction du soleil et le plan horizontal, h varie de 0° à 90° vers le zénith et de 0° à -90° vers le nadir. L'angle de la hauteur solaire est donné par [10] :

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega. \quad (1.11)$$

• Azimut a:

L'azimut est l'angle entre le plan vertical contenant le rayon solaire et la direction sud. Il se compte de 0° à 360° à partir du sud dans le sens rétrograde, la relation qui donne l'azimut est ci-dessous [11] :

$$\cos a = \left(\frac{\sin h \sin \varphi - \sin \delta}{\cos \varphi} \right) \quad (1.12)$$

Angle zénithal z:

C'est l'angle entre la direction du soleil et le vecteur du lieu (zénith). L'angle z est complémentaire de h [10]

$$\cos z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \quad (1.13)$$

1.6 Le rayonnement solaire :

Le rayonnement solaire est constitué de photons dont la longueur d'onde s'étend de l'ultraviolet (0,2 μm) à l'infrarouge lointain (2,5 μm). L'énergie associée à ce rayonnement solaire se décompose approximativement de :

– 9% dans la bande des ultraviolets (<0,4 μm),

- 47% dans la bande visible (0,4 à 0,8 μm),
- 44% dans la bande des infrarouges ($>0,8 \mu\text{m}$).

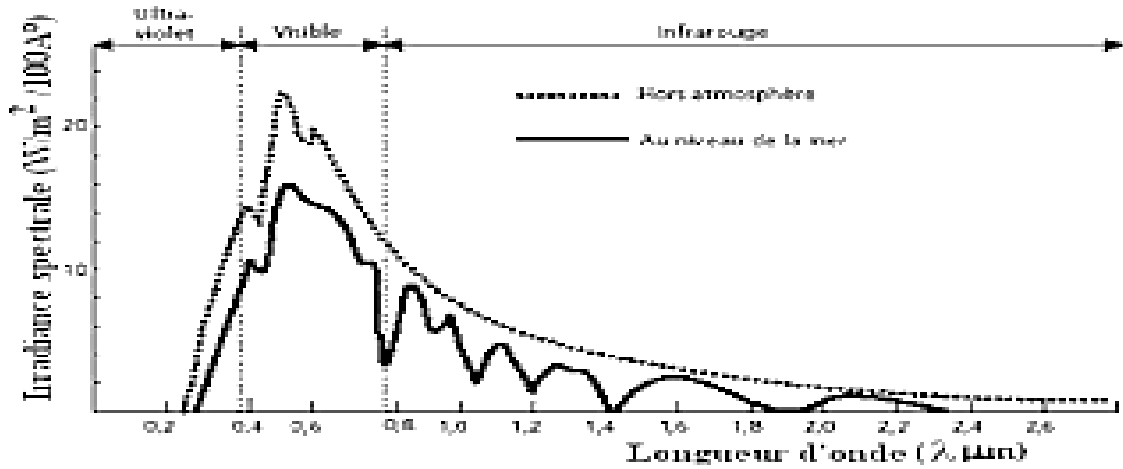


Fig.1.8 Analyse spectrale du rayonnement solaire

Le tableau donne les valeurs énergétiques caractéristiques des photos pour diverses longueurs d'ondes, ainsi que les zones correspondantes au spectre lumineux.

Tableau (1.3) : Longueurs d'ondes et spectre lumineux

λ (μm)	E_{ph} (eV)	Zone
0.2	6.2	Ultra-violet
0.4	3.1	Visible bleu
0.5	2.48	Visible jaune-vert
0.78	1.59	Visible rouge
1	1.24	Infrarouge
2	0.62	Infrarouge
4	0.31	Infrarouge

Les capteurs d'énergie solaire doivent donc être compatibles avec ces longueurs d'ondes pour pouvoir piéger les photos et les restituer sous forme de chaleur ou d'électrons.

Pour que le rayonnement solaire produise un courant électrique dans un matériau donné, faisant alors office de capteur, il faut que les photons soient tout d'abord absorbés par un ou plusieurs matériaux sensibles à la longueur d'onde

des photons, qui sont ensuite collectés afin de constituer un courant électrique global.

1.6.1 Composition du rayonnement solaire :

Suite à l'atténuation du rayonnement solaire par les différents phénomènes atmosphériques, le rayonnement solaire sur une surface au sol est composé comme suit :

a. Rayonnement direct :

C'est la fraction du rayonnement solaire qui arrive directement au sol, dont le trajet est « linéaire » (il y a, en fait, de légères déviations) et unique à un instant donné. Si I est le rayonnement direct.

$$I = I_0 \times \sin h$$

Avec : h hauteur du soleil.

Rayonnement diffus .b:

Le rayonnement diffus est le rayonnement provenant de toute la voûte céleste. Ce rayonnement est dû à l'absorption et à la diffusion d'une partie du rayonnement solaire par l'atmosphère et à sa réflexion par les nuages. Ainsi, par ciel serein, il constitue 20% de l'énergie globale. Par ciel couvert, il correspond à la totalité de l'énergie reçue au sol.

c(L'albédo) Rayonnement réfléchi . :

Le rayonnement solaire réfléchi est le rayonnement qui est réfléchi par le sol ou par des objets se trouvant à sa surface. Ce rayonnement dépend de l'albédo du sol et il peut être important lorsque le sol est particulièrement réfléchissant (eau, neige).

Rayonnement global. d:

- Une surface horizontale

C'est l'ensemble du rayonnement d'origine solaire qui parvient sur une surface horizontale sur le globe terrestre. Il comprend donc la composante verticale du rayonnement solaire direct et rayonnement solaire diffus.

- Une surface inclinée

rayonnements Rayonnement global sur une surface inclinée est la somme Direct, Diffus et Réfléchi.

$$\text{Rayonnement Globale} = \left\{ \begin{array}{l} \text{rayonnement direct} \\ + \\ \text{rayonnement diffus} \\ + \\ \text{rayonnement réfléchi} \end{array} \right.$$

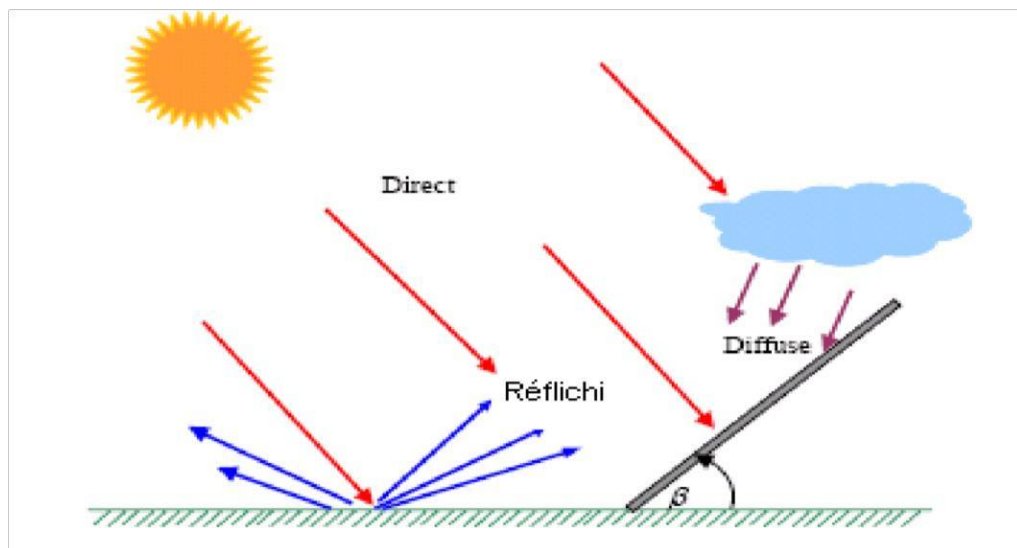


Fig.I.9 Les trois composantes du rayonnement solaire global sur un plan incliné.

1.7. Gisement solaire en Algérie

Le gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible au cours d'une période donnée. Il est utilisé pour simuler le fonctionnement d'un système énergétique solaire et faire un dimensionnement le plus exact possible compte tenu de la demande à satisfaire.

Par exemple le gisement solaire moyen en France est d'environ 1500 kWh/m²/an, alors que dans les zones arides de notre Sahara algérien il est de l'ordre de 2700 kWh/m²/an.

Les régions désertiques du globe (grand Sahara, sud-ouest des Etats-Unis d'Amérique, Australie, Afrique du Sud) recevant jusqu'à 2900 kWh/m²/an

de rayonnement direct fournissent largement la surface nécessaire à une production massive d'énergie par les technologies à concentration.

Suite à une évaluation par satellites, l'Agence spatiale allemande (ASA) a conclu, que l'Algérie représente le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen. La puissance solaire maximale en tout point de notre pays est d'environ 1KW/m². L'énergie journalière

maximale moyenne (ciel clair, mois de juillet) dépasse les 6KW/m² et l'énergie annuelle maximale est de l'ordre de 2500 KW/m².

1.8. Les avantages de l'énergie solaire

L'énergie solaire présente certains avantages non négligeables sur les autres sources énergétiques, elle est [12] :

- Locale : elle est disponible partout sur notre planète ;
- Gratuite : seul l'investissement dans l'installation solaire est nécessaire ;
- Propre : l'utilisation des capteurs plans ou modules photovoltaïques ne pollue en rien l'environnement ;
- Silencieuse : les rayons solaires nous arrivent dans le plus grand silence;
- Durable : de part son caractère renouvelable, elle est durable.

Les premières tentatives d'exploitation de l'énergie solaire utilisaient l'interaction rayonnement matière, c'est-à-dire l'échauffement d'un corps noir au soleil. Aujourd'hui, nous captions l'énergie solaire pour chauffer les maisons et l'eau, et pour produire de l'électricité, et cela au moyen de trois différentes méthodes et technologies : l'énergie solaire passive, l'énergie solaire active et l'énergie photovoltaïque [13].

I.8 Les inconvénients de l'énergie solaire

- Une forte dépendance des conditions météorologiques, ce qui signifie qu'elle n'est pas toujours durable.
- Elle nécessite un stockage d'énergie ou un système de secours pour une utilisation pendant la nuit ou les journées nuageuses.
- Elle nécessite une grande surface pour générer des quantités importantes d'énergie.

1.9. Les applications de l'énergie solaire

1.9.1. Le solaire photovoltaïque

Le processus photovoltaïque ; Figure 1-10, transforme l'énergie de rayonnement du soleil en courant électrique continu. Les systèmes photovoltaïques présentent certains problèmes :

- Les capteurs sont très chers et les rendements obtenus (de 6 à 14 % suivant les modèles dans les meilleures conditions possibles) sont faibles.
- Le prix du kilowattheure est environ 6 fois supérieur à ceux des centrales traditionnelles. La densité énergétique est très faible, ce qui nécessite la pose de grandes surfaces de panneaux solaires photovoltaïques [15].



Fig.1.10 *Vue d'une installation photovoltaïque*
(Photo du Centre de Développement des Energies Renouvelables – CDER, Bouzaréah).

1.9.2. Le solaire passif

Le terme passif renvoie aux techniques utilisées pour capter l'énergie, ces techniques misent sur la conception des immeubles et le type de matériaux utilisés pour les construire plutôt que sur de l'équipement mécanique [14]. Aujourd'hui, la conception solaire passive utilise les éléments fondamentaux d'un immeuble (les murs, la toiture et les fenêtres) pour contrôler la quantité d'énergie solaire absorbée ou perdue Figure 1-11. La conception solaire passive aide aussi à conserver la fraîcheur en été.



Fig.1.11 Confort thermique dans un habitat (habitat passif) [17].
(Photo de l'Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables – URAER, Ghardaïa)

1.9.3. Le solaire actif

Le système d'énergie solaire active utilise des capteurs solaires pour capter l'énergie du soleil et produire de l'électricité afin d'alimenter des pompes et des ventilateurs qui distribuent de l'eau et de l'air chaud, ou utilisent les capteurs plan vitrés ou non vitrés pour chauffer de l'eau ou le chauffage des locaux et la ventilation solaire qui utilisent aussi des capteurs vitrés ou un bardage perforé pour chauffer l'air [14].

1.10. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu des généralités sur l'énergie solaire et leurs applications, l'une de ces applications étant la concentration solaire parabolique où cette dernière est utilisée dans la production d'électricité ainsi que dans la cuisson solaire est ça ce qu'on va voir dans le troisième chapitre.

Références

- [1] R. Bernard, G. Menguy, M. Schwatz, Le rayonnement solaire, conversion thermique et applications, journal de Ciel et Terre, vol. 97, paris, 1980
- [2] SAOULI Sara, étude des caractéristiques courant-tension d'une cellule de silicium, mémoire de Master, Université de B. B. A, 01/07/2018.
- [3] Jean-Louis Duresne, la détermination de la constante solaire par Claude Pouillet », Journal de HAL open science, vol. 60, pp.36-43, 2008.
- [4] fiche de Météo-France, bibliothèque numérique IA, le 14/06/2020.
- [5] Alain Ricaud, gisement solaire et transferts énergétique, Master énergies renouvelable, Université de Cergy-Pontoise, Jan 2011.
- [6] : BAKOU Cheikh et ELMEGBED Abderrahmane, Conception et développement d'un programme de dimensionnement des systèmes de production d'eau chaude solaire. Mémoire de MASTER
- [7] :Melle Hermime Nora. Contribution à l'étude du comportement thermique d'un cuiseur solaire boîte installer dans le Nord de l'Algérie. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Génie Mécanique 2012/2013.
- [8] : Jean-Marc Bonnefond. Pratiques et outils de mesure des rayonnements naturels dans les domaines visibles, solaire et infrarouge. Les Capteurs de mesures du rayonnement naturel, INRA, UR1263 EPHYSE, - F-33140, Villenave d'Ornon.

- [9] : ABADI TAREK, DOUYEM SAID. Utilisation de l'énergie solaire dans l'extraction des sucres à partir des dattes. Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de Master académique, 2017/2018.
- [10] : Dr Alan Bigalow et al, Bases de caisson solaire,
- [11] P. Bessemoulin, J.Oliviéri, Le rayonnement solaire et sa composante ultraviolette, France: Document Meteo-France (Service central d'exploitation de la meteorology and Centre radiométrique de Carpentras), 2000.
- [12] B. Sørensen, Renewable Energy Its physics, engineering, use, environmental impacts, economy and planning aspects, Berlin: Ed. Elsevier Science, 2003.
- [13] « CDER, » 2013. [En ligne]. Available : <http://www.cder.dz/>. [Accès le 13 Décembre 2014]..
- [14] S. M. A. Bekkouche, T. Benouaz and A. Cheknane, «A Modelling Approach of Thermal Insulation Applied to a Saharan Building, » Thermal Science, vol. 13, n° %14, pp. 233-244, 2009.

Chapitre 2

Généralités sur les cuiseurs solaires

II.1.Introduction :

La cuisson est une nécessité majeure pour les gens et elle représente une part importante de la consommation d'énergie, le recours à l'énergie solaire est une solution pour limiter l'utilisation abusive des énergies fossiles ainsi que l'énergie du bois, et la cuisson solaire est une des applications solaires les plus populaires et les plus répandues dans le monde.

D'autre part, les énergies renouvelables ont balayé tous les domaines de la vie et surtout l'énergie solaire, grâce à l'abandonne du soleil. Cette dernière, a été exploitée de plusieurs formes, photovoltaïque pour produire l'électricité et photothermique pour produire la chaleur qui consiste en une transformation directe du rayonnement solaire en chaleur. Nous traiterons dans le cadre de ce travail seulement la deuxième voie de conversion pour constituer un cuiseur solaire qu'est une des applications solaires qui a commencé à se répandre dans le monde.

Dans ce chapitre, une étude sur les cuiseurs solaires sera présentée, depuis l'architecture du système de cuisson, son principe de fonctionnement, les différents types de cuiseurs existants notamment les cuiseurs boîtes, les cuiseurs paraboliques, les cuiseurs stockeurs d'énergie et les cuiseurs suiveurs du soleil, jusqu'à les cuiseurs solaires en Algérie.

II.2 Définition

Le cuiseur solaire ou le four solaire est une installation qui utilise l'énergie solaire sans aucune utilisation de gaz naturelle ou de charbon pour cuire, chauffer, sécher ou même la pasteuriser des aliments, on peut dire aussi qu'il est un appareil de cuisson domestique, il pourrait devenir un cuiseur d'appoint indispensable, puisqu'il n'émet pas de CO₂.

II.3. Historique des cuiseurs solaires :

La cuisson solaire est loin d'être moderne. En effet le cuiseur solaire a été pour la première fois inventé par le chercheur Suisse Horace-Bénédict ; En 1767, il construit une serre miniature avec cinq boîtes de verre l'une dans l'autre, posé sur un plateau noir. Les fruits placés dans la boîte la plus profonde cuisent bien. La température augmente jusqu'à atteindre 109 ° C [1] [2].

D'autre part, Mouchot conçut un moteur à vapeur fonctionnant grâce la vapeur produite par son appareil solaire. Il créa plusieurs moteurs semblables dont le dernier fut présenté à l'exposition universelle de Paris en 1878[3].

1891 - Clarence Kemp, « père de l'énergie solaire aux États-Unis », brevète un chauffe-eau solaire qui jouit d'une grande popularité, en particulier en Californie. Près de 30% des maisons de Pasadena avaient des systèmes de chauffage solaire de l'eau en 1897. Cette industrie a décliné pendant la Seconde Guerre mondiale[4].

En 1894 la Chine ouvre un restaurant où l'on sert des plats cuisinés à l'énergie solaire [3].

En 1945 Sri.M.KGhosh a conçu un premier cuiseur solaire en forme boîte comme produit commercial, et en 1950 les scientifiques indiens ont conçu et fabriqué un certain nombre de cuiseurs et de réflecteurs solaires commerciaux mais ils n'ont pas facilement acceptés [5].

En 1976 dans l'état de l'Arizona aux États-Unis, Barbara Kerr et Sherry Cole ont développé des cuiseurs de types boîte facile à construire à domicile [5].

En Algérie la cuisson solaire est toujours méconnue par le grand public. Le projet lancé en 2004 et inscrit au programme de l'URER/MS a permis d'introduire cette activité en milieu saharien et de s'inscrire dans le répertoire international des promoteurs de la cuisson solaire ('International Directory of Solar Cooking Promoters'). Beaucoup d'efforts restent à fournir et un projet de

grande envergure est nécessaire pour développer et vulgariser cette application qui peut être très bénéfique au niveau des régions isolées [6].

II.4. Principe de fonctionnement du cuiseur solaire :

Le principe de fonctionnement du cuiseur solaire est simple : il convertit le rayonnement solaire en énergie calorifique nécessaire à la cuisson des aliments. Pour cela, cela consiste à :

- diriger au maximum les rayons solaires vers le récipient de cuisson.
- les convertir en énergie calorifique
- maintenir cette chaleur en isolant les parois.

La température de cuisson d'un cuiseur solaire est atteinte quand les gains en énergie solaire viennent à égaler les pertes de chaleur vers l'extérieur ; on parle d'un juste équilibre entre les gains et les pertes de chaleur.

II.5. Facteurs essentiels pour la cuisson solaire :

II.5.1. Températures de cuisson solaire :

La température de cuisson d'un cuiseur solaire est atteinte quand les gains en énergie solaire viennent à égaler les pertes de chaleur vers l'extérieur ; on parle d'un juste équilibre entre les gains et les pertes de chaleur [4].

La température atteinte par les cuiseurs à cuisson et à panneaux dépend tout d'abord du nombre et de la taille des réflecteurs utilisés. Un cuiseur "boîte" et les cuiseurs à panneaux réfléchissants avec une plage de température de 100 et 200 °C. La température atteinte par d'autres types de cuiseurs (les cuiseurs paraboliques) varie entre 150 et 250 °C en fonction du diamètre du réflecteur [3].

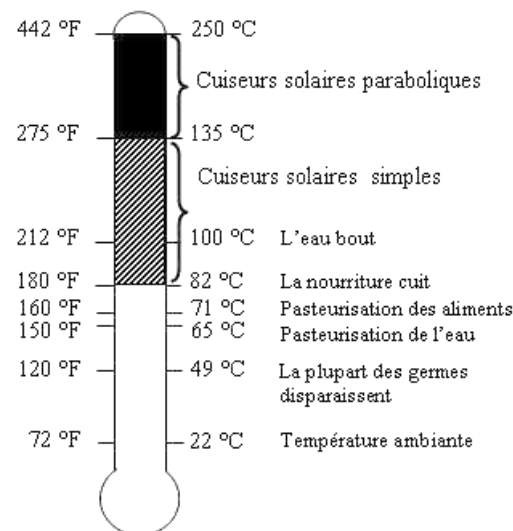


Fig.II.1 : Températures de cuisson pour les différents types de cuiseurs.

II.5.2. Comparatif de la durée de cuisson entre différentes techniques de cuisson :

La durée de la cuisson solaire dépend de la période de l'année, du moment de la journée, du degré d'ensoleillement, du type de récipient utilisé, du plat à cuire et de la quantité de nourriture préparée [4].

En général, la cuisson dans un cuiseur "boîte" avec réflecteur prend deux fois plus de temps que dans un cuiseur traditionnel. Cependant, comme il est impossible de brûler réellement les aliments, alors il n'est pas nécessaire de surveiller le cuiseur ou de remuer les aliments pendant la cuisson. Il est possible de mettre plusieurs contenants avec différents aliments et de revenir plus tard pour trouver les aliments cuits correctement cuits et gardés au chaud jusqu'à ce qu'ils soient retirés du cuiseur.

Dans les cuiseurs à panneaux, de petites portions sont souvent cuites dans un seul récipient, ce qui accélère la cuisson.

Certains utilisateurs ont exprimé le besoin de remuer les aliments pour s'assurer qu'ils cuisent également (mais pas nécessairement) partout.

La cuisson dans un cuiseur parabolique est très similaire à la cuisson sur un feu ordinaire.

Comme la lumière solaire concentrée va directement au fond du récipient, le récipient se réchauffe et cuit très rapidement. Mais pour éviter que les aliments ne brûlent, il est nécessaire de remuer et de surveiller attentivement, même si cela signifie "ralentir" en orientant le plat d'une manière non optimale [3].

II.5.3. Moment d'utilisation du cuiseur solaire :

Le cuiseur solaire doit être utilisé lorsque certaines conditions sont remplies, la plus importante étant que la longueur de l'ombre est inférieure à la taille réelle du cuiseur. Le soleil doit donc être suffisamment haut dans le ciel pour permettre la cuisson. La cuisson solaire ne doit pas avoir lieu tôt le matin ou après le coucher du soleil. Il est donc idéal pour cuisiner entre 9 et 15 heures [2].



Fig.II.2 : Heures propices à la cuisson solaire.

II.5.4. Types de récipients utilisés pour la cuisson des aliments :

Les récipients de couleur foncée sont utilisés pour la cuisson afin de mieux absorber la chaleur, tandis que les récipients de couleur claire reflètent la lumière du soleil [3].

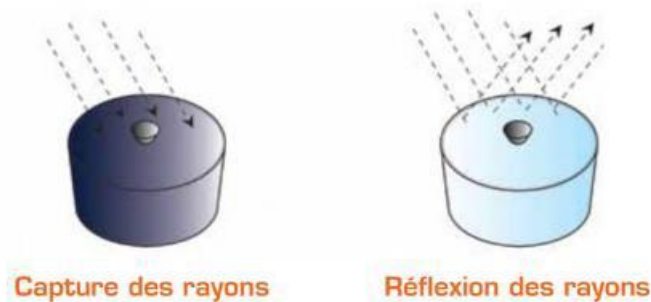


Fig.II.3: Capture ou réflexion des rayons du soleil.

II.6. Les modèles des cuiseurs solaires

Les technologies utilisées dans la conception des fours solaires tournent autour de trois modèles de bases : les fours solaires de type boîte, les fours paraboliques et les fours à panneaux.

Elles répondent aux besoins de respecter les principes de bases que sont : la conversion du rayonnement en énergie, la rétention de la chaleur et l'apport d'énergie supplémentaire. Les trois types de fours solaires les plus répandus et couramment utilisés sont :

➤ -Le cuiseur boîte

Ce modèle Figure II-1, est constitué d'un ou plusieurs panneaux plans réfléchissants qui concentrent les rayons du soleil sur le récipient [7].

Le cuiseur boîte utilise le principe de l'effet de serre. Les rayons pénètrent par la vitre dans une boîte isolée. la température monte progressivement, et le récipient noir placé à l'intérieur se retrouve immergé dans la

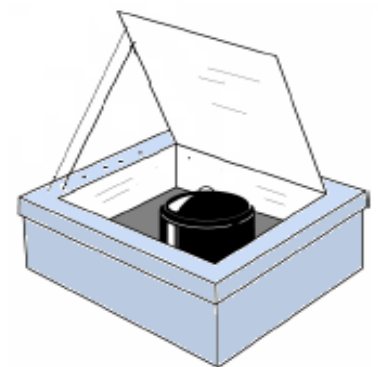


Fig.II.4 Schéma de principe d'un cuiseur de type boîte [27]

chaleur. Le système se rapproche de la cuisson au four à gaz et électrique, ainsi que de la cuisson à l'étouffée .

➤ -Le cuiseur à panneaux

Ce type Figure II-2, est constitué de différents panneaux plans réfléchissants et d'un récipient noir englobé dans un sac en plastique, placé sous une cloche en verre [7]. Le cuiseur à panneaux combine les deux principes de concentration des rayons et d'effet de serre. Les rayons sont reflétés en direction du récipient et c'est le sac qui crée l'effet de serre [8].



Fig.II.5 Schéma de principe d'un cuiseur à panneaux [9]

➤ -Le cuiseur parabolique

Le cuiseur parabolique Figure II-3, utilise le principe de la concentration des rayons solaires. Ces cuiseurs sont constitués de disques concaves sous forme de parabole qui focalise la lumière solaire sur le fond du récipient [7]. La puissance d'un cuiseur parabolique solaire est équivalente à celle d'une plaque électrique ou à gaz [8]. On trouve généralement deux types :

- Les cuiseurs paraboliques à réglage manuel ;
- Les cuiseurs paraboliques à réglage automatique.

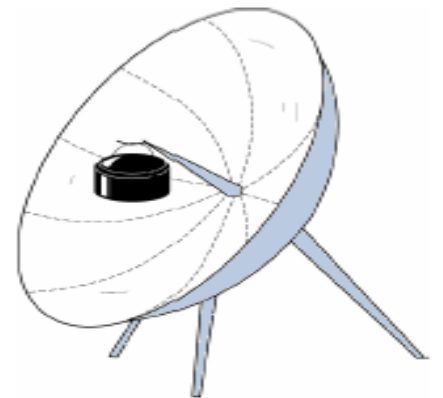


Fig.II.6 Schéma de principe d'un cuiseur parabolique [9].

II.7. Avantages d'un cuiseur solaire

Pour la santé

- ✓ les cuiseurs solaires atteignent 150°C en moyenne, d'autre l'eau se purifie dès 65°C, donc il est possible d'utiliser les cuiseurs solaires pour la purification d'eau.
- ✓ La concoction solaire est lente tandis que le feu à gaz tue les vitamines et brûle le fond de la casserole.
- ✓ La chaleur est répartie dans tout le cuiseur solaire, il n'est pas nécessaire de mettre beaucoup d'huile pour cuire. La cuisson est plus saine, plus riche et plus goûteuse.

Pour la vie quotidienne

- ✓ Le gaz naturel a des nombreux risque (brulure, feu, fuite, ...) au contraire le cuiseur solaire est une véritable innovation en matière de sécurité. Il ne cause ni des brulures ni des feu ni des fuites qui sont souvent étouffants.
- ✓ Il est une meilleure option pour les pique-niques et les sorties familiales.

Pour l'environnement

- ✓ Réduire la consommation des énergies fossiles surtout le gaz naturel et le charbon et donc l'émission du CO₂ qui contribue à le réchauffement de la planète est faible, ou plus facilement les cuiseurs solaires sont des dispositifs non polluants.
- ✓ 2 milliards de personnes dans la terre utilisent le bois pour cuire sa signifie que plus de 80 % du bois était coupé pour la cuisson, donc l'utilisation des cuiseurs solaires réduire la déforestation, le déboisement et même l'érosion des sols.
- ✓ L'utilisation des cuiseurs solaires permet un peu de répit à la nature, aux sols, aux arbres et la végétation.

- ✓ Revalorisation de la biomasse et des engrais naturels

Pour l'économie

- ✓ l'énergie solaire est gratuite, qui se permet d'économiser les combustibles, on économise de l'argent. Et lorsque le soleil est caché on utilise le cuiseur solaire avec stockage de chaleur.

II.8 Inconvénients d'un cuiseur solaire

- Le temps de cuisson est variable et va dépendre de l'ensoleillement.
- Les durées de cuisson, sont bien supérieures à celles des cuissons traditionnelles, il faut s'organiser et ne pas être pressé.
- La possibilité de cuisiner dehors dépend de l'ensoleillement, cela n'est possible ni tous les jours ou ni à toute heure.

II.9 Cuiseurs solaires dans le monde

II.9.1 Grands fours solaires dans le monde

- **Four solaire d'Odeillo**

Le four solaire d'Odeillo (**Fig.II.7**) est situé en Cerdagne, dans le Parc Naturel Régional des Pyrénées Catalanes, l'une des régions les plus ensoleillées de France. Il est éloigné des villes et est à une altitude élevée (près de 1600 mètres), ce qui lui permet de recevoir un ensoleillement en lumière directe de très bonne qualité.

Construit entre 1962 et 1968, le four solaire d'Odeillo sera mis en service en 1970 pour recherches scientifiques, c'est l'un des deux fours le plus grand du monde, (l'autre étant en Ouzbékistan) il fait 54m de haut et 48 de large, il est composé de 63 héliostats (miroirs) et à une puissance de 1 000 KW [10].

Le four Solaire d'Odeillo est un laboratoire de recherche du CNRS Co-habité avec l'Université de Perpignan (Pyrénées-Orientales) sur les études thermiques à haute température, les systèmes caloporteurs, la conversion de l'énergie, le comportement des matériaux à haute température dans des environnements

extrêmes. Les domaines de recherches sont étendus aux industries aéronautiques et aérospatiales.



Fig.II.7 Four solaire d'Odeillo

• Four solaire d'Ouzbékistan

L'Ouzbékistan est équipé d'un four solaire situé dans les montagnes de Parkent (**Fig.II.8**), dans la région de Tachkent. Actuellement géré par des scientifiques du Physics-Sun, il s'agit d'un des deux plus grands fours solaires au monde, avec celui d'Odeillo dans les Pyrénées-Orientales. Grâce à la concentration des rayons par des miroirs réfléchissants, il est composé de 60 héliostats d'une surface totale de 3022.5 m² et un miroir parabolique tronqué à facette, de 1840 m², a une puissance de 1 mégawatt. Il peut concentrer l'énergie de 10.000 soleils et atteindre des températures de 3.000 °C ! Les scientifiques l'utilisent notamment pour étudier la fonte des matériaux comme l'aluminium.



Fig.II.8 Four solaire d'Ouzbékistan

- **Four solaire de Huianbao**

En Chine, un troisième grand four solaire d'une puissance de 300 kW aurait été construit en 2010 suite aux travaux de l'institut de génie électrique de l'académie chinoise des sciences, le Solar Thermal Power Lab. En partenariat avec l'université de Jiatong à Xi'an le four solaire déjà pu produire de l'hydrogène [11].

Voici les grandes caractéristiques du complexe solaire de Huianbao :

- Un miroir parabolique de 300 m²
- 3 héliostats mobiles d'une surface totale de 360 m²

On retrouve un grand nombre d'autres fours et cuiseurs solaires, parmi eux le cuiseur à optique de Fresnel.

II.9.2 Cuiseurs solaires en Algérie

Cuiseurs solaires à L'URERMS, Adrar

Le premier prototype de cuiseur solaire réaliser en Algérie est de type boîte en fin de 2004 et présenté au public Adrar en 2005. (**Fig.II.9**)

C'est un premier prototype réalisé dans un but purement expérimental. Il est essentiellement construit à partir de plaques de bois en contre-plaqué, des miroirs plans et une plaque absorbante en tôle métallique ordinaire noircie.

Après 16 ans, ce cuiseur est toujours fonctionnel. Il a été utilisé dans le cadre de démonstrations pour la vulgarisation de la cuisson solaire en Algérie à

l'occasion d'une dizaine de séminaires scientifiques organisés par différentes universités.



Fig.II.9 Le premier prototype de cuiseur solaire réalisé en Algérie est de type boîte en fin de 2004 et présenté au public Adrar en 2005

Cuiseur solaire parabolique à Tizi-Ouzou

A été réalisée au niveau du hall de technologie du département de Génie Mécanique de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou en 2014. Avec un diamètre de 1 m et une distance focale de 0.5 m, le matériau utilisé est l'aluminium. Il est présenté dans la **Fig.II.10**



Fig.II.10 Prototype de cuiseur solaire parabolique à Tizi-Ouzou [10]

Cuiseur solaire parabolique à M'sila

A été réalisée au niveau du laboratoire de physique des matériaux et ses applications de l'université Mohamed Boudiaf de M'sila en 2024. Le concentrateur été placé dans un terrain au niveau de domaine SM.



Fig.II.11Prototype de cuiseur solaire parabolique à M'sila [10]

II10.Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons fait une initiation des cuiseurs solaire qu'il capture les rayons du soleil avec une surface brillant ou miroir, qui réfléchisse les rayons du soleil et les concentre sur un récipient de cuisson, à cette concentration de rayons solaire, s'ajoute un effet de serre dans le cas des cuiseurs boites. En cas de mauvais temps ou pendant la nuit, on utilise la méthode du stockage thermique d'énergie pour la cuisson.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]: YETTOU Fatiha. Conception et réalisation d'un système de cuisson solaire destiné au site saharien (Ghardaïa, Algérie). Thèse de Doctorat en Sciences, 2014/2015.
- [2]: Dr Alan Bigalow et al, Bases de cuisson solaire,
- [3]: CHIKH Mohammed EL-amine et BENRAMDANE Ahmed Yasser, Analyse des Profils Thermiques de Deux Cuiseurs Solaires Expérimentés Sous Climat Aride du Sud Algérien (Etude expérimentale-Centre de recherche GHARDAIA). Mémoire de MASTER 2018/2019.
- [4]: Melle Hermime Nora. Contribution à l'étude du comportement thermique d'un cuiseur solaire boîte installé dans le Nord de l'Algérie. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Génie Mécanique 2012/2013.
- [5]: HAMOUMA Abdelhak KHERROUBI Abderachid, la réalisation d'un four solaire parabolique, Mémoire de Master Académique 2017/2018.
- [6] : Dr BELHAMEL Maïouf et al, Bulletin Subventionné par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, Semestriel N° 17 2010
- [7] « Solar Cookers International, » SCI, [En ligne]. Available: <http://www.solarcookers.org>. [Accès le 13 Décembre 2014].
- [8] « ID Cook, le spécialiste de la cuisson solaire, » IDCOOK, 2011. [En ligne]. Available: <http://www.IDCOOK.com>. [Accès le 13 Décembre 2014].
- [9] Document, « Cuiseurs solaires: comment construire, employer et apprécier, » Solar Cooker International (SCI), California, USA, 2004.
- [10] Le four solaire le plus puissant du monde en Pyrénées. <https://www.pyreneescerdagne.com> › heliodyssee.
- [11] Site internet <https://fr.solarpedia.net>, Four et cuiseur solaire –Solarpedia, consulté le 28/02/2023 à 20h 03mn.

Chapitre 3

Etude théorique d'un Concentrateur Cylindro- parabolique

3.1.Introduction

On a vu dans le deuxième chapitre que la forme parabolique représente dans certaines conditions un type des cuiseurs solaires, avec ce de forme boîte et des panneaux. Les technologies solaires a concentration permettent de transformer le rayonnement solaire en chaleur à un niveau de température situé entre 200°C et 2000°C [1].

Dans ce chapitre nous travaillerons sur l'étude théorique du cuiseur solaire parabolique et on touche sur les caractéristiques qui le permettent à atteindre des températures extrêmement élevées très rapidement.

3.2.Géométrie Cylindro parabolique

3.2.1 Définition

La Cylindro_parabole fait partie des coniques. Elle s'obtient par l'intersection d'une surface conique et d'un plan figure 3.1.

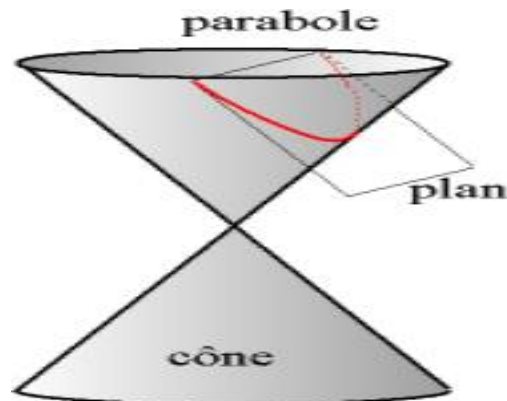


Fig. 3. 1 Intersection d'une surface conique et d'un plan

Une parabole est le lieu géométrique de tous les points situés à égale distance d'une droite fixe, appelée directrice, et d'un point fixe, appelé foyer [2]. Ceci est illustré sur la figure 3.2.

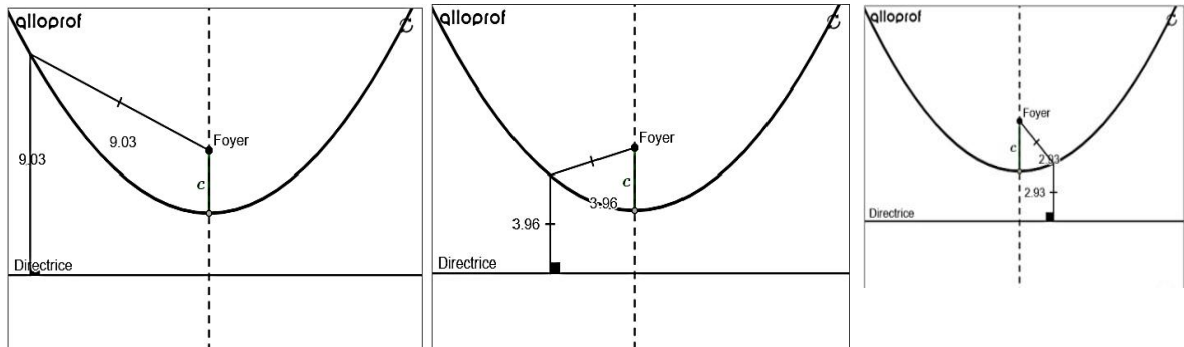


Fig. 3. 2 Distance entre différents points de la parabole, le foyer et la directrice

Une directrice est une droite servant à définir un lieu géométrique. Tel que ce dernier est un ensemble de points d'un espace géométrique qui sont caractérisés par une propriété métrique commune et le foyer est un point qui sert à définir une conique, ou un point vers lequel convergent les rayons lumineux issus d'un point après leur passage dans un système optique. La figure 3.2 présente les trois concepts (parabole, directrice et le foyer).

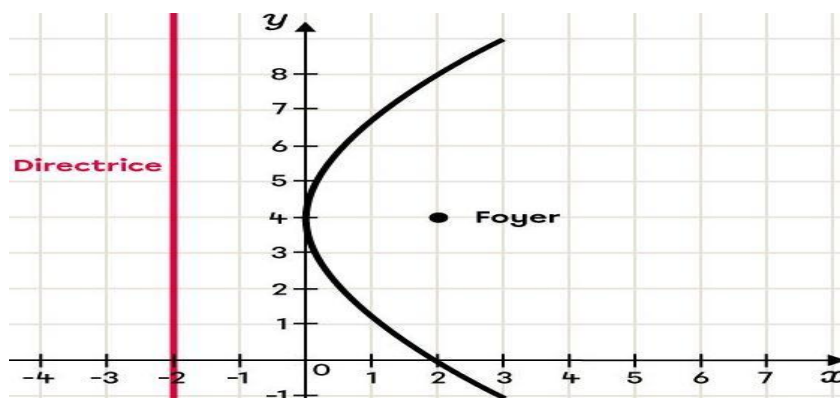


Fig. 3. 3 Géométrie Cylindro parabolique

3.2.2 Propriétés géométrique de la parabole

La parabole possède :

- ✓ Un foyer F
- ✓ Une directrice
- ✓ Un sommet V : est équidistant entre le foyer et la directrice
- ✓ Un axe de symétrie : est la droite perpendiculaire à la directrice de la parabole et qui passe par le foyer et le sommet.

La figure ci-dessous présente les propriétés géométrie de la parabole.

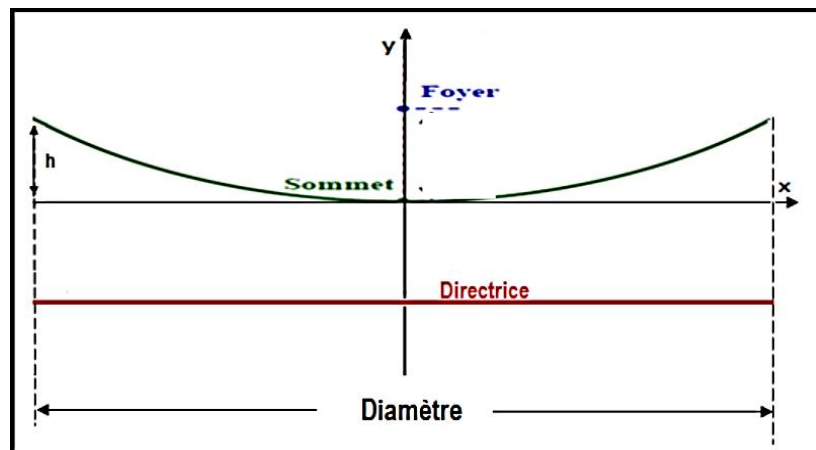


Fig. 3. 4 Propriétés géométrie de la parabole

3.2.3 Equation de Cylindro parabole

L'équation d'une parabole centrée à l'origine, c'est-à-dire l'origine (O) est prise au sommet V, et l'axe des abscisses le long de l'axe de la parabole comme se présente la figure 3.5

$$y^2 = 4 \cdot f \cdot x \quad (3.1)$$

Avec :

f : est la distance (noté FV dans la figure 3.5) entre le foyer et le sommet, dite distance focale.

On optique, généralement l'origine est décalée vers le foyer et le sommet est à la gauche de l'origine, l'équation devient :

$$y^2 = 4 \cdot f \cdot (x + f) \quad (3.2)$$

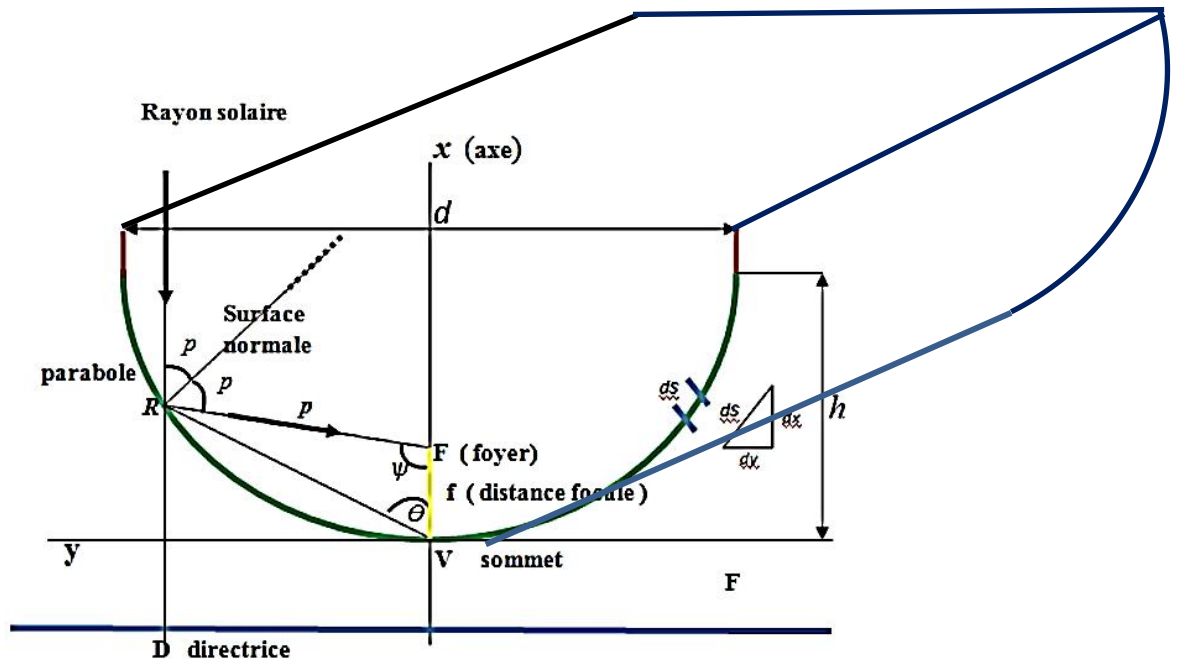


Fig. 3. 5 Caractéristique mathématique de la géométrie Cylindro parabolique

Dans les études solaires, il est plus utile de définir la courbe parabolique à l'aide de la distance focale (f) et en fonction de l'angle (ψ), tel que ψ est l'angle formée entre la distance focale (FV) et le rayon parabolique qui présente la distance (RF) dans la figure 3.5, donc :

$$p = \frac{2f}{1 + \cos \psi} \quad (3.3)$$

D'après la loi de Snell-Descartes, l'angle de réflexion égale à l'angle d'incidence, le rayonnement solaire est formé de rayons essentiellement parallèles de ce fait le rayonnement parallèle à l'axe de la parabole sera réfléchi vers un point unique (F) (foyer). La relation (3.4) est selon les caractéristiques géométriques de la figure 3.5.

$$\psi = 2p \quad (3.4)$$

3.2.4 Profondeur de la Cylindro parabole

La profondeur de la parabole s'obtient en calculant l'abscisse du point de l'ordonnée $y = \frac{d}{2}$ du point dans la relation (3.2), on trouve [3] :

$$P_f = \frac{d^2}{16 \cdot f} \quad (3.5)$$

Où :

d : Diamètre de la parabole

f : Distance focale

3.2.5 Surface de parabole

Bien que n'est pas la surface de la parabole qui compte, mais la surface de l'ombre qu'elle projetterait sur une surface plane perpendiculaire aux rayons de Soleil, c'est elle qui donne la puissance reçue du Soleil. On définit la surface de la parabole par l'espace inclus entre une parabole et une ligne à travers son ouverture, elle est indiquée par :

$$S = \frac{2}{3} \pi \sqrt{2f} [(2pf + 2f)^{\frac{3}{2}} - 2f^{\frac{3}{2}}] \quad (3.6)$$

Avec la surface de la section transversale de l'espace enfermé entre une parabole et une ligne à travers son ouverture est donnée par [5] :

$$A_x = \frac{2}{3} dh \quad (3.7)$$

3.2.6 Longueur d'une parabole

La longueur d'arc d'une parabole peut être trouvée en intégrant une surface différentielle de cette courbe, en appliquant les limites $X = P_f$ et $Y = d/2$, on trouve [4] :

$$\frac{d}{2} \sqrt{\frac{4pf}{d} + 1} + 2 \ln \left[\frac{4pf}{d} + \sqrt{\left[\frac{4pf}{d} \right]^2 + 1} \right] \quad (3.8)$$

3.2.7 Surface d'ouverture de la parabole

La surface d'ouverture d'une parabole est la surface du disque supérieur de la parabole elle se calcule par la formule suivante :

$$A_{par} = \pi \frac{d^2}{4} \quad (3.9)$$

3.2.8 Angle d'ouverture d'une parabole

L'angle d'ouverture d'une parabole est donné par la relation suivante :

$$\tan \psi = \frac{1}{\left(\frac{d}{8h}\right) - \left(\frac{2h}{d}\right)} \quad (3.10)$$

Avec : h est la hauteur de la parabole

On remarque qu'une parabole avec un petit angle d'ouverture est relativement plate et la distance focale est longue par rapport à son diamètre d'ouverture [6].

Les expressions générales données à ce jour pour la parabole définissent une courbe infiniment étendue. Les concentrateurs solaires utilisent une partie tronquée de cette courbe. L'ampleur de cette troncature est généralement défini en termes du rapport entre la distance focale (f) à diamètre d'ouverture (d) (f / d). L'échelle (taille) de la courbe est ensuite définie en fonction d'une dimension linéaire telle que le diamètre d'ouverture (d) ou la distance focale (f). Ceci est évident dans la figure 3.6, qui montre différentes paraboles limitées ayant un centre commun et le même diamètre d'ouverture.

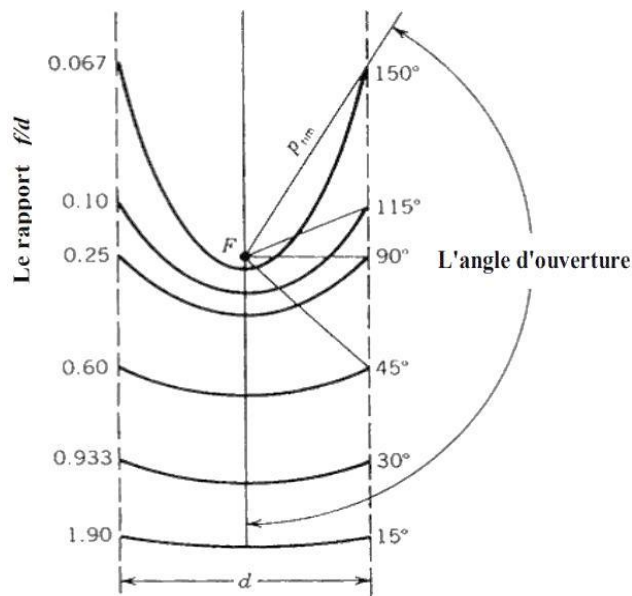


Fig. 3. 6 Section d'une parabole possédant un foyer commun F et le même diamètre d'ouverture [7]

3.3. Système optique d'une surface parabolique

D'après les lois de réflexion, tout rayon lumineux parallèle à l'axe de la parabole est réfléchi par la parabole suivant une droite passant par le foyer. Donc la parabole focalise tous les rayons réfléchis en un point appelé « foyer »

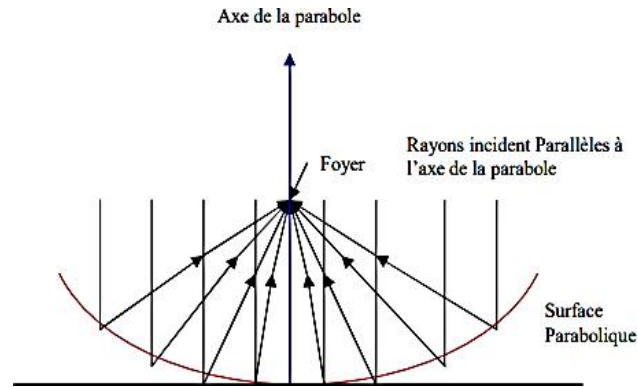


Fig. 3. 7 Système optique d'une surface Cylindro parabolique

3.4.Composants d'un concentrateur parabolique

Le concentrateur solaire parabolique en générale est composé des éléments présentés dans la figure 3.8 dont les composants les plus importants sans le réflecteur et le récepteur.

3.4.1 Réflecteur

Il faut utiliser un métal qui réfléchit le mieux les rayons du soleil. La réflexion d'un métal est caractérisée par son coefficient de réflexion, défini comme le rapport entre l'intensité réfléchie et l'intensité incidente.

Le coefficient de réflexion, noté ρ_{ref} , est un nombre adimensionnel comprise entre 0 et 1. Le coefficient de réflexion dépend de la longueur d'onde du rayon incident et de l'angle d'incidence. Lorsque l'angle incident augmente, le coefficient de réflexion augmente également. Lorsque l'angle d'incidence tant vers 90° , ρ_{ref} tant vers 1.

L'énergie solaire qui arrive sur Terre provient principalement des Ultraviolets (UV-A), de la lumière visible et des Infrarouges. Il faut donc choisir un métal qui est caractérisé par un coefficient de réflexion élevé pour des longueurs d'ondes comprises entre 280 et 1400 nm [

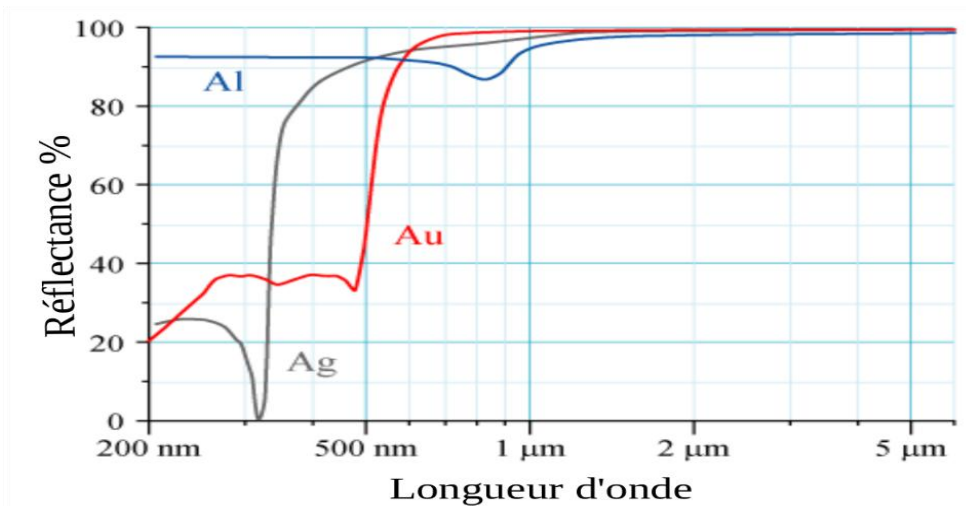


Fig. 3. 8 Variation du coefficient de réflexion d'aluminium, l'or et l'argent en fonction de la longueur d'onde

Grâce à cette figure, on peut remarquer qu'entre 100 et 500 nm, l'aluminium a le meilleur coefficient de réflexion (environ 92 %). Après 500 nm, l'or, l'argent ont un coefficient de réflexion plus élevé. Cependant, l'aluminium conserve un coefficient de réflexion avoisinant 0.9. En conclusion, l'aluminium est le meilleur métal du point de vue de la réflexion des rayons de longueurs d'onde comprises entre 100 et 1400 nm. Ce métal n'est de plus pas trop cher, contrairement à l'or ou à l'argent.

3.4.1.1 Dimensions du réflecteur (Parabole)

Deux paramètres doivent être choisis pour décrire entièrement un miroir parabolique : le diamètre et la distance focale. Il est évident que plus le diamètre de la parabole n'est grand, plus le flux solaire capté par la parabole est grand, et donc plus l'énergie concentrée au foyer sera importante.

Le seul élément qui limite l'augmentation de la parabole est d'ordre tout à fait pratique.

Une parabole trop grande est plus difficile à construire, coûte plus cher et pèse plus lourd. La distance focale ne peut pas être tellement plus grande, ceci encore pour des raisons techniques : la casserole étant placée sur le plan focal, il faut qu'elle ne soit pas trop placée en hauteur pour être accessible à l'utilisateur du four [9].

Dans notre travail nous avons décidé de récupérer des antennes paraboliques de TV pour en faire le concentrateur de notre cuiseur solaire. Cela constitue le vrai nœud du travail. Donner une seconde vie à la parabole de télévision usagée contribuera non seulement à un faible coût de revient du cuiseur mais à protéger l'environnement.

Il existe quatre types d'antennes paraboliques : les antennes avec source centrée, les antennes avec source décalée, les antennes Cassegrain et Grégorienne.

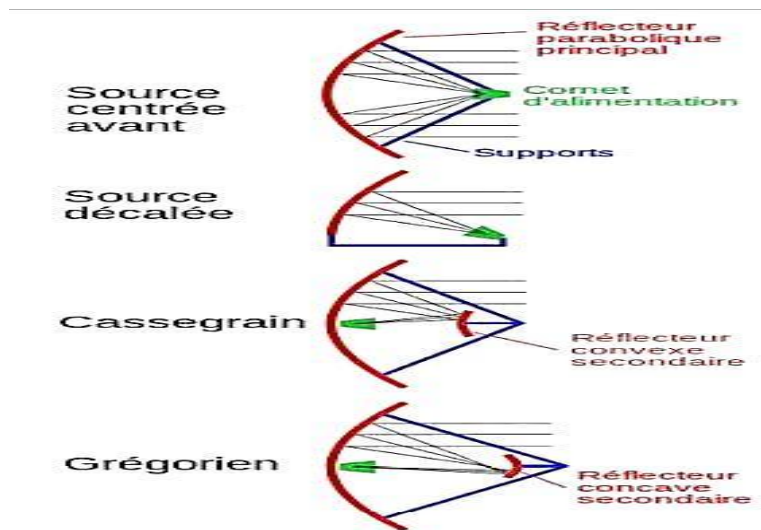


Fig. 3. 9 Différents types de montages de la source d'une antenne parabolique

Avec les antennes classiques de base le rendement tourne autour de 60~65 % mais peut atteindre 72 % sur du foyer décalé.

Avec les antennes Cassegrain et grégorienne, il est possible d'obtenir des rendements de l'ordre d'un peu plus de 80 % [10].

3.4.2 Récepteur

Le récepteur doit absorber autant de flux solaire concentré possible, et le convertir en énergie thermique. Cette chaleur est transférée dans un fluide dans le cas d'un cuiseur solaire qui possède un système de stockage d'énergie.

En fonction de leur surface de transfert, on classe les récepteurs solaires en 2 catégories :

- 1- Surface externe : Il y a plusieurs configurations possibles : plane, cylindrique, conique ou sphérique, dépendantes de la répartition, de l'intensité du flux, de la température et de l'application. Ce genre de récepteur s'applique généralement dans la gamme température de l'ordre 300-400°C maximum.
- 2- Surface interne ou cavité : Ce type de récepteur est bien adapté pour le cas où l'intensité du flux et la température de travail sont élevées. Le flux énergétique concentré entre dans le récepteur par l'ouverture dont la surface est généralement 5 à 10 fois inférieure à celle de la surface de transfert dans la cavité. C'est un moyen efficace pour augmenter le coefficient d'absorption et diminuer les pertes [11].

La surface du récepteur doit avoir les caractéristiques suivantes :

- Une bonne conductivité et diffusion thermique.
- Un facteur d'absorption aussi voisin que possible de l'unité.

Il est important que le récepteur soit métallique car seuls les métaux ont de bons coefficients de conduction de la chaleur (cuivre : 360 W/m. K, aluminium : 200 W/m. K, acier 60 W/m. K) [12].

Plus le coefficient de conduction est faible et plus l'absorbeur doit être épais, ce qui augmente le prix et l'inertie de l'absorbeur.

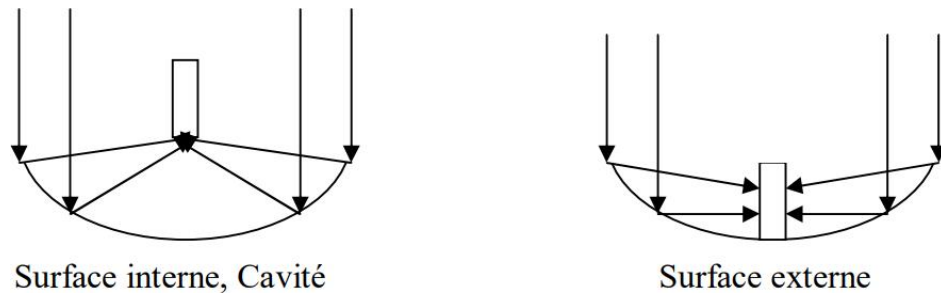


Fig. 3. 10 Catégories des récepteurs

Notre étude est concernée par des températures élevées, nous allons donc étudier un récepteur type cavité.

3.4.2 Dimension du récepteur

Quand l'angle d'ouverture d'une parabole est aligné vers le soleil, la réflexion des rayons forme une image circulaire dite tache solaire (fig. 3. 11) centrée au point focal sous forme d'ellipse.

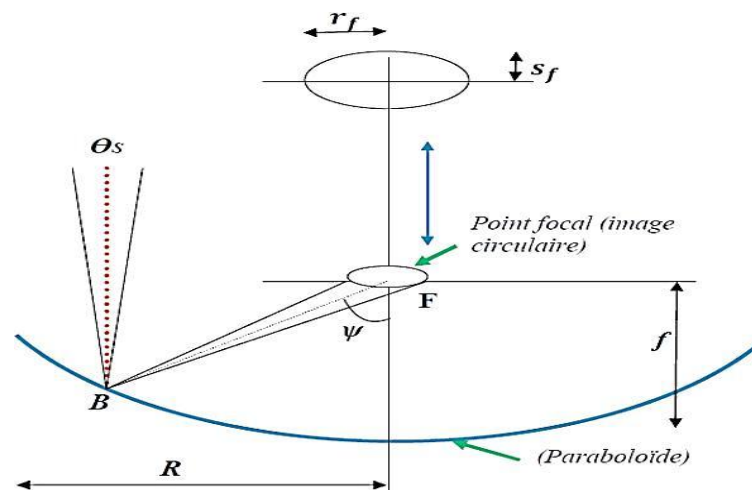


Fig. 3. 11 Tache solaire

3.5. Concentration

Ce paramètre indique la quantité de concentration d'énergie réalisée par un collecteur donné.

On distingue une concentration géométrique et une optique.

3.5.1 Concentration géométrique

C'est le rapport de la surface de l'ouverture de la S_{par} parabole à la surface éclairée du récepteur (surface de la base du cylindre) S_{base} .

$$C_g = \frac{S_{par}}{S_{base}} \quad (3.14)$$

Elle est donnée aussi par la relation [4] :

$$C_g = \left(\frac{\sin(\psi)}{\theta_s}\right)^2 \quad (3.15)$$

3.5.2 Concentration optique

Est égale au rapport de l'éclairement moyen sur la surface de l'absorbeur à l'éclairement de l'ouverture.

$$C_{op} = \frac{Q_{res}}{S_{dir}} \quad (3.16)$$

Qu'on peut l'écrire :

$$C_{op} = \left(\frac{2}{3} \sin \frac{\psi}{2}\right)^2 \quad (3.17)$$

Où :

Q_{res} : Flux reçu à l'ouverture du récepteur.

S_{dir} : Éclairement reçu à l'ouverture du réflecteur.

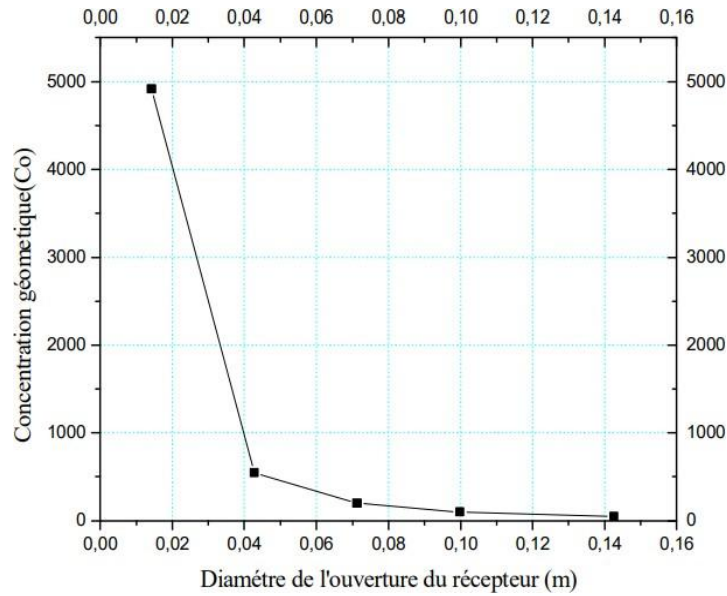


Fig. 3. 13 Concentration géométrique à différentes valeurs du diamètre du récepteur.

On remarque que l'optique peut délivrer des concentrations théoriques supérieures à 100000, ce qui est énorme. Dans la pratique on réalise des concentrateurs paraboliques dont les rapports réalisables de la concentration sont beaucoup plus petits, en tenant compte de la contribution des erreurs sur la qualité géométrique des surfaces, de l'erreur de poursuite du soleil et l'erreur de focalisation du récepteur, on peut obtenir des concentrations de l'ordre de 40000 m⁻² [16].

On définit la concentration d'un concentrateur parabolique par [12] :

$$C = \frac{4 \sin^2 \psi}{\theta_s^2} \quad (3.18)$$

La concentration maximum $C = 46250 \text{ m}^{-2}$ pour $\psi = 90^\circ$.

3.6. Bilan énergétique du concentrateur parabolique

3.6.1 Température de l'ouverture du récepteur

Pour calculer la température de l'ouverture du récepteur, nous supposons les hypothèses suivantes :

- Le récepteur sous forme cylindrique plein d'eau.
- La température du ciel égale à la température ambiante.
- La température est uniforme sur l'ouverture du récepteur.

Le bilan énergétique de la surface d'ouverture du récepteur est donné par la formule suivante [17] :

$$(m_{eau}c_{eau} + m_r c_r) \frac{dT}{dt} = \Phi_u \quad (3.19)$$

Tel que :

m_{eau} : Masse de l'eau.

m_r : Masse du récepteur.

c_{eau} : Chaleur massique d'eau.

c_r : Chaleur massique du récepteur.

Avec :

$$\Phi_u = \Phi_a - \Phi_p \quad (3.20)$$

Q_a : Puissance solaire absorbée par le récepteur.

Q_p : Puissance correspondant aux pertes thermiques.

3.6.2 Bilan énergétique de la marmite

3.6.2.1 Puissance absorbée par le récepteur

Soit le flux solaire arrive sur le cuiseur solaire en (W/m^2). L'antenne parabolique du four solaire capte une partie des rayons dont la puissance est donnée par le produit du flux et la surface de l'ouverture de parabole. Ces rayons sont réfléchit par le matériau utilisé sur la parabole, et pour un résultat plus précis il faut retrancher à la surface de parabole la surface de l'ouverture de récepteur (fond de marmite) qui ploque une faible partie des rayons.

Donc la puissance réfléchit sur le récepteur est donné par :

$$\Phi_r = r_p \cdot E \cdot S = r_p \cdot E \cdot \pi \cdot \left(\frac{d^2}{4}\right) \quad (3.21)$$

Tel que : $S = S_{par} - S_{rec}$

Avec :

Φ_r : La puissance qui arrive au récepteur.

E : Flux solaire arrivant sur la parabole.

r_p : Coefficient de réflexion. S_{par} : Surface de parabole. S_{rec} : Surface de récepteur.

d : Diamètre de parabole.

D'autre part, des calculs faits par « ZEGHIB ILHEM et al » donne l'énergie reçue à l'ouverture de parabole par : [15]

$$I_a = \int \frac{8 \cdot \pi \cdot I_b \cdot f^2 \cdot \sin(\psi)}{(1 + \cos(\psi))} d\psi \quad (3.22)$$

La marmite va ainsi absorbée une partie de l'énergie et voir sa température augmente. Donc il faut appel l'absorptivité du métal du récepteur et l'énergie absorbée devient :

$$\Phi_{abs_1} = a \cdot \Phi_r \quad (3.23)$$

a Avec est le coefficient d'absorptivité du métal de la marmite.

La marmite de cuiseur solaire capte aussi une certaine partie du rayonnement solaire, dont la puissance est le produit entre flux solaire et la surface de marmite. Il faut mieux de retrancher la surface de marmite qui ne reçoit aucun rayonnement solaire direct :

$$\Phi_{abs_2} = a \cdot E \cdot S \quad (3.24)$$

Donc Φ_a s'écrit comme suit :

$$\Phi_a = \Phi_{abs_1} + \Phi_{abs_2} \quad (3.25)$$

L'énergie absorbée par le récepteur peu donnée comme le produit entre le rendement optique de la parabole et la puissance reçue au niveau de la parabole.

$$\Phi_a = \eta_{op} \Phi_{reçu} \quad (3.26)$$

3.6.2.2 Puissance correspond aux pertes thermiques

La variation de la température de la marmite provoque un processus des pertes de chaleur, sont des pertes par convection, par conduction, par rayonnement et par évaporation d'eau si elle contient une grande quantité d'eau.

$$\Phi_p = \Phi_{cov} + \Phi_{con} + \Phi_{ray} + \Phi_{vap} \quad (3.27)$$

a- Pertes par convection

Ces pertes sont proportionnelles à la surface de l'absorbeur et la différence entre la température de récepteur et la température ambiante.

$$\Phi_{cov} = h_{cv} S (T_{rec} - T_{am}) \quad (3.28)$$

Il existe deux types de convection :

- Convection forcée

Le coefficient d'échange de chaleur est donné par :

$$h_{cv} = \frac{N_u \lambda_{air}}{d_{rec}} \quad (3.29)$$

N_u : Nombre de Nusselt donné par la corrélation suivante :

$$N_u = 0.664 R_e^{0.5} P_r^{0.33} \quad (3.30)$$

R_e : Nombre de Reynolds donné par la corrélation suivante :

$$R_e = \frac{v_{vent} d_{rec}}{\nu_{air}} \quad (3.31)$$

P_r : Nombre de Prandtl donné par la corrélation suivante :

$$P_r = \frac{\mu_{air} c_{p_{air}}}{\lambda_{air}} \quad (3.32)$$

Où

λ_{air} : Conductivité thermique de l'air.

d_{rec} : Diamètre de récepteur.

V_{vent} : vitesse du vent.

ϑ_{air} : viscosité cinématique de l'air.

μ_{air} : viscosité dynamique de l'air.

$c_{p_{air}}$: Chaleur spécifique de l'air.

- Convection naturelle

Il y aura également une perte de chaleur due à la convection naturelle entre lacasserole et l'air ambiant. Cette puissance perdue pouvait s'écrire :

$$\Phi_{cov} = h_{cov}S(T_{rec} + T_{am}) \quad (3.33)$$

b- Pertes par conduction

Les pertes par conduction sont liées à le matériel utilisé et données par la relation :

$$\Phi_{con} = KS(T_{rec} - T_{am}) \quad (3.34)$$

Les pertes par conduction sont généralement négligeables par rapport aux autres pertes.

c- Pertes par rayonnement

L'augmentation de la température de la marmite cause des pertes par rayonnement. Elle est donnée par la relation :

$$\Phi_{ray} = \varepsilon_{rec}\sigma S(T_{rec}^4 - T_{ciel}^4) \quad (3.35)$$

Où :

ε_{rec} : Facteur d'émissivité du récepteur.

σ : Constante Stefan-Boltzmann qui égal a $(5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4)$. T_{rec} :
Température de récepteur.

T_{ciel} : Température de ciel, celle ce calcule par la formule de Swinbank (1993) :

$$T_{ciel} = 0.0552 T_{am}^{1.5} \quad (3.36)$$

On pose : $h_{ray} = \varepsilon_{rec} \sigma (T_{rec}^4 + T_{ciel}^4) (T_{rec}^4 + T_{ciel}^4)$

On trouve $\Phi_{ray} = h_{ray} S (T_{rec} - T_{ciel})$

d- Pertes par évaporation d'eau

Les pertes par rayonnement sont négligeables tant que la quantité d'eau contientdans la marmite n'est importante.

$$\Phi_{vap} = mc_p \Delta T + mL_v \quad (3.37)$$

Avec L_v est la chaleur latente d'eau. Donc, le flux utile sera :

$$\Phi_u = (\Phi_{abs_1} + \Phi_{abs_2}) - (\Phi_{cov} + \Phi_{con} + \Phi_{ray} + \Phi_{vap}) \quad (3.38)$$

De cela on peut calculer la température d'ouverture de récepteur on intégrant l'équation (3.19) depuis t_0 à t on obtient l'expression de température [15] :

$$T_{rec}(t) = \frac{T_{am} + P_a}{K_{v,r}} - \left(\frac{P_a}{K_{v,r}} - (T_{rec}(t_0) + T_a) \right) e^{-\frac{K_{v,r} S (t-t_0)}{m \cdot c}} \quad (3.39)$$

Avec :

T_{am} : Température ambiante.

$$P_a = \eta_{op} \Phi_b C_g \begin{cases} \eta_{op} : \text{rendement optique} \\ \Phi_b : \text{puissance absorbée} \\ C_g : \text{concentration géométrique} \\ \text{en}(m^2) \end{cases}$$

$K_{v,r}$: Coefficient global des pertes donné par : $K_{v,r} = h_{cov} + h_{ray}$ Et on pose :

$$m \cdot c = m_{eau} c_{eau} + m_{rec} c_{rec}$$

3.7. Rendement d'un concentrateur

On distingue trois types de rendement sont définis par rapport au flux solaire incident de la manière suivante :

- Rendement global :

$$\eta_g = \frac{\Phi_u}{E \cdot S} \quad (3.40)$$

- Rendement interne :

$$\eta_i = \frac{\Phi_u}{\Phi_a} \quad (3.41)$$

- Rendement optique :

$$\eta_{op} = \frac{\Phi_a}{E \cdot S} \quad (3.42)$$

3.8. Conclusion

L'étude théorique d'un concentrateur parabolique nous permettons de calculer la température au niveau du récepteur, d'avoir les différents rendements de la parabole, ainsi que le flux solaire direct que reçoit le récepteur. Cette étude initialise à l'étude expérimentale et la réalisation du cuiseur solaire utilisant l'antenne parabole.

Référence

- [1] Alain Ferriere et Gilles Flamant IMP-CNRS, Centre du Four Solaire, BP5, 66125Font-Romeu, Juin 2012.
- [2] <https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/mathematiques/les-coniques-m1326#le-lieu-geometrique>.
- [3] Christian Jésus, Bayodé Payomi, Isaac TAPE, Conception et réalisation d'une antenne parabolique pour station terrienne de réception par satellite »mémoire de master, Université Ccheikh Anta Diop, Senegal, 1993.
- [4] Kherous Nabil, Hamzaoui Jugurtha, Etude et réalisation d'un concentrateur solaire parabolique, Université Mouloud Mammeri, Mémoire de Master Tizi-Ouzou, 2015.
- [5] D. dye, B. Wood, Non-imaging devices for uniform irradiation on Planar Surface For parabolic Concentrators, Semi-Annual Technical Progress Report, August 2002.
- [6] A. A. Sfeir, G. Guarracino, Ingénierie des systèmes solaires, application à l'habitat. Technique et Documentation, 1981.
- [7] M. Srinivasan, L. V. Kulkarni, A simple technique of fabrication of parabolicconcentrators. Solar energy, 1978, p. 463-465.
- [8] Pascal Kockaert et al, Projet de Deuxième Bachelier Elaboration et constructiond'un four solaire, Université Libre de Bruxelles, 2006-2007.
- [9] Ametepe Bienvenu, Etude, conception, réalisation, d'un cuiseur solaire domestique dans les conditions climatiques tropicales, Mémoire de Master en mécanique, Benin, soutenu le 9/05/2022.
- [10] https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Antenne_parabolique&oldid=1, consulté le 3/03/2023 à 14h 17mn.
- [11] Vudichai Neeranartvong, Etude d'un concentrateur solaire à simple

- réflexion. Thèse de Docteur-Ingénieur, Institut national polytechnique de Toulouse. juillet 1983.
- [12] Paul De Neyer, Energie solaire thermique, Guide des Energies Renouvelables, mai 2003.
- [13] H. Naito, Y. Kohsaka, D. Cooke, The development of solar receiver for high efficient thermionic/ thermoelectric conversion system. Encyclopedia of physical science et technology .1995.
- [14] A. Steinfeld et R. Palumbo, Solar thermochemical process technology. Encyclopedia of physical science et technology .vol.15.pp.237-256.2001.
- [15] Zeghib Ilhem, Etude et Réalisation d'un Concentrateur Solaire parabolique, Mémoire de Magister en physique énergétique, université Mentouri, Constantine, 2005.
- [16] D. Kedwards, L. Marlot, Capteurs Solaires, Edition S C M, Paris 1979.
- [17] N. Mehdi Bahadori, Design of solar autoclave. Solar Energy, Vol.18, p.489-496. Pergamon press, 1976.

Chapitre 4

Réalisation et fabrication du cuiser solaire parabolique

4.1.Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons les différentes étapes de réalisation du notre cuiseur solaire parabolique conçu conformément au modèle théorique étudié au chapitre précédent. Le cuiseur solaire est la solution la plus écologique. C'est un appareil qui permet de transformer les rayonnements lumineux émis par le soleil en chaleur. Notre expérience a été réalisée au niveau du laboratoire de physique des matériaux et ses applications de l'université Mohamed Boudiaf de M'sila. Le concentrateur été placé dans un terrain au niveau de domaine SM.

4.2.Description et réalisation des composantes du prototype

Les composantes de notre prototype (cuiseur solaire de type parabolique) sont :

- Réflecteur ;
- Support ;
- Récepteur ;
- Système de poursuite manuel ;

-
- 1: support ;
- 2: rayonnement solaire ;
- 3: foyer à double vitrage ;
- 4: casserole ;
- 5: corps noir ;
- 6: support ;
- 7: miroir ;
- 8: distance focale.

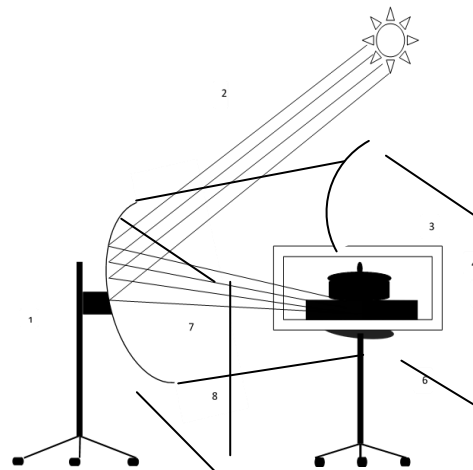


Fig. 4. 1. Schéma du prototype d'un cuiseur solaire parabolique

Réflecteur

La base de notre réflecteur est une antenne parabolique satellitaire, (ses caractéristiques sont présentées dans le tableau 4.1).

Tableau. 4.1 : caractéristique géométrique de la parabole

Diamètre	$d=1.05$ m
Taille	$h=0.08$ m
L'angle d'ouverture	$\Psi_p = 30.8^\circ$
Distance focale	$f= 0.95$ m
Surface d'ouverture	$A_a = 0.899$ m ²

La connaissance de ces dimensions nous aide à connaître la surface total de miroir qu'on va coller.

Après le découpage de miroir sous forme de petits carrés (5cm×5cm) on les a collés de façon à recouvrir toute la surface de la parabole (figure.4 .2).

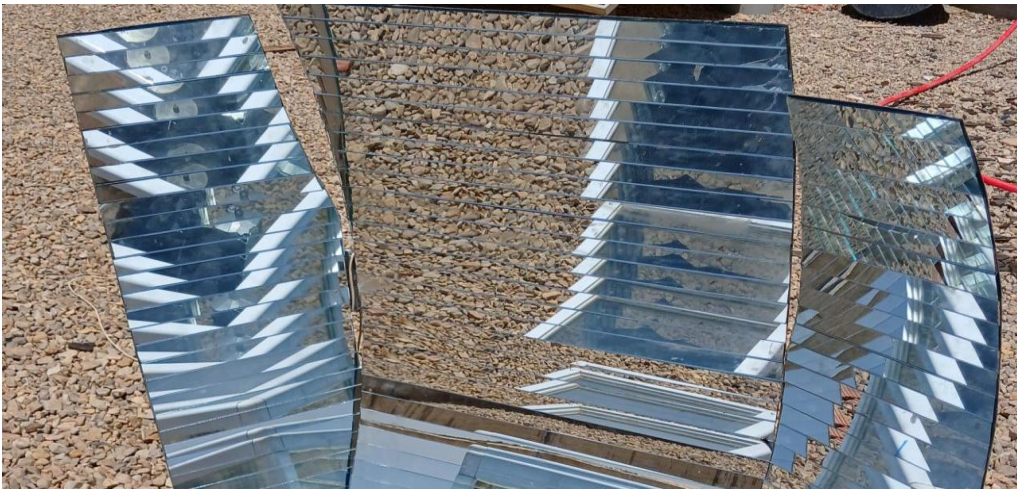


Fig. 4. 2. Réflecteur réalisé

Récepteur

Il est constitué d'un foyer de forme cubique à double vitrage comporte un corps noir à l'intérieur ; ou un four domestique (a la forme d'une micro-onde) de couleur noir, ce dernier est équipé par la laine de verre comme un système d'isolation figure 4.3.



Fig. 4 .3. Récepteur réalisé

Support

Le support est l'élément sur lequel repose notre dispositif, Il est réalisé en cornière soudés à l'arc électrique pour réduire le poids et faciliter la mobilité et le stockage figure. 4. 3.



fig. 4. 4. Support réalisé

Système de poursuite manuel

Le concentrateur parabolique nécessite un système de poursuite du mouvement du soleil pour atteindre le maximum de flux solaire. Pour le moment on va adopter un mécanisme de poursuite très simple se basant sur un (vérins et un axe rotatif) pour tourner le four solaire à la position du soleil à tout instant, et après on va adopter un dispositif d'orientation commandé à l'aide d'un programme informatique (intelligence artificielle).

4.3. Instrumentation de mesure

L'installation du cuiseur solaire est composée d'un ensemble d'instruments permettant de mettre en place un dispositif expérimental capable de suivre et d'analyser, en temps réel, l'évolution des variables énergétiques et thermiques : les variables énergétiques concernant les différents flux solaires, et celles thermiques concernant les températures des éléments du cuiseur solaire, la température ambiante, l'humidité relative à l'extérieur du cuiseur solaire, la vitesse et la direction du vent, etc.

Mesure de la température du cuiseur

Les relevés de température ont été mesurés par des capteurs de température à infrarouge de type « Raytek PM Plus » pour déterminer la température atteinte sur les surfaces du récepteur figure. 4. 5.

A l'aide d'une station météorologique de type Davis, les valeurs de rayonnement solaire, de vitesse du vent, de température extérieure et d'humidité sont obtenues pendant toute la durée de l'expérience. A l'aide d'un compteur solaire, les valeurs de rayonnement solaire sous le cuiseur solaire sont obtenues pendant toute la durée de l'expérience.



Fig. 4. 5. Capteurs de température à infrarouge

Mesure de la vitesse du vent

La station météo complète (figure 4. 6) de type Davis Instruments est l'appareil utilisé dans cette étude, dont la liaison entre les capteurs extérieurs (ISS) et la console se fait par ondes radio sur la fréquence 868.0 – 868.6 MHz avec une portée de 300 mètres au maximum. La console est équipée d'un large écran LCD rétro-éclairé, elle peut être fixée contre un mur ou posée sur une table ou une étagère. La console permet de visualiser les conditions météo en temps réel, les extrêmes (maxi et mini), les graphiques correspondant aux différentes variables. Il est également possible de régler des alarmes et de connecter la console sur un ordinateur (avec l'interface Weather Link non fournie).

L'ISS est très robuste et peut être installée sur un mât (tube) ou sur un poteau en bois. Une double sonde pour mesurer la température et l'humidité extérieure est placée dans un abri anti radiations (solaires) normalisé. Le pluviomètre est équipé d'un système à 2 augets basculants pour mesurer les précipitations. L'anémomètre - girouette peut être désolidarisé de l'ISS pour être installé sur un toit par exemple grâce à son câble de 12 mètres.

Cette station permet de mesurer :

- La température intérieure - Résolution 0,1°C.
- La température extérieure - Résolution 0,1°C.
- L'humidité intérieure – Résolution : 1%.
- L'humidité extérieure – Résolution : 1%.
- La pression atmosphérique - Résolution : 0,1 h Pa.
- L'indice de chaleur - Résolution 1°C.
- La vitesse du vent de 3 à 241 km/h - Résolution 1 km/h.
- La direction du vent - Résolution 1°.

Un kit classique pour la station, permet d'exploiter très finement les données collectées par les stations météo Vantage Pro2. Ce kit comprend un enregistreur de données (datalogger) qui fonctionne en mode connecté à un PC, et un logiciel d'exploitation Weather-Link. Il est possible de consulter en temps réel les données climatiques ou en mode non connecté.



Fig. 4. 6. Station météorologique de type Davis

4.4. Conditions expérimentales

Le fonctionnement parfait du cuiseur est lorsque le rayonnement solaire est parallèle à son axe. Nous avons choisi une période d'essais où notre dispositif soit dans un environnement à ciel clair, sans effet d'ombre. Notre expérience s'est déroulée durant deux jours différents, le 22/07/2024 et 25/06/2024, de 10 h 00 à 15h 30. Les tests ont été déroulé de la manière suivante :

Installation du concentrateur

Au début, le concentrateur sera pointé vers le soleil. Manuelle ou à l'aide d'un système de poursuite commandé, sera initialisé et dirigé sur la position du soleil depuis son lever. Les rayons du soleil seront reflétés au foyer du paraboloïde et formeront le segment solaire qui devrait apparaître sous le récepteur



Fig. 4. 7. Segment solaire

Vue générale du prototype du cuiseur solaire parabolique avant le début de l'expérience figure 4. 8. avec une teste de mesure de la température figure 4. 9.

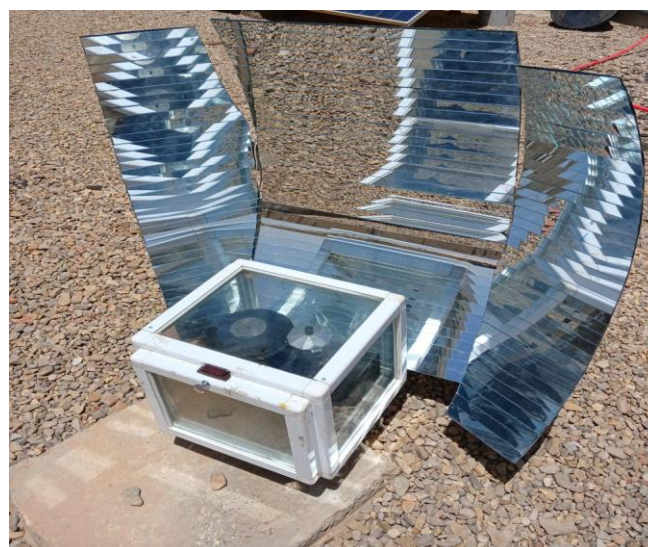


Fig. 4. 8. Vue générale du cuiseur réaliser

Problèmes rencontrés

- Le problème de relevé de la température intérieur parce que lorsque de l'ouverture de la porte pour la mesurer, elle varie rapidement sous l'influence de la vitesse de vent.
- Les conditions météorologiques n'étaient pas très favorables ces dernières semaines ce qui nous a empêché de faire plusieurs mesures aux différents jours.
- Dans les jours mal ensoleillés, le gradient de température (la différence entre la température ambiante et la température intérieur) était un peu considérable, ce qui mène à la rupture de verre non trempé.

Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté la réalisation de cuiseur solaire parabolique au cours de notre travail.

Avec ce cuiseur, nous avons atteint une température de 250°C et plus au foyer. Ce cuiseur est capable de préparer des plats alimentaires par jour (si la journée est bien ensoleillée). Ce cuiseur peut être intégré au mur d'une habitation orienté à l'aide d'un système de poursuite du soleil. Ce cuiseur a des températures élevées, une alimentation saine et plats succulents, non polluant et amis à la nature, et source d'énergie gratuite.

Malheureusement, les conditions météorologiques n'étaient pas très favorables ces dernières semaines ce qui ne nous a empêché de faire plusieurs mesures aux différentes heures de la journée. Dans le chapitre suivant, nous allons présenter les résultats obtenus de notre travail.

Chapitre 5

Résultats et discussion

5.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons étudier la température qui atteint la surface de l'absorbeur (foyer) durant les journées du 22/05/2024 et 25/6/2024 pendant un intervalle de temps s'étalant de 10h 00 à 17 h00.

A l'aide de la station métrologie et les instruments de mesures. On a mesuré dans les deux jours son fonction du temps les paramètres suivants:

- La température ambiante (T_{am}) en C°.
- L'éclairement global (E) en W/m²
- La vitesse du vent (V) en m/s

Résultats de ces deux jours ont été pris toutes un quart d'heure.

Les résultats ci-dessous représentent la variation de l'irradiation figure 5.1, la vitesse de vent figure 5.2, et 5.3 Variations de température ambiante au cours des deux journées.

Quand on compare les résultats de ces deux journées, on remarque qu'il y a une identification avec un petit décalage, due soit par l'effet de la température ambiante ou l'irradiation globale ou la vitesse du vent.

5.2. Evolution de l'éclairement solaire globale

La figure 5.1 montre la variation de l'éclairement solaire globale mesuré à l'aide de la station météo sur un concentrateur qui est orienté perpendiculaire au soleil (orienter le miroir dans la direction du soleil) durant une journée. Nous déterminons l'emplacement (position) du foyer en recherchant l'endroit où on aura un segment focal. On remarque que le rayonnement solaire reçue à l'ouverture de la cylindro-parabole est plus importante. Entre 10 h et 13 :00 h il y a une augmentation de l'irradiation, elle part généralement de 700W/m² pour atteindre à midi 980 à 1000 W/m² comme une valeur maximale. On peut conclure que l'efficacité de système pour suite est importante durant le chauffage.

Nous remarquons que l'irradiation est maximale à 13h : 00 min ensuite diminuée à cause de vitesse de vent qui fait diminuer le rendement du récepteur. Le rendement de l'absorbeur décroît d'une façon remarquable le soir car le récepteur cède une grande partie de la chaleur au milieu extérieur à cause de la grande différence entre la température du récepteur et la température ambiante.

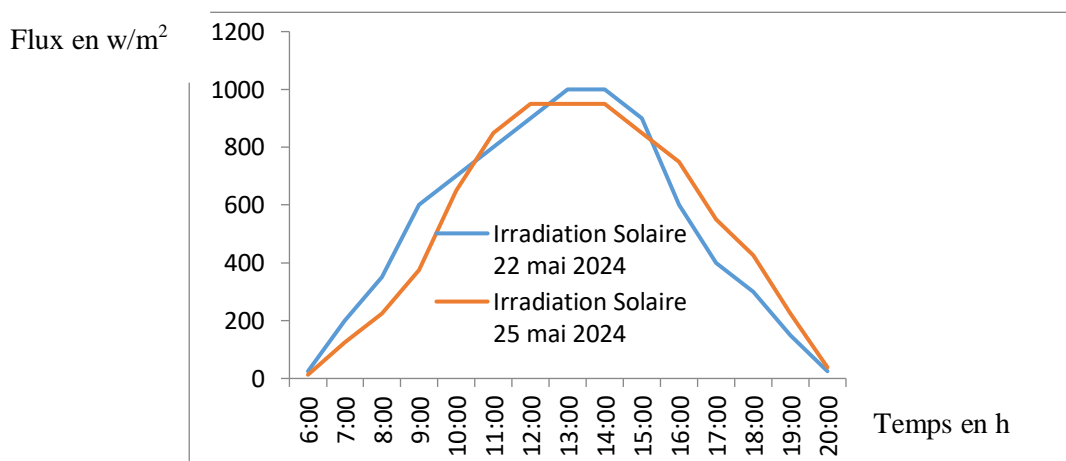


Fig.5.1 Variation de l'irradiation mesurée au cours des deux journées

5.3 la vitesse du vent

L'augmentation de la vitesse du vent augmente les pertes thermiques, car elle réduit la température externe du cuiseur solaire.

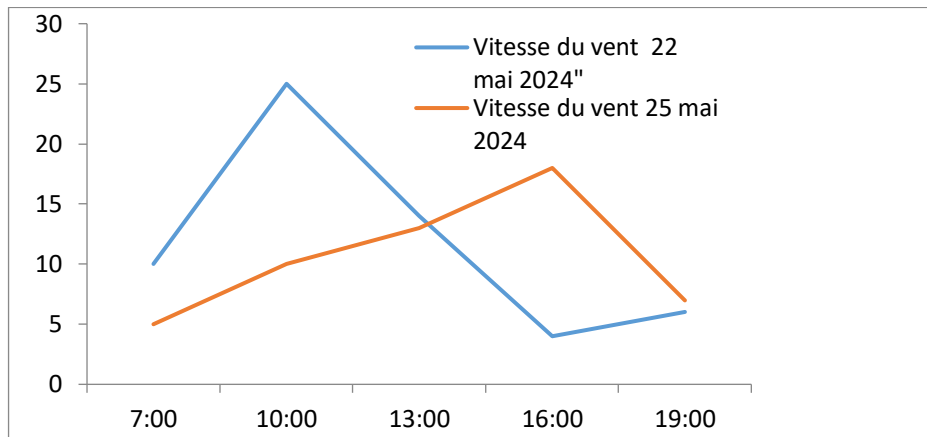


Fig. 5. 2Variation de la vitesse de vent au cours des deux journées

5.4 Evolution de température ambiante

La température ambiante extérieure évolue au cours des deux jours. Comme le montre la figure 5.3. Elle évolue au cours de la journée selon une tendance ascendante, atteignant son maximum à deux heures du soir, puis décroissant jusqu'en fin de journée.

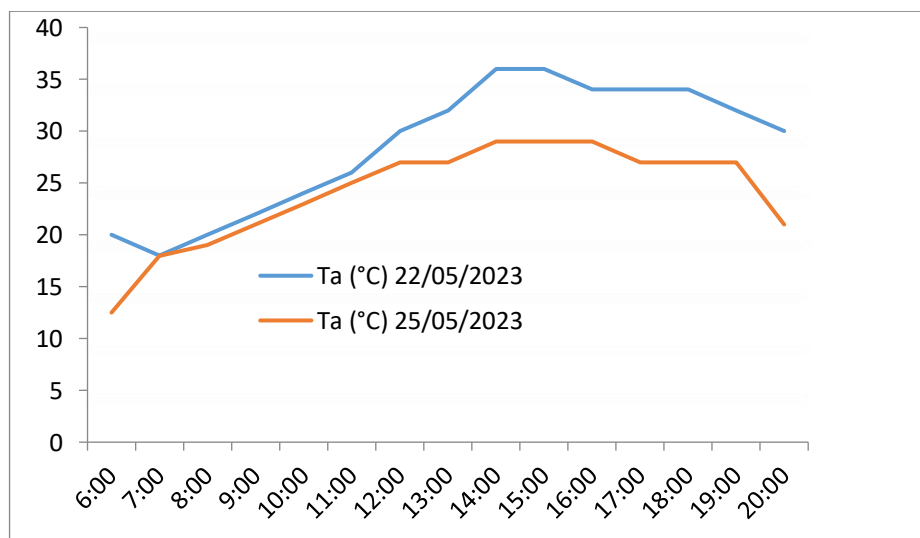


Fig. 5. 3Variations de température ambiante au cours des deux journées

Test du cuiseur préparation du café le 22/06/2024 et Pommes de terre et Poitrine de poulet le 25/05/2024.

On remarque que les températures des parois (internes et externes) montent rapidement dans un premier temps puis lentement après 13h00 de cuisson et se stabilisent au-dessus de 100°C.



Fig. 5. 4 Préparation du café





Fig. 5. 5 Pommes de terre et Poitrine de poulet

5.5. Améliorations possibles du cuiseur solaire fabriqué

Certaines modifications ou améliorations sont possibles pour réduire la durée de préparation des plats :

- Améliorer la forme de notre réflecteur afin qu'il approche davantage un paraboloïde. Avec les moyens dont nous disposons pour assurer la convergence des rayons;
- Un pot en fer plus grand capte le plus grand nombre de rayons et, par conséquent, d'énergie ;

5.6. Prix de revient du cuiseur

Afin d'avoir une idée du coût du cuiseur solaire proposé, nous avons estimé les dépenses associées aux différents composants. La somme de ces dépenses nous donne le coût total de la construction d'un tel cuiseur.

Tableau 5-1 Liste du matériel

Objet	Quantités	Matière	Dimension	Prixen DA
Cylindre en fer	1	Fer	-	3500
Verre	1.5 m ²	Verre	4mm	5000
Miroir	1.5 m ²	Miroir	4mm	5000
Bar defer	1	Fer	6 m	2000
Boîtier en verre	1	verre	2 m	8000
Casserole	1	Aluminium	D=20cm/ H=8 cm	500
			TOTAL	24000

5.7. Conclusion

Dans ce dernier chapitre on à faire l'analyse des résultats obtenus de notre cuiseur solaire parabolique. Nous avons montré avec ce cuiseur que la technologie solaire à concentration permet de transformer le rayonnement solaire en chaleur à un niveau de température élevé, avec un rendement élevé, et on a le teste par la préparation du café et Pommes de terre et Poitrine de poulet.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les cuiseurs solaires représentent une technologie simple mais puissante qui peut avoir des impacts positifs profonds sur l'environnement, l'économie et la société. En tirant parti d'une source d'énergie propre et inépuisable, ils offrent une solution durable pour les besoins de cuisson dans le monde entier. Les composants d'un cuiseur solaire travaillent ensemble pour capturer, concentrer et utiliser l'énergie solaire de manière efficace. Chacun de ces composants joue un rôle essentiel dans le fonctionnement global du cuiseur, permettant une cuisson écologique, économique et saine.

L'objectif de ce mémoire est d'utiliser l'énergie solaire pour des applications industrielles, telles que les cuisines solaires, par exemple sous forme de vapeur d'eau, ou pour réaliser des transformations ou des synthèses de matériaux, ou encore pour la transformer en vecteurs énergétiques.

Notre travail se concentre sur un cuiseur solaire parabolique à deux ailes mobiles, conçu pour suivre la direction des rayons du soleil. Basé sur le principe de la focalisation des rayons, ce dispositif réfléchit un faisceau parallèle de lumière solaire sur un miroir parabolique, concentrant ainsi les rayons dans une zone rectangulaire.

Ce qui distingue notre travail, c'est l'orientation des deux ailes situées sur les côtés. Avant midi, l'aile gauche est ouverte pour permettre aux rayons du soleil de passer à travers le cuiseur solaire, tandis que l'aile droite est inclinée pour augmenter la concentration de la lumière solaire. Cependant, après midi, cette configuration est inversée pour assurer une efficacité maximale.

Cette approche innovante garantit une utilisation optimale de l'énergie solaire tout au long de la journée, ce qui en fait un outil précieux pour la cuisson écologique et économique des aliments.

Avec cette cuisinière, nous avons atteint des températures très élevées. Les résultats obtenus suffisent à prouver les capacités de ce cuisinier, puisque nous avons préparé des plats savoureux. Les aliments ont conservé leur valeur nutritionnelle, comme observé dans les plats cuisinés avec ce cuiseur solaire. Par conséquent, il peut être intégré au mur de la maison pour réduire les coûts du gaz et maintenir la santé. Ce cuiseur solaire représente une source d'énergie gratuite et un préservateur de la santé.

Résumé

Dans ce mémoire, intitulé "Cuiseur solaire à l'aide d'une parabole cylindro-parabolique pour l'intégrer dans une cuisine domestique", nous examinons un nouveau cuiseur solaire équipé d'un concentrateur cylindro-parabolique. Ce concentrateur est construit à partir d'une parabole cylindro-parabolique avec deux côtés mobiles, dont la surface intérieure est recouverte de petits miroirs. Ce concentrateur utilise un design opto-géométrique qui permet d'orienter le rayonnement solaire entrant vers un foyer absorbant à double vitrage trempé, qui reste stable par rapport au concentrateur tout au long de son utilisation. Ce cuiseur peut cuisiner quotidiennement, à condition que la journée soit ensoleillée. Il est possible de le fixer à un mur de l'habitation et de le guider grâce à un dispositif de suivi solaire. Ce four atteint une température élevée, offre une alimentation saine et délicieuse, ne pollue pas et est écologique.

Mots clés : Rayonnement solaire, Concentrateur cylindro-parabolique, foyer absorbant, cuiseur solaire.

ملخص

في هذه المذكرة التي تحمل عنوان "طباخ شمسي باستخدام اسطوانة علي شكل اهليلجي لدمجه في المطبخ المنزلي"، قمنا بفحص طباخ شمسي جديد مزود بمكثف علي شكل اسطوانة اهليلجية ذات جانبيين متحركين. يتكون هذا المكثف من شكل أسطواني مكافئ، ويغطي سطحه الداخلي بمرايا صغيرة. يستخدم هذا المكثف تصميمًا هندسيًا بصريًا يسمح بتوجيه الإشعاع الشمسي الوارد نحو تركيز ماص مع زجاج مزدوج مقسى، والذي يظل ثابتًا بالنسبة للمكثف طوال فترة استخدامه. يمكن لهذا الطباخ الطهي يوميًا طالما كان اليوم مشمسًا. ومن الممكن تثبيته على جدار المنزل وتوجيهه باستخدام جهاز التتبع الشمسي. يتمتع هذا الفرن بدرجة حرارة عالية، ويوفر طعامًا صحيًا ولذيذًا، ولا يسبب التلوث وصديق للبيئة. الكلمات المفتاحية: الإشعاع الشمسي، المكثف الأسطواني القطعي، الموقد الماص، الطباخ الشمسي.

Summary

In this thesis, entitled "Solar Cooker Using a Parabolic Trough for Integration into a Domestic Kitchen," we examine a new solar cooker equipped with a parabolic trough concentrator. This concentrator is constructed from a parabolic cylinder with two movable sides, whose interior surface is covered with small mirrors. This concentrator uses an opto-geometric design which allows incoming solar radiation to be directed towards an absorbent focus with tempered double glazing, which remains stable in relation to the concentrator throughout its use. This cooker can cook daily, as long as the day is sunny. It is possible to attach it to a wall of the home and guide it using a solar tracking device. This oven reaches high temperatures, provides healthy and delicious food, does not pollute, and is environmentally friendly.

Keywords: Solar radiation, parabolic cylindrical concentrator, absorbent focus, solar cooker.

