

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



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE



Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Énergies renouvelables

Spécialité : Énergies renouvelables en mécanique

Thème

Etude d'un cuiseur solaire

Devant le jury composé de :

LAOUNI Abdeljalil

HAMDI Omar

AOUN Yacine

Président

Examineur

Encadreur

Présenté par :

- KHENNOUFA Ahmed Oussama

- LACHIBI Belgacem

2017-2018

Dédicace

Ce travail modeste est dédié :

A nos parents :

Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de nos études.

Aucune dédicace ne pourrait exprimer nos respects, nos considérations et nos profonds sentiments envers eux.

Nous prions le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de nous.

A nos frères.

A tous nos professeurs :

Leur générosité et leur soutien m'oblige de leurs témoigner nos profonds respects et nos loyale considération.

A tous nos amis et nos collègues

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, nous vous disons merci.

Remerciement

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

Nous avons également l'honneur de remercier l'Administration du Département de Mécanique et de l'encadreur Dr. AOUN Yacine d'avoir facilité le processus de sélection du mémoire, ainsi que de l'organisation et la bonne coordination.

Un grand merci est adressé aux examinateurs d'avoir accepté la lecture et l'évaluation de notre mémoire.

Finalement, nous remercions tous ceux qui ont participé à réaliser ce mémoire. On n'oublie pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience. Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible.

Merci à tous et à toutes.

LISTE DES FIGURES

Figure I-1 Les composants du rayonnement solaire.....	4
Figure I-2 Irradiation globale journalière reçue sur plan horizontal au mois de juillet [12].	6
Figure I-3 Vue d'une installation photovoltaïque [16].....	7
Figure I-4 Confort thermique dans un habitat (habitat passif) [17].	8
Figure I-5 Capteur cylindro-parabolique de la centrale de Nevada Solar One [22].	10
Figure I-6 Schéma de principe d'une centrale à tour [23].....	10
Figure I-7 Schéma de principe d'une centrale à tour [31].....	10
Figure I-8 Schéma de principe d'un concentrateur parabolique [31].	12
Figure I-9 Capteur parabolique avec moteur Stirling.	12
Figure II-1 Schéma de principe d'un cuiseur de type boîte [27].	14
Figure II-2 Schéma de principe d'un cuiseur parabolique [35].....	15
Figure II-3 La géométrie parabolique.....	16
Figure II-4 Section d'une parabole possédant un foyer commun F et le même diamètre d'ouverture d [44].	17
Figure III-1 Le réflecteur réalisé.	24
Figure III-2 Le récepteur réalisé.....	25
Figure III-3 Le support réalisé.	26
Figure III-4 Le système pour suite manuel.	26
Figure III-5 Le régulateur réalisé.	27
Figure III-6 Photo du site web.	27
Figure III-7 un thermomètre digital.....	28
Figure III-8 Photo du site web.	28
Figure III-9 L'emplacement du thermocouple.	29
Figure III-11 Résultats du test.....	30
Figure III-10 Vue générale du cuiseur réaliser	30

Figure IV-1 Température au foyer (sans régulateur).....	33
Figure IV-2 Température ambiante.	33
Figure IV-3 La vitesse du vent.....	34
Figure IV-4 Température en fonction des l'angles à 9:00 h.....	36
Figure IV-5 Température en fonction des l'angles à 9:30 h.....	36
Figure IV-6 Température en fonction des l'angles à 10:00 h.....	37
Figure IV-7 Température en fonction des l'angles à 10:30 h.....	37
Figure IV-8 Température en fonction des l'angles à 11:00 h.....	38
Figure IV-9 Température en fonction des l'angles à 11:30 h.....	38
Figure IV-10 Température en fonction des l'angles à 12:00 h.....	39
Figure IV-11 Température en fonction des l'angles à 12:30 h.....	39
Figure IV-12 Température en fonction des l'angles à 13:00 h.....	40
Figure IV-13 Température en fonction des l'angles à 13:30 h.....	40
Figure IV-15 La vitesse du vent le 06 Mai 2018 (de 8:29:04 à 13:59:10).	41
Figure IV-14 La température ambiante le 06 Mai 2018 (de 8:29:04 à 13:59:10).....	41
Figure IV-16 Irradiation solaire le 06 Mai 2018 (de 8:29:04 à 13:59:10).....	43
Figure IV-17 Préparation du Thé.	44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I-1 Potentiel solaire en Algérie.	5
Tableau III-1 Spécification du réflecteur.....	25
Tableau III-2 Spécification du récepteur	25
Tableau III-3 Spécification du régulateur	27
Tableau IV-1 Les mesures sans régulateur.	32
Tableau IV-2 Les mesures avec régulateur.....	35
Tableau IV-3 Irradiation solaire le 06 Mai 2018 (de 8:29:04 à 13:59:10).	42

Table des matières

Dédicace	i
Remerciement	ii
Table des matières	vi
Introduction générale	1
chapitre I : Généralités sur l'énergie solaire	
I.1. Introduction	3
I.2. Le soleil.....	3
I.3. Rayonnement solaire	3
I.3.1. Rayonnement direct	4
I.3.2. Rayonnement diffus	4
I.3.3. Rayonnement global	4
I.4. Gisement solaire en Algérie	5
I.5. Les avantages de l'énergie solaire	6
I.6. Les applications de l'énergie solaire	7
I.6.1. Le solaire photovoltaïque	7
I.6.2. Le solaire passif	7
I.6.3. Le solaire actif	8
I.7. Conclusion	13
chapitre II : Etude théorique d'un cuiseur solaire	
II.1. Introduction.....	14
II.2. Définition du cuiseur solaire	14
II.2.1. Les modèles des cuiseurs solaires	14
II.3. La géométrie parabolique	15
II.3.1. Définition	15

II.3.2. La taille d'une parabole	17
II.3.3. Longueur d'une parabole	18
II.3.4. Surface d'une parabole	18
II.3.5. L'angle d'ouverture d'une parabole	19
II.4. Les composantes d'un cuiseur solaire parabolique	19
II.4.1. Le réflecteur	19
II.4.2. Le récepteur.....	22
II.4.3. Le support	23
II.4.4. Le miroir	23
II.5. Conclusion	23
chapitre III :Réalisation d'un cuiseur solaire parabolique	
III.1. Introduction	24
III.2. Description et réalisation des composants du prototype	24
III.2.1. Le réflecteur.....	24
III.2.2. Le récepteur	25
III.2.3. Le support	26
III.2.4. Système de poursuite manuel :	26
III.2.5. Le régulateur	27
III.3. Instrumentations de mesure	27
III.3.1. Mesure de la température	27
III.3.2. Mesure de la vitesse du vent :	28
III.4. Conditions expérimentales	29
III.4.1. Réglage du cuiseur	29
III.4.2. Emplacement du thermocouple.....	29
III.4.3. Problèmes rencontrés	30
III.4.4. Conclusion	31

chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1. Introduction	32
IV.2. Evaluation de la température du foyer en fonction de vitesse du vent et le temps : ...	32
IV.2.1. Evaluation sans régulateur :	32
IV.2.2. Evaluation avec régulateur	35
IV.3. Conclusion.....	44
Conclusion générale	47
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	46

Introduction générale

Selon des études faites par certains instituts de recherche, la consommation en énergie des pays en voie de développement va connaître une augmentation très importante, surtout après la mondialisation du commerce et des échanges entre les états. Le dernier choc pétrolier et la catastrophe de la centrale nucléaire de Tchernobyl, ont beaucoup stimulé la recherche et le développement de nouvelles sources d'énergies renouvelables et particulièrement solaires.

Cette énergie peut être transformé en chaleur à basse température, par des capteurs plans, utilisant conjointement l'absorption par une surface sélective et l'effet de serre créé par le vitrage, ces capteurs ne permettent pas en général de dépasser la température de 100°C [1].

Pour travailler à température élevée, il faut accroître le flux optique incident qui pourrait être réalisé par concentration de rayonnement solaire. Cette opération est réalisée à l'aide de capteurs appelés concentrateurs solaires. Parmi ce type de concentrateurs, il y a les concentrateurs solaires paraboliques (paraboloïde de révolution) [2].

Ces systèmes comportent en général une surface réfléchissante sous forme parabolique destinée à concentrer l'énergie solaire sur une surface absorbante, ce qui permet d'avoir une forte augmentation de chaleur. L'avantage d'une telle méthode est de pouvoir atteindre des températures élevées bien adaptées pour le chauffage d'eau (production d'eau stérilisée [3] et de vapeur d'eau), pour les cuisines solaires [4] et production d'électricité par les moteurs Stirling [5].

La cuisson solaire est l'une des applications possibles de cette énergie. Le cuiseur solaire contribue à résoudre deux des problèmes majeurs dans le monde : l'aggravation du manque d'énergie pour la cuisson et le fléau des maladies liées à l'eau. La moitié de la population mondiale cuisine à l'aide du feu de bois et vit dans des régions favorables à l'exploitation de l'énergie solaire. Selon l'ONU, deux tiers de la population mondiale, c'est-à-dire deux milliards de personnes, souffrent du manque de bois [6]. Dans les zones menacées par la déforestation, les efforts de protection échouent quand les gens n'ont pas d'alternative à la cuisson au feu de bois. Chaque cuiseur solaire peut sauver une tonne de bois par an dans les régions ensoleillées mais arides [6], et peut donc à cet effet éviter le dégagement d'une grande quantité de gaz à effet de serre [8]. C'est pourquoi l'utilisation d'un cuiseur solaire peut s'avérer être la solution la plus écologique pour la cuisson des aliments. Un cuiseur solaire est une technologie qui peut fournir de la chaleur de façon naturelle et renouvelable, pour la cuisson, il utilise souvent la technique de concentration des rayons solaires et/ou le phénomène de l'effet de serre [8]. La

concentration du rayonnement solaire permet, pour une surface de capteur donnée, de diminuer la surface de réception effective et donc de minimiser l'influence des pertes thermiques du récepteur. Ainsi la température atteinte après transformation en chaleur est plus élevée que pour des dispositifs à capteurs sans concentration. Les principaux dispositifs optiques qui permettent de concentrer l'énergie solaire mettent en œuvre des surfaces réfléchissantes (miroirs). La forme géométrique qui donne la meilleure concentration est la parabole, les fours solaires sont des variantes de la parabole, à foyer fixe [8].

La cuisson solaire peut être classée en quatre catégories en fonction de la plage de température requise : cuisson (85 à 90 ° C), ébullition (100 à 130 ° C), friture (200 à 250 ° C) et cuisson au gril (plus de 300 ° C) [9].

Dans ce travail de fin d'étude nous avons réalisé un concentrateur solaire parabolique utilisé pour la cuisson.

Le problème rencontré est de fixer la température au niveau du foyer, pour cela nous avons dimensionné et fabriqué un nouveau système « régulateur de température » qui sera à réglé la température suivant notre besoin.

Ce mémoire comporte quatre chapitres :

Le premier chapitre nous l'avons réservé aux généralités sur l'énergie solaire.

Le deuxième chapitre est consacré à la théorie des cuiseurs solaire et avec plus de détails sur les cuiseurs paraboliques.

L'étude expérimentale sur le prototype est présentée au troisième chapitre.

Les résultats expérimentaux sont discutés dans le chapitre quatre.

Enfin, le mémoire est clôturé par une conclusion générale.

Chapitre I : Généralités sur l'énergie solaire

I.1. Introduction

Les énergies renouvelables sont des formes d'énergies inépuisables c'est à dire leur consommation ne diminue pas leur ressource à l'échelle humaine.

La plus ressource énergétique renouvelable abondant est l'énergie ce que produite dans toutes les directions par le soleil grâce au rayonnement solaire ou bien l'énergie solaire.

On va définir dans ce chapitre quelque grandeurs solaires et on va voir le gisement solaire en Algérie.

I.2. Le soleil

La plus proche étoile de la terre est le soleil, sa lumière nous atteint après 8 mn.

L'astre soleil est de constitution gazeuse, de forme sphérique de 14×10^5 km de diamètre, sa masse est de l'ordre de 2×10^{30} kg. Il est constitué principalement de 80% d'hydrogène, de 19% d'hélium, le 1% restant est un mélange de plus de 100 éléments Il est situé à une distance de la terre égale à environ 150 millions de km [2, 10].

Le soleil est une source d'énergie renouvelable qui émet des rayonnements électromagnétiques à un rythme relativement constant tout au long de l'année [11]. Le soleil émet de l'énergie à un taux équivalent à l'énergie provenant d'un four à une température d'environ 6.000 K.

Sa luminosité totale, c'est-à-dire la puissance qu'il émet sous forme de photons, est à peu près égale à 4×10^{26} w. Seule une partie est interceptée par la terre, elle est de l'ordre de $1,7 \times 10^{17}$ w. Elle nous parvient essentiellement sous forme d'ondes électromagnétiques ; 30% de cette puissance est réfléchi vers l'espace, 47% est absorbée et 23% est utilisée comme source d'énergie pour le cycle d'évaporation-précipitation de l'atmosphère [2, 10].

I.3. Rayonnement solaire

L'énergie reçue au niveau du sol est plus faible que 1354 w/m^2 (la constante solaire) car l'atmosphère absorbe une partie du rayonnement solaire (environ 15%) et la réémet dans toutes les directions sous forme de rayonnement diffus. L'atmosphère réfléchit une autre partie du rayonnement solaire vers l'espace (environ 6%). Le rayonnement global au niveau du sol se

définit donc comme la somme du rayonnement direct et du rayonnement diffus figure I-1. L'énergie reçue par une surface dépend en outre de la saison, de la latitude, des conditions météorologiques, du relief, de la pollution, de l'orientation de la surface considérée, etc.

I.3.1. Rayonnement direct

Le rayonnement direct est la lumière parvenant directement du soleil par ciel clair.

I.3.2. Rayonnement diffus

Le rayonnement diffus est le rayonnement émis par des obstacles (nuages, sol, bâtiments) et provient de toutes les directions. La part du rayonnement diffus n'est pas négligeable et peut atteindre 50% du rayonnement global (selon la situation géographique du lieu). Le rayonnement global sur la terre et sa part de rayonnement diffus varie au cours de l'année.

I.3.3. Rayonnement global

Le rayonnement global est la somme des rayonnements diffus et direct.

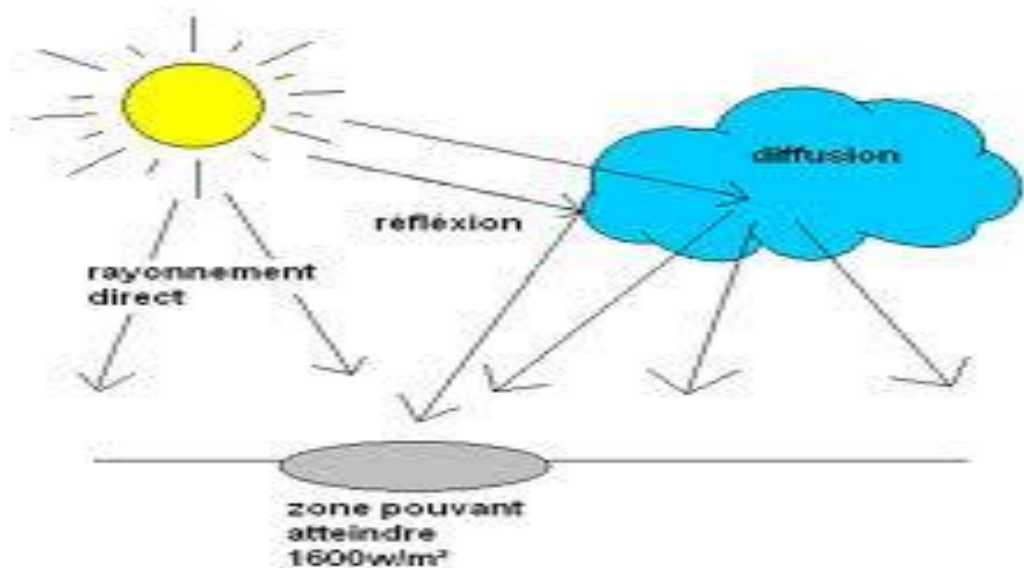


Figure I-1 Les composants du rayonnement solaire.

I.4. 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

L'ensoleillement reçu annuellement en Algérie par région climatique est donné dans le tableau : (Ministère de l'énergie et des Mines) :

Régions	région côtière	Haute plateaux	Sahara
Surface (%)	4	10	86
Durée d'ensoleillement moyenne (heure/année)	2650	3000	3500
DIN moyenne (KWh/m²/année)	1700	1900	2650

Tableau I-1 Potentiel solaire en Algérie.

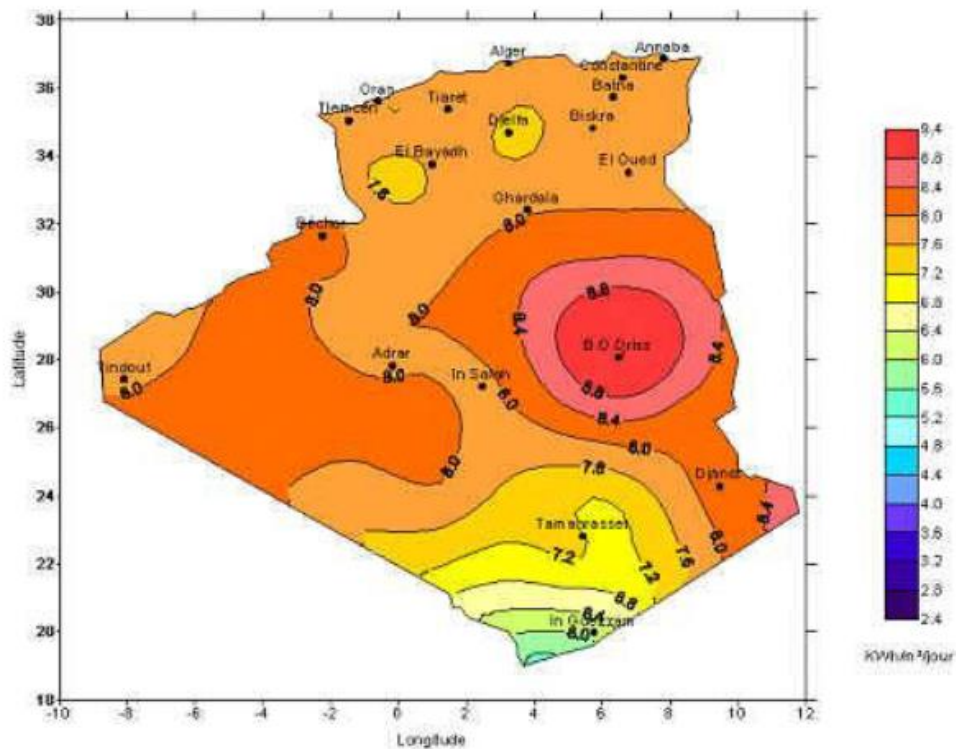


Figure I-2 Irradiation globale journalière reçue sur plan horizontal au mois de juillet [12].

I.5. Les avantages de l'énergie solaire

L'énergie solaire présente certains avantages non négligeables sur les autres sources énergétiques, elle est [13] :

- 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 [14].

I.6. Les applications de l'énergie solaire

I.6.1. Le solaire photovoltaïque

Le processus photovoltaïque ; Figure I-3, 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].



Figure I-3 Vue d'une installation photovoltaïque [16].

(Photo du Centre de Développement des Energies Renouvelables – CDER, Bouzaréah).

I.6.2. 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 I-4. La conception solaire passive aide aussi à conserver la fraîcheur en été.



Figure I-4 Confort thermique dans un habitat (habitat passif) [17].

(Photo de l'Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables – URAER, Ghardaïa).

I.6.3. 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].

I.6.3.1. Le solaire actif à basse température

A- Le séchage solaire

Par définition, le séchage est une technique de purification visant à débarrasser un mélange homogène ou hétérogène d'un constituant liquide. Sécher un produit consiste à apporter l'énergie nécessaire à la vaporisation de l'eau du produit (chaleur latente de vaporisation), puis à évacuer la vapeur formée. Le but d'une telle opération est, soit de rendre à une substance traitée ses qualités mécaniques ou physico-chimiques initiales, soit de faciliter son stockage et sa conservation.

B- Les chauffe-eau solaire [18]

Le principe d'un chauffe-eau solaire est simple, des panneaux solaires sont installés généralement en toiture, transforment la lumière du soleil en chaleur. Un circuit de plomberie permet de ramener cette chaleur dans un ballon, où l'eau chaude sanitaire est stockée en attendant d'être utilisée.

Durant la journée le soleil fait monter en température de l'eau du ballon. Lorsque le soleil est trop voilé une régulation arrête la circulation entre les panneaux et le ballon. L'eau chaude, protégée par l'isolation du ballon, reste disponible plusieurs jours pour les usages domestiques.

Une source d'énergie complémentaire permet de pallier les périodes de mauvais ensoleillement prolongé. Elle se déclenche lorsque la température de l'eau dans le ballon descend en dessous d'une température de consigne.

C- Distillation solaire

La distillation solaire est une technique qui utilise le rayonnement solaire pour chauffer de l'eau saumâtre dans un bac couvert par une vitre inclinée [19]. L'eau salée dans le bac va se chauffer (d'autant plus vite que le bassin est noir) et avec l'augmentation de température une partie de l'eau s'évapore et la vapeur d'eau se liquéfie sur la surface intérieure de la vitre transparente.

Éventuellement des gouttes d'eau vont se former, couler sur la surface de la vitre et tomber dans le récupérateur situé au coin. Il faut régulièrement nettoyer le bassin pour éliminer le sel.

I.6.3.2. Le solaire actif à haute température

Un capteur à concentration est un capteur solaire comportant un système optique (réflecteur, lentilles, ...) destiné à concentrer sur l'absorbeur le rayonnement reçu. Les technologies solaires à concentration permettent de transformer le rayonnement solaire en chaleur à un niveau de température situé entre 200 °C et 2000 °C, avec un rendement supérieur à 70 %. Cette chaleur primaire peut ensuite être utilisée dans des procédés industriels, par exemple sous forme de vapeur d'eau, ou pour effectuer des transformations ou des synthèses de matériaux, ou bien être convertie en vecteurs énergétiques comme l'électricité ou l'hydrogène [20]. Le temps de retour énergétique des installations solaires à concentration est de 5 mois et leur durée de vie est estimée entre 25 et 30 ans [20].

A- Les capteurs cylindro-paraboliques

Comme son nom l'indique, ce système utilise une série de longs réflecteurs cylindriques en forme de parabole Figure I-5. La parabole concentre la lumière sur un tube récepteur situé le long de la ligne focale du réflecteur. Les températures du récepteur peuvent atteindre ($400\text{ }^{\circ}\text{C}$) et peuvent produire de la vapeur afin de fournir de l'électricité [21].

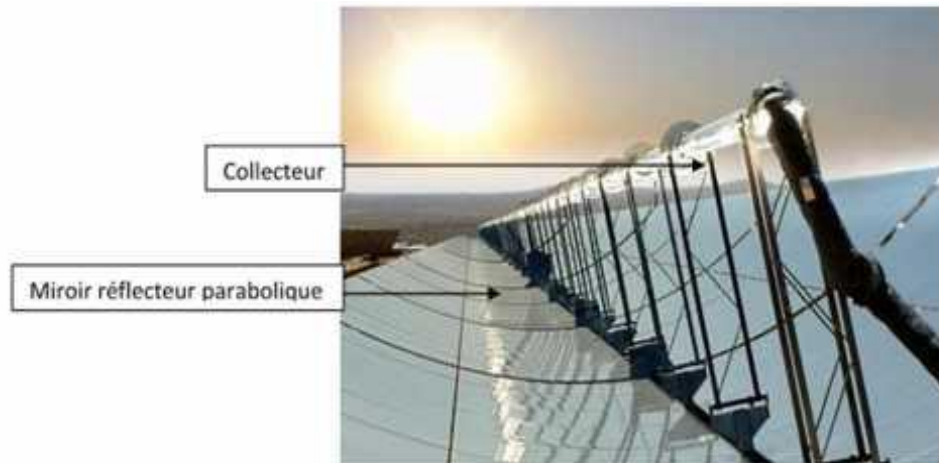


Figure I-5 Capteur cylindro-parabolique de la centrale de Nevada Solar One [22].

B- Les centrales à tour

Une centrale à tour Figure I-6, utilise un certain nombre de grands miroirs plats qui suivent le mouvement du soleil et qui concentrent la lumière sur un grand absorbeur situé au sommet d'une tour. Le système pompe un fluide, soit une huile synthétique à haute température ou du sel fondu, dans l'absorbeur où il est chauffé jusqu'à ($550\text{ }^{\circ}\text{C}$) et ensuite utilisé pour produire de l'électricité [21].

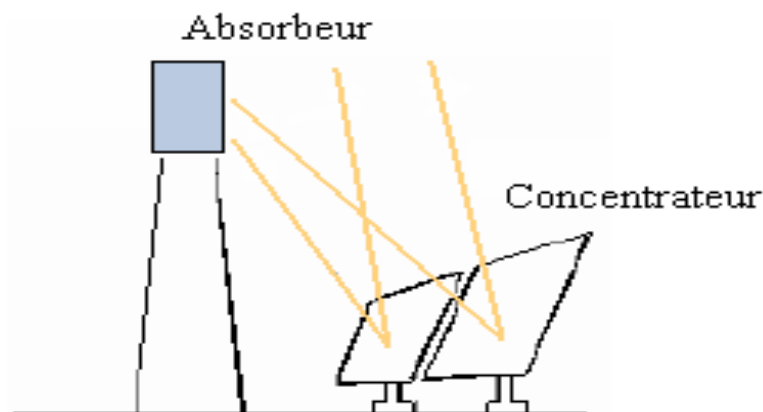


Figure I-6 Schéma de principe d'une centrale à tour [23].

C- Les systèmes à miroirs de Fresnel

La technologie des miroirs de Fresnel Figure I-7, utilise un premier étage de réflecteur installé sur le sol, le rayonnement est réfléchi au foyer de la parabole approximée par le jeu de miroirs. Un deuxième étage de réflecteurs redirige le rayonnement vers le tube récepteur, ce second étage de réflecteurs joue aussi le rôle d'isolant pour le tube récepteur. Cette technologie pourrait mener à une réduction des coûts de production de 50 % par rapport à aux réflecteur traditionnels [23].

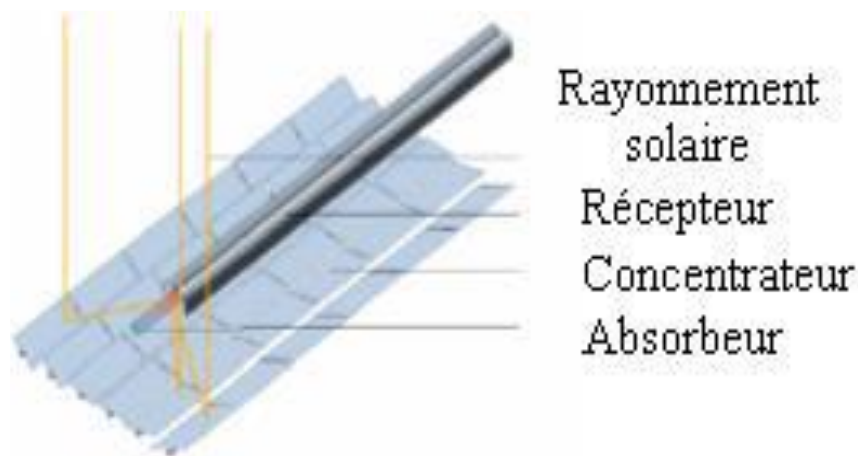


Figure I-7 Schéma de principe des miroirs de Fresnel [23].

D- Les systèmes à réflecteur parabolique

Ayant la même forme que les paraboles de réception satellite, les capteurs paraboliques fonctionnent d'une manière autonome. Il utilise des miroirs paraboliques pour concentrer le rayonnement solaire sur un récepteur situé au foyer du récepteur. Le récepteur contient un fluide qui, lorsque les rayons du soleil le frappent, atteint une température de 750 à 1000 °C. Ce fluide très chaud est ensuite utilisé pour produire de l'électricité dans un petit moteur fixé au récepteur [21], Figure I-8. Et on peut aussi l'utiliser pour la cuisson solaire.

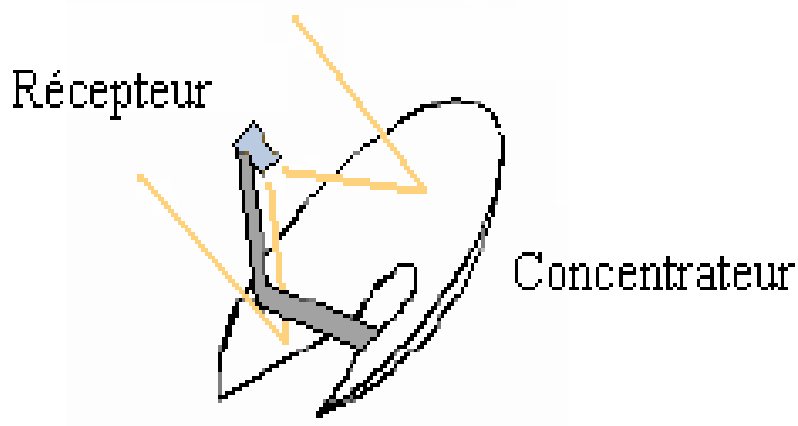


Figure I-8 Schéma de principe d'un concentrateur parabolique [23].

La production de l'électricité à partir de cette technologie :

Ils s'orientent automatiquement et suivent le soleil sur deux axes afin de réfléchir et de concentrer les rayons du soleil vers un point de convergence appelé foyer. Ce foyer est le récepteur du système. Il s'agit le plus souvent d'une enceinte fermée contenant du gaz qui est monté en température sous l'effet de la concentration. Cela entraîne un moteur Stirling qui convertit l'énergie solaire thermique en énergie mécanique puis en électricité, Figure I-9.



Figure I-9 Capteur parabolique avec moteur Stirling.

Un de leurs principaux avantages est la modularité : ils peuvent en effet être installés dans des endroits isolés, non raccordés au réseau électrique. Ils possèdent donc également un important potentiel de développement, particulièrement dans des régions peu peuplées de certains pays du sud.

Le système à réflecteur parabolique constitue de trois composantes principales sont :

- Le récepteur ;
- Le réflecteur ;
- Le système pour suite.

I.7. 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.

Chapitre II : Etude théorique d'un cuiseur solaire

II.1. Introduction

L'une des applications qu'on a vu dans le premier chapitre est le concentrateur parabolique et on peut l'utiliser comme un cuiseur ou four solaire ce dernier est un système de chauffage ou de cuisson fondé sur la capture du rayonnement solaire émis par le soleil, leur transformation en chaleur et de l'utiliser pour le chauffage [24].

On va faire dans ce chapitre une étude théorique sur le cuiseur solaire et les équations de la géométrie parabolique.

II.2. Définition du cuiseur solaire

Le cuiseur ou le four solaire est un système de chauffage ou de cuisson fondé sur la capture du rayonnement solaire émis par le soleil, leur transformation en chaleur et de l'utiliser pour le chauffage [24].

II.2.1. 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 [25]. 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 chaleur. Le système se rapproche de la cuisson au four à gaz et électrique, ainsi que de la cuisson à l'étouffée [26].

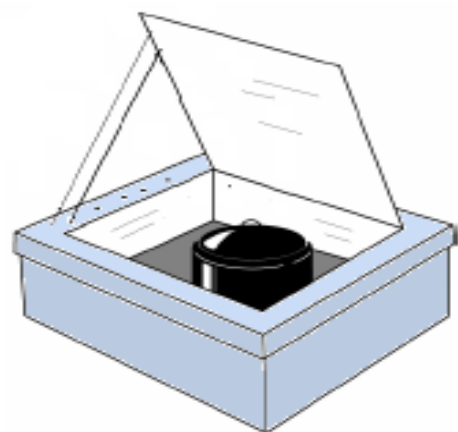


Figure 0-1 Schéma de principe d'un cuiseur de type boîte [27].

➤ -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 [25]. 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 [26].

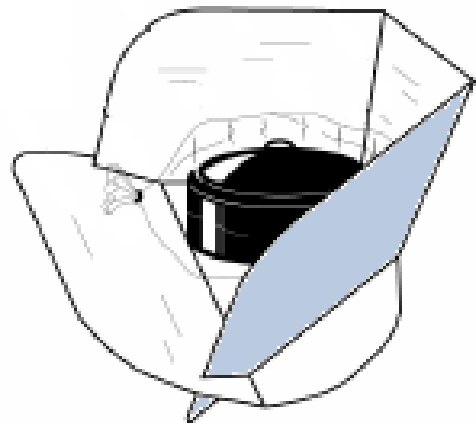


Figure 0-2 Schéma de principe d'un cuiseur à panneaux [27].

➤ -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 [25]. La puissance d'un cuiseur parabolique solaire est équivalente à celle d'une plaque électrique ou à gaz [26]. On trouve généralement deux types :

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

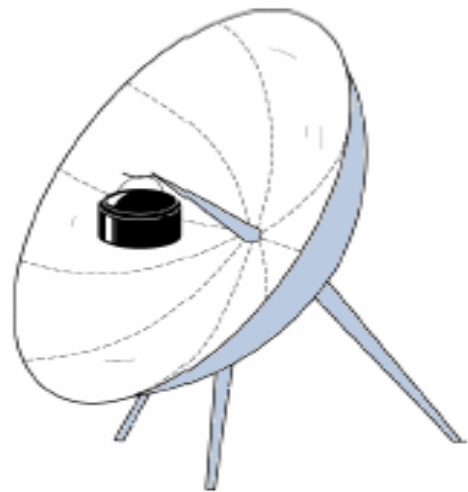


Figure 0-3 Schéma de principe d'un cuiseur parabolique [27].

II.3. La géométrie parabolique

II.3.1. Définition

Une parabole est le parcours ou un point qui se déplace de façon que ses distances d'une ligne fixe et un point fixe sont égaux. Ceci est illustré sur la figure II.4, où la ligne fixe est appelée la directrice et le point fixe (F) appelé foyer et que la longueur FR est égale à la longueur RD. La ligne perpendiculaire à la directrice et passant par le foyer F est appelé l'axe de la

parabole [4]. La parabole croise son axe à un point (V) appelé le sommet, qui est exactement intermédiaire entre le foyer et la directrice [5, 28].

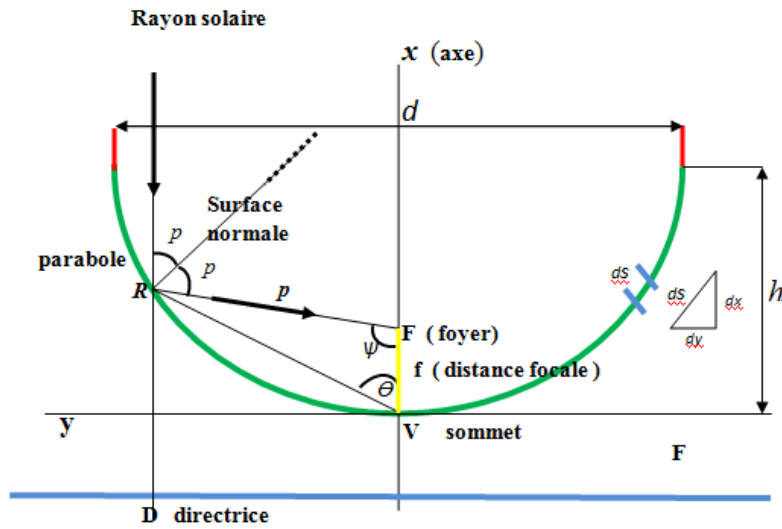


Figure II-4 La géométrie parabolique.

Si l'origine est prise au sommet (V) et l'axe des abscisses le long de l'axe de la parabole, l'équation de la parabole est [29] :

$$y^2 = 4 \cdot f \cdot x \quad (\text{II.1})$$

La distance focale (f), est la distance du sommet (V) au centre. Lorsque l'origine est décalée vers le foyer (F) comme on le fait souvent dans les études optiques et le sommet est à la gauche de l'origine, l'équation d'une parabole devient :

$$y^2 = 4f(x + f) \quad (\text{II.2})$$

Souvent, 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). L'angle (ψ) est mesuré à partir de la ligne (VF) et le rayon parabolique p qui représente la distance (RF) entre le foyer F et de la courbe de la parabole. Donc :

$$p = \frac{2f}{1 + \cos \psi} \quad (\text{II.3})$$

La forme parabolique est largement utilisée en tant que surface réfléchissante pour concentrer les rayons solaires. Le rayonnement solaire est formé de rayons essentiellement

parallèles, l'angle de réflexion égale à l'angle d'incidence d'après la loi de Snell, de ce fait le rayonnement parallèle à l'axe de la parabole sera réfléchi vers un point unique (F) (appelé foyer). La relation (II.4) est selon les caractéristiques géométriques de la figure II.4:

$$\psi = 2p \quad (\text{II.4})$$

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 définie 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 II.5, qui montre différentes paraboles limitées ayant un centre commun et le même diamètre d'ouverture.

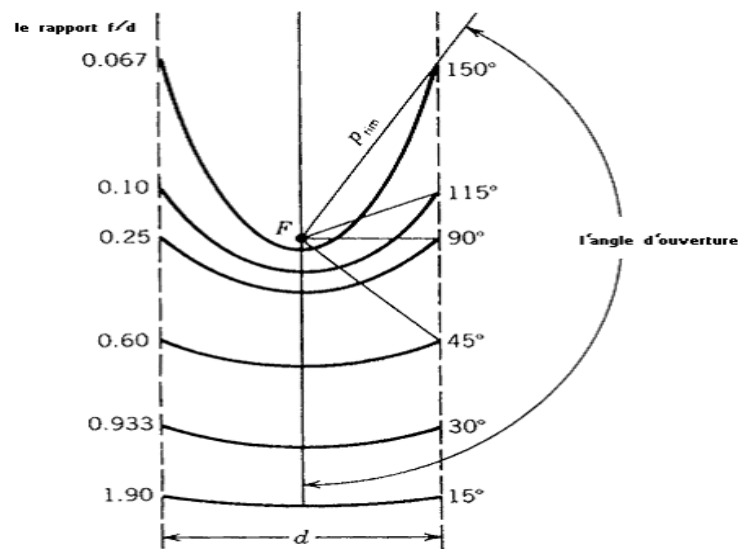


Figure 0-5 Section d'une parabole possédant un foyer commun F et le même diamètre d'ouverture d [30].

II.3.2. La taille d'une 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. Une fois qu'une partie déterminée de la courbe parabolique a été sélectionnée, la hauteur de cette courbe parabolique (h) peut être définie comme la distance maximale depuis le sommet jusqu'à une ligne tracée à

travers l'ouverture de la parabole. A propos de la distance focale et le diamètre de l'ouverture, la hauteur (h) de la parabole est [31] :

$$h = \frac{d^2}{2f} \quad (\text{II.5})$$

Ou (f) et (d) sont la distance focale et l'ouverture de la parabole.

D'une manière similaire, on peut décrire l'angle d'ouverture (ψ) en fonction des dimensions de la parabole :

$$\tan \psi_p = \frac{1}{(d/8h) - (2h/d)} \quad (\text{II.6})$$

II.3.3. Longueur d'une parabole

Une autre propriété de la parabole qui peut être utile dans la compréhension de la conception de concentrateur solaire est la longueur de l'arc S voir figure II.4. Cela peut être perçu pour une parabole particulière à partir de l'équation II.1, en intégrant un segment de différentiel de cette courbe avec les conditions limites $X = H$ et $Y = d / 2$, comme il est représenté sur la figure II.4. Le résultat donnant l'expression de S est [28] :

$$s = \left[\frac{d}{2} \sqrt{\left[\frac{4h}{d} \right]^2 + 2} \right] + 2f \ln \left[\frac{4h}{d} \sqrt{\left[\frac{4h}{d} \right]^2 + 1} \right] \quad (\text{II.7})$$

II.3.4. Surface d'une parabole

En prenant en considération que (d) est la distance à travers l'ouverture de la parabole, comme illustré sur la figure II.4 et (h) est la distance entre le sommet et l'ouverture.

La surface de la section transversale de l'espace enfermé entre une parabole et une ligne à travers son ouverture est donnée par [30,32] :

$$A_x = \frac{2}{3} d \cdot h \quad (\text{II.8})$$

II.3.5. L'angle d'ouverture d'une parabole

Dans l'évaluation de la géométrie parabolique et les dérivations optiques connexes, le lecteur occasionnel devient souvent confondu avec les nombreuses formes utilisées pour représenter la géométrie d'une forme parabolique particulière. Les équivalences suivantes sont données pour la commodité du lecteur :

$$\tan \psi_p = \frac{(f/d)}{2(f/d)^2 - \frac{1}{8}} \quad (\text{II.9})$$

f : Distance focale.

d : Diamètre de l'ouverture de la parabole.

II.4. Les composantes d'un cuiseur solaire parabolique

Le four solaire est composé des éléments suivants :

1. Réflecteur ;
2. Récepteur ;
3. Support ;
4. Le miroir.

II.4.1. Le réflecteur

La surface formée par la rotation d'une courbe parabolique autour de son axe est appelée un paraboloïde de révolution. Les concentrateurs solaires ayant une surface réfléchissante et sont souvent appelés concentrateurs paraboliques. L'équation pour le paraboloïde de révolution comme représentée sur la figure II-6 en coordonnées rectangulaires utilisant l'axe z en tant qu'axe de symétrie, est [33] :

$$X^2 + Y^2 = 4fZ \quad (\text{II.10})$$

En coordonnées cylindriques, l'équation devient comme suit [34] :

$$Z = \frac{a^2}{4f} \quad (\text{II.11})$$

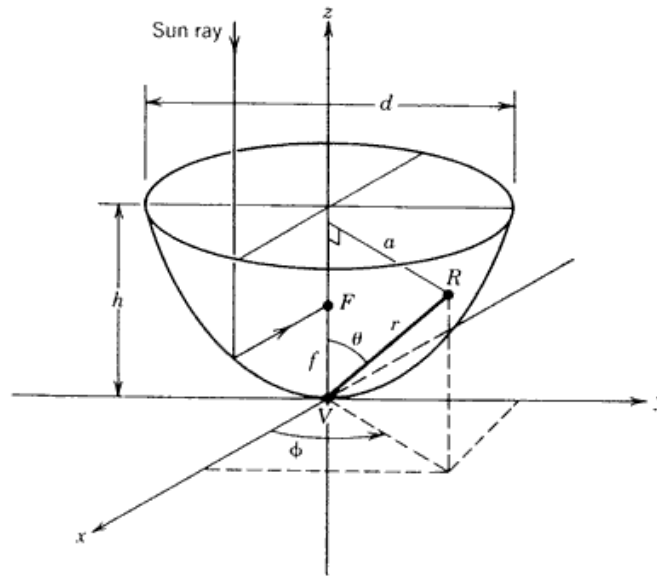


Figure 0-6 Paraboloïde de révolution.

En coordonnées sphériques, l'équation du paraboloïde de révolution dont le sommet est à l'origine (V) et (r), et définissant la position du point (R) sur le paraboloïde, est :

$$\frac{\sin^2 \theta}{\cos^2 \theta} = \frac{4f}{r} \quad (\text{II.12})$$

θ : Angle d'incidence

La surface du paraboloïde peut être trouvée en intégrant l'équation (II.11) en respectant les limites appropriées. Nous pouvons définir une bande à surface différentielle circulaire sur le paraboloïde comme le montre la figure II.7, et tel que l'élément de surface dA_s est définit:

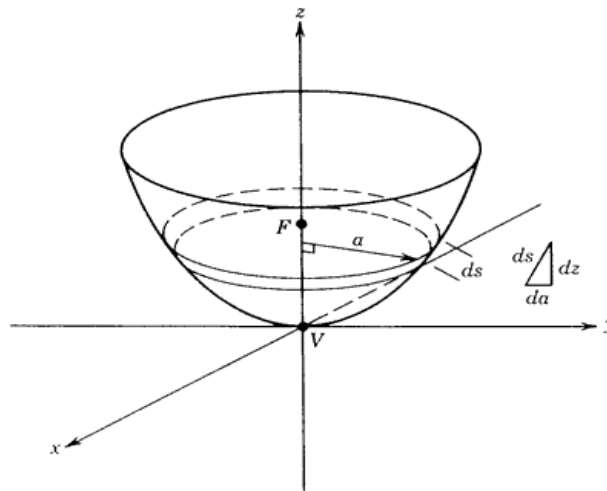


Figure 0-7 Elément différentiel de surface parabolique.

$$dA_s = 2\pi a \sqrt{dz^2 + da^2} \quad (\text{II.13})$$

Notons que l'élément différentiel de l'arc ds est calculé en fonction de la hauteur dz et de la distance radiale da . Trouver la dérivée de z à l'aide de l'équation (II.11), nous exprimons la bande de zone de différentiel comme suivant :

$$dA_s = 2\pi a \sqrt{\left(\frac{a}{2f}\right)^2 + 1} da \quad (\text{II.14})$$

La surface totale A_s d'un paraboloïde ayant une distance focale f et un diamètre d'ouverture d peut être trouvée en intégrant l'équation (II.14).

$$A_s = \int_0^{d/2} dA_s = \left\{ \left[\left(\frac{d}{4f} \right)^2 + 1 \right]^{3/2} - 1 \right\} \quad (\text{II.15})$$

La zone d'ouverture du concentrateur qui est le plus important pour le concepteur solaire en vue de prédire la performance du concentrateur solaire, c'est simplement la zone circulaire (A_a) définie par le diamètre d'ouverture (d), et donnée par :

$$A_a = \frac{\pi d^2}{4} \quad (\text{II.16})$$

Une équation pour la zone d'ouverture peut également être exprimée en fonction de la distance focale et l'angle d'ouverture. En utilisant l'équation (II.3), qui est la forme polaire d'équation d'une parabole, nous trouvons :

$$A_a = \frac{\pi}{4} (2\pi \sin \psi_p)^2 \quad (\text{II.17})$$

$$A_a = 4\pi f^2 \frac{\sin^2 \psi_p}{(1 + \cos \psi_p)^2} \quad (\text{II.18})$$

Ψ_p : Angle d'ouverture de la parabole

f : Distance focale

II.4.2. Le récepteur

Le récepteur solaire converti le rayonnement solaire concentré en chaleur utilisable.

Le récepteur est le composant le plus chaud du système de four solaire. L'efficacité du récepteur solaire traduit son aptitude à transférer le maximum de puissance radiative incidente au plaque chauffante à la température de travail en supportant des pertes thermiques minimales.

L'élément actif du récepteur est la plaque chauffante [35].

La surface du récepteur doit avoir les caractéristiques suivantes [36] :

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

II.4.2.1. Dimensionnement du récepteur

Un faisceau solaire conique, réfléchi d'un point (B) sur le miroir des formes paraboliques, une image elliptique sur un plan focal, comme le montre la figure II.8. Dans cette figure, (F) et (f) représentent respectivement le point focal et la distance focale, et est le demi-angle sous-tendu par le soleil. Le petit rayon s_f et le grand rayon r_f de l'ellipse sont calculés comme suit [37, 38] :

$$s_f = \frac{f \theta_s}{(1 + \cos \psi)} \quad (\text{II.19})$$

$$r_f = \frac{f \theta_s}{(1 + \cos \psi) \cos \psi} \quad (\text{II.20})$$

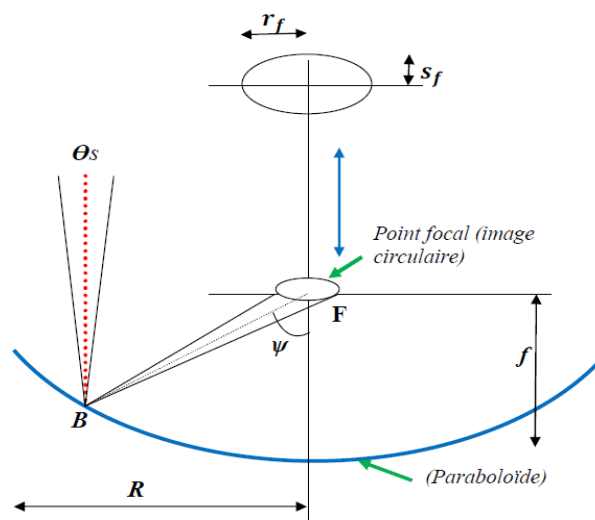


Figure 0-8 L'image ellipse.

II.4.3. Le support

C'est un élément qui tient les composants permet au cuiseur de tourner pour suivre le soleil pendant qu'il se déplace dans le ciel et permettant d'installer son panneau à l'endroit le plus favorable.

II.4.4. Le miroir

Trois types de surfaces réfléchissantes ont été utilisés pour des fours solaires :

- La première possibilité, la plus classique, consiste en un dépôt d'argent ou d'aluminium à l'arrière d'une plaque de verre, c'est le concept des miroirs domestiques traditionnels. L'amélioration pour l'utilisation de ce type de miroir pour un concentrateur parabolique se situe sur l'épaisseur de la plaque de verre. Celle-ci est en effet inférieure au mm augmentant ainsi la réflectivité du miroir et permettant de les courber pour obtenir la forme parabolique désirée. Ce type de surface peut atteindre une réflectivité de l'ordre de 95 % [37].

- La seconde est basée sur le même principe mais on remplace la plaque de verre par un film plastique, plus flexible et moins cher. Cependant les propriétés mécaniques et optiques de ces films se dégradent sous l'effet des ultraviolets.

- La troisième possibilité consiste en des feuilles d'aluminium polies. Ces feuilles peuvent être de grandes tailles et sont peu chères mais ont une faible réflectivité (85%) et une faible longévité.

II.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la partie théorique du cuiseur solaire en se basant sur le cuiseur solaire parabolique.

En premier lieu, nous avons commencé par les type des cuiseurs solaires. Après, nous avons parlé sur les composant d'un cuiseur solaire parabolique avec ces équations.

Chapitre III :Réalisation d'un cuisseur solaire parabolique

III.1. Introduction

A ce jour, le cuiseur solaire est l'un des solutions la plus écologique. C'est un appareil permet de transformer les rayonnements lumineux émis par le soleil en chaleur.

Dans ce chapitre, nous présentons les différentes étapes de réalisation du notre cuiseur solaire parabolique.

III.2. Description et réalisation des composants du prototype

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

- ❖ Réflecteur ;
- ❖ Support ;
- ❖ Récepteur ;
- ❖ Système poursuite manuel ;
- ❖ Le régulateur de température.

III.2.1. Le réflecteur

Il est constitué d'une parabole du récepteur satellitaire couverte par de petits miroirs qui couvre la surface intérieure du réflecteur. Les miroirs devraient avoir leurs côtés brillant face au soleil. La parabole est reposée sur un support rigide, attachée au sol figure III.1.



Figure III-1 Le réflecteur réalisé.

Les caractéristiques géométriques du réflecteur, tableau III-1 :

Diamètre	$d = 1.05 \text{ m}$
Taille	$h = 0.08 \text{ m}$
L'angle d'ouverture	$\psi_p = 30.80^\circ$
Distance focale	$f = 0.894 \text{ m}$
Surface d'ouverture	$A_a = 0899 \text{ m}^2$

Tableau III-1 Spécification du réflecteur.

III.2.2. Le récepteur

Il est constitué d'un métal sous forme rond permet de placer la casserole ou outil qui on va l'utiliser pour la cuisson figure III.2.



Figure III-2 Le récepteur réalisé.

Les caractéristiques du récepteur, tableau III-2 :

Diamètre intérieure	$d_{int} = 0.14 \text{ m}$
Diamètre extérieure	$d_{ext} = 0.23 \text{ m}$

Tableau III-2 Spécification du récepteur

III.2.3. Le support

Le support est un élément qui porte le dispositif. Il est réalisé en cornière soudés à l'arc électrique pour réduire le poids et faciliter la mobilité et le stockage.

La figure III-3, montre des images réelles du support conçu.



Figure III-3 Le support réalisé.

III.2.4. Système de poursuite manuel :

Le concentrateur parabolique nécessite un système de poursuite du mouvement du soleil pour atteindre le maximum de flux solaire. Nous avons adopté 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. Figure III-4.



Figure III-4 Le système pour suite manuel.

III.2.5. Le régulateur

Est un outil qui permet de régler la température au foyer avec l'angle que nous choisissons figure III-5

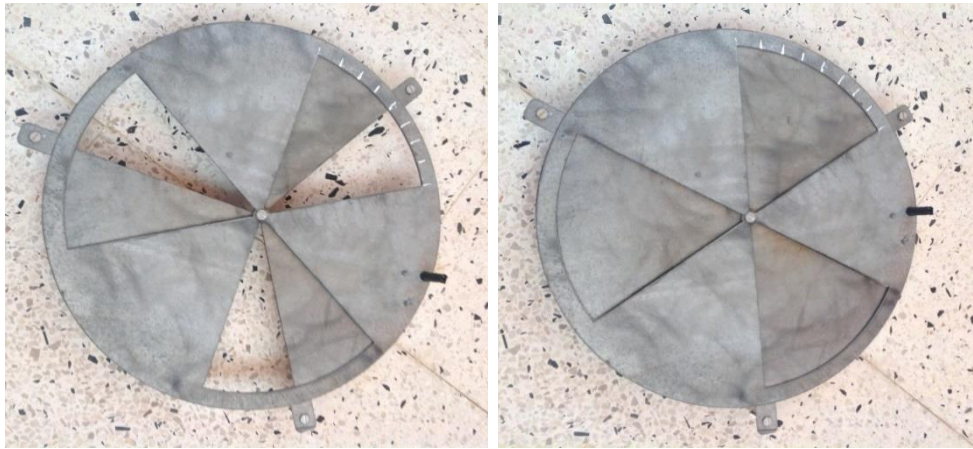


Figure III-5 Le régulateur réalisé.

Les caractéristiques du régulateur, tableau III-3 :

Diamètre intérieure

$$d_{int} = 0.35 \text{ m}$$

Diamètre extérieure

$$d_{ext} = 0.38 \text{ m}$$

Tableau III-3 Spécification du régulateur.

III.3. Instrumentations de mesure

III.3.1. Mesure de la température

III.3.1.1. Température ambiante (Ta)

Pour la température ambiante nous prenons les valeurs depuis le site WAP, figure III-6 : <https://www.wunderground.com/>

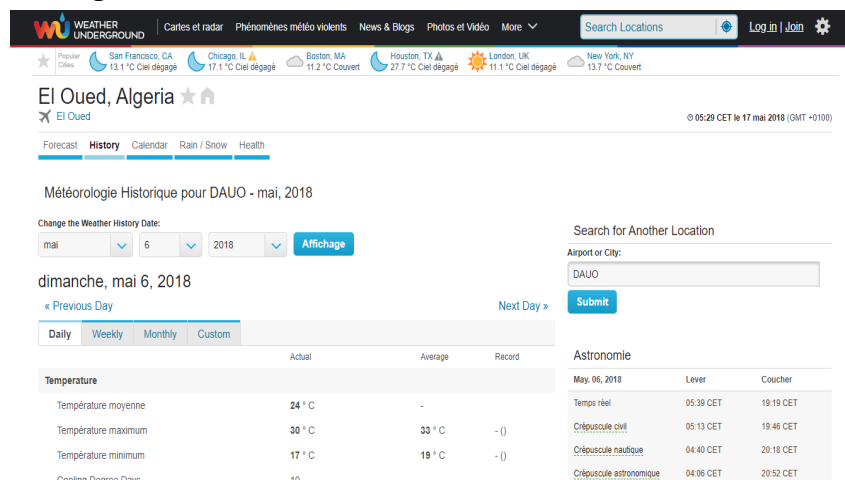


Figure III-6 Photo du site web.

II.6.1.2. Température du cuiseur

Nous avons utilisé un thermomètre digital figure III-7 dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Plage de température $-20^{\circ}\text{C} \sim 1000^{\circ}\text{C}$
- Erreur $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- Lecture 1°C
- Alimentation : une batterie (9V).



Figure III-7 un thermomètre digital.

III.3.2. Mesure de la vitesse du vent :

À cause de manque des instrumentations de mesure de la vitesse du vent nous devons utiliser le site WAP, figure III-8 :

<https://www.wunderground.com/>

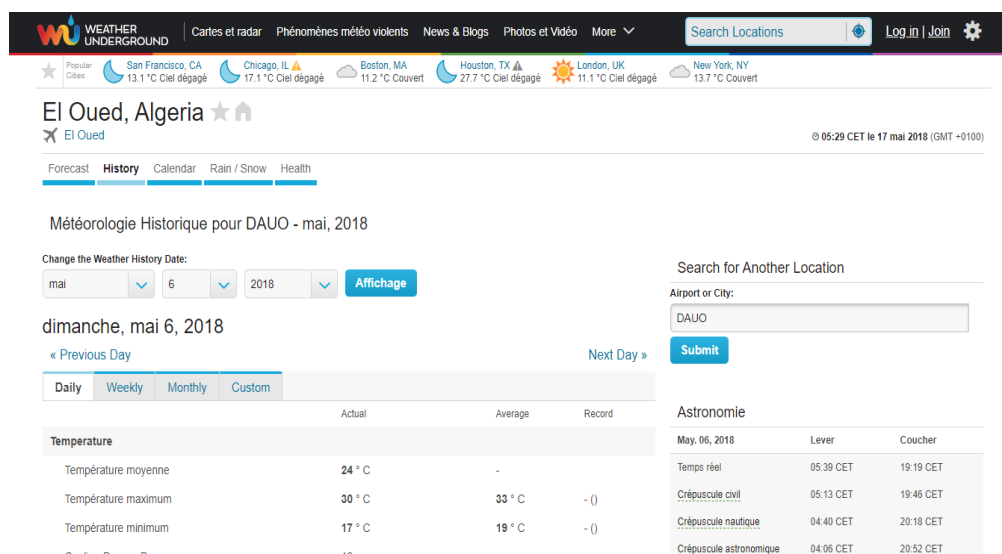


Figure III-8 Photo du site web.

III.4. Conditions expérimentales

Le fonctionnement idéal du cuiseur est lorsque le rayonnement solaire soit parallèle à son axe du foyer. Nous avons choisi une période d'essais où notre dispositif soit dans un environnement à ciel clair, sans effet d'ombres.

III.4.1. Réglage du cuiseur

Le four est orienté face au soleil. A l'aide d'un système de poursuite commandé. Il est redirigé vers la position du soleil depuis son lever. Les rayons solaires sont réfléchis au foyer du paraboloïde avec le changement de l'angle du régulateur pour obtenir la température désirée.

III.4.2. Emplacement du thermocouple

Pour mesurer la température atteinte sur les surfaces du cuiseur, un thermocouple est placé sur la surface du cuiseur (au foyer) figure III.9 :



Figure III-9 L'emplacement du thermocouple.

Vue générale du prototype du cuiseur solaire parabolique avant le début de l'expérience figure III-10 avec une teste de mesure de la température figure III-11.



Figure III-11 Vue générale du cuiseur réaliser



Figure III-10 Résultats du test

III.4.3. Problèmes rencontrés

Les problèmes rencontrés lors de la réalisation du prototype de cuiseur solaire parabolique se résument comme suit :

- le temps donnée pour chaque degré du régulateur pour nous donner des valeurs précisées.
- le problème de relevé de la température car sa valeur varie rapidement sous l'influence de la vitesse du vent.

III.4.4. Conclusion

Dans cette partie, nous avons présenté le cuiseur solaire parabolique qu'on a réalisé au cours de notre travail.

Avec ce cuiseur, nous avons atteint une température de 699°C et plus au foyer.

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 IV : Résultats et discussions

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons étudier la température qui atteint la surface d'ouverture de l'absorbeur(foyer) avec/sans régulateur et l'influence de vitesse du vent durant la journée du 06 mai 2018 pendant un intervalle de temps s'étalant de 09 h 00 à 13 h30.

IV.2. Evaluation de la température du foyer en fonction de la vitesse du vent et le temps :

Les températures ont été mesurées à l'aide d'un thermocouple à affichage numérique. Le relevé de la température se fait toutes les 30 minutes. La plaque chauffante est à la température ambiante au début de l'expérience.

IV.2.1. Evaluation sans régulateur :

Les mesures faites sont indiquées dans le tableau IV-1 suivant :

Temps (heures)	T(cuiseur) (°C)	T ambiante (°C)	Vitesse du vent (m/s)
9:00	498	23	3.9
9 :30	552	24	3.3
10 :00	612	25	3.1
10 :30	614	26	3.6
11 :00	630	27	4.1
11 :30	644	27	3.5
12 :00	659	28	3.6
12 :30	681	29	3.1
13 :00	667	30	4.1
13 :30	671	31	4.1

Tableau IV-1 Les mesures sans régulateur.

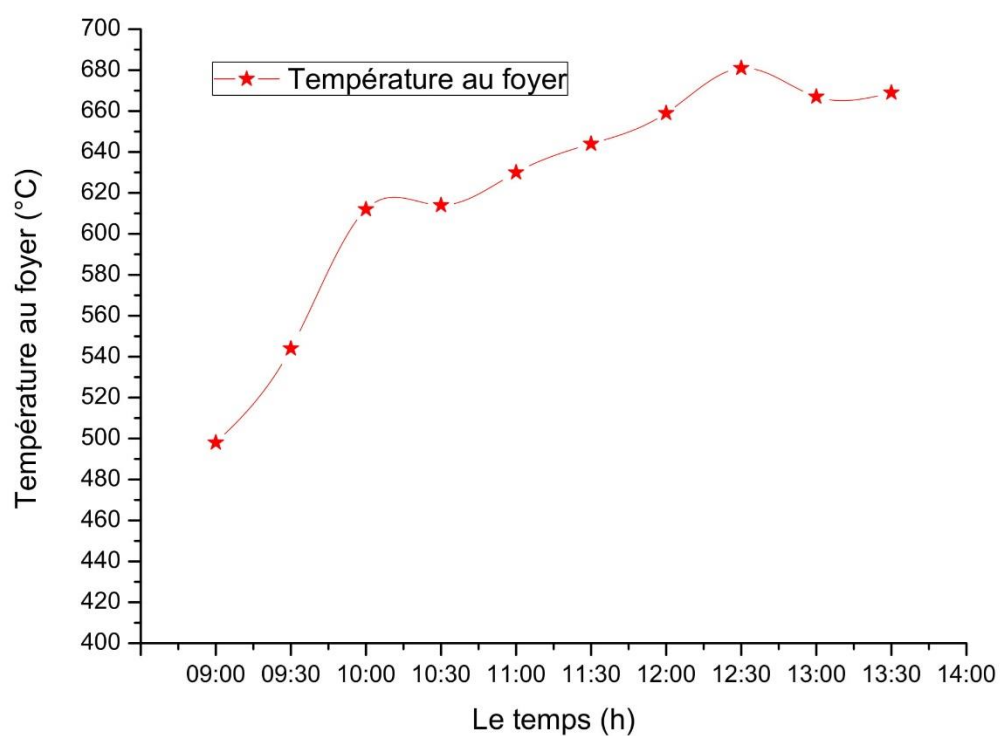


Figure IV-1 Température au foyer (sans régulateur).

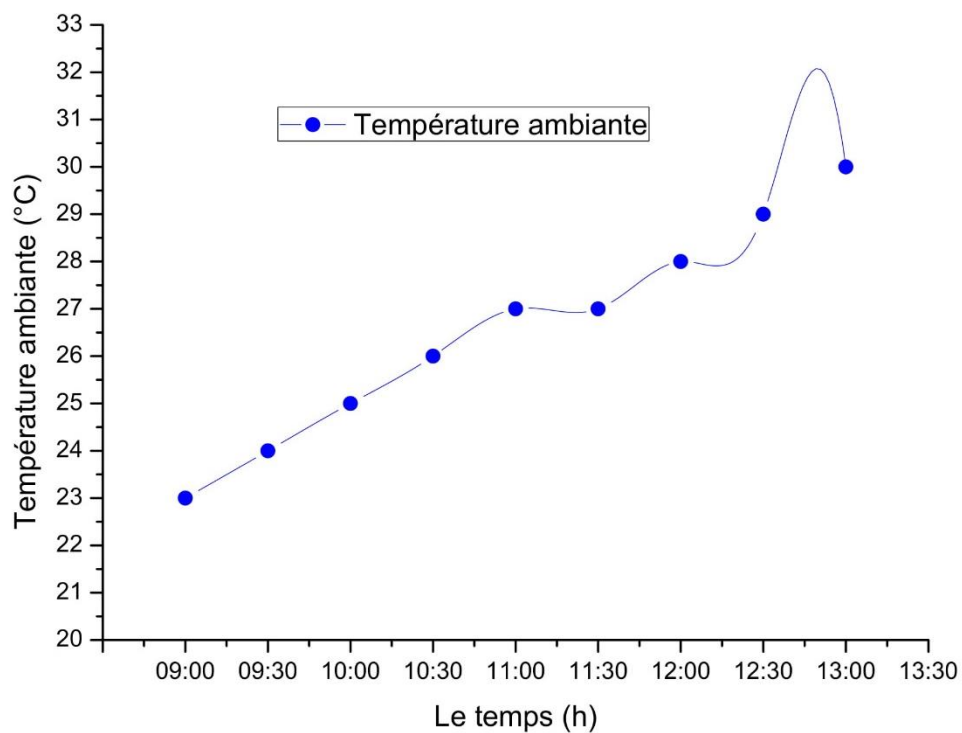


Figure IV-2 Température ambiante.

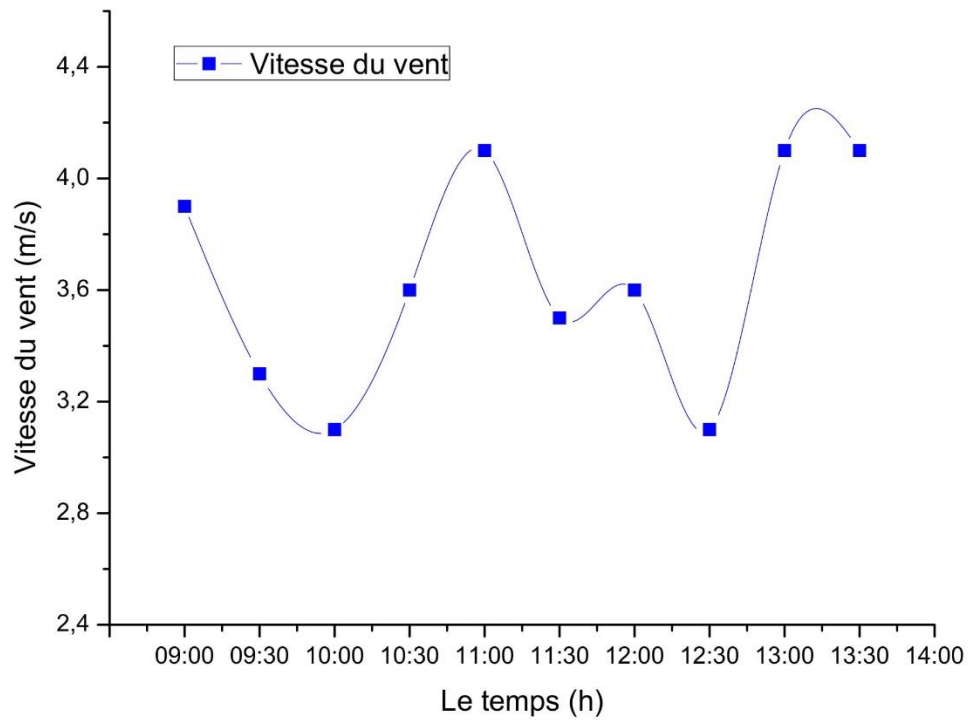


Figure IV-3 La vitesse du vent.

Dans le tableau IV.1 et la figure IV.2, nous montrons l'évolution de la température en fonction du temps durant la journée 06 mai 2018.

Nous remarquons que la température du foyer peut atteindre une valeur de 681°C à 12:30 et avec l'augmentation de la vitesse du vent cette température peut diminuer.

IV.2.2. Evaluation avec régulateur

Les mesures faites sont indiquées dans le tableau IV-2 suivant :

LE TEMPS	Température pour chaque degré (°C)					T ambiante (°C)	Vitesse du vent (m/s)
	0	7.5	15	22.5	30		
9 :00	33 °C	65 °C	95 °C	117 °C	171 °C	23	2.1
9 :30	38 °C	74 °C	121 °C	145 °C	162 °C	24	2
10 :00	46 °C	79 °C	123 °C	161 °C	222 °C	26	1.9
10 :30	47 °C	81 °C	107 °C	148 °C	200 °C	27	1.7
11 :00	42 °C	72 °C	116 °C	145 °C	193 °C	28	1.5
11 :30	45 °C	80 °C	115 °C	152 °C	186 °C	29	2.6
12 :00	45 °C	76 °C	120 °C	140 °C	201 °C	30	2.9
12 :30	43 °C	66 °C	99 °C	142 °C	186 °C	30	3.6
13 :00	45 °C	87 °C	113 °C	145 °C	186 °C	30	4.1
13 :30	40 °C	77 °C	149 °C	182 °C	223 °C	31	3.2

Tableau IV-2 Les mesures avec régulateur.

Les courbes de la température en fonction des angles (chaque 30 min) :

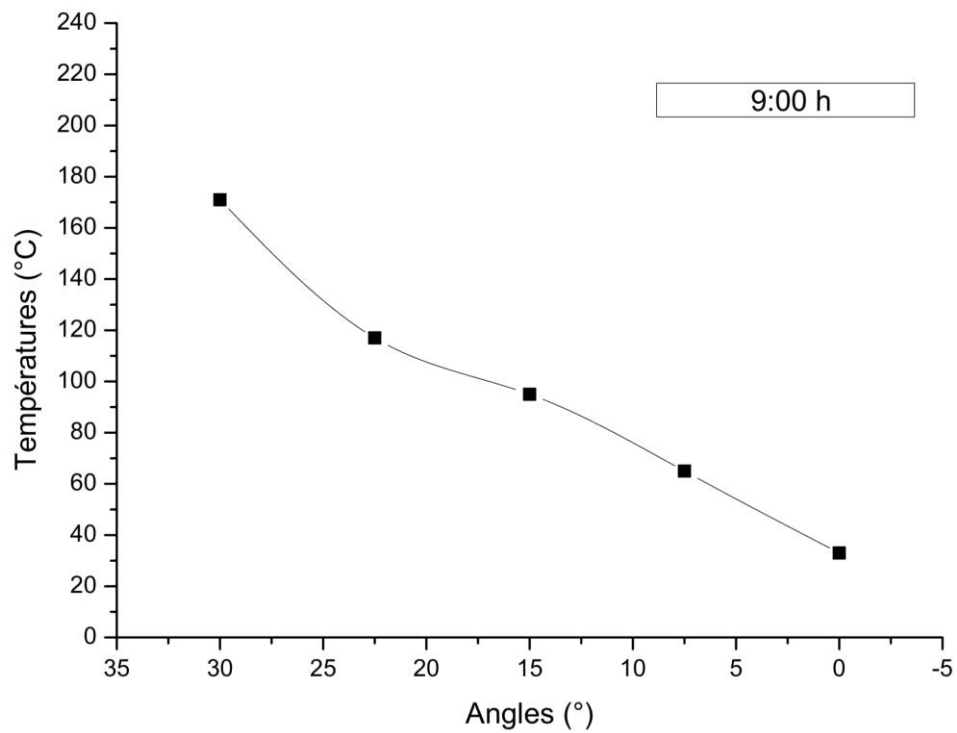


Figure IV-4 Température au foyer en fonction des l'angles à 9:00 h.

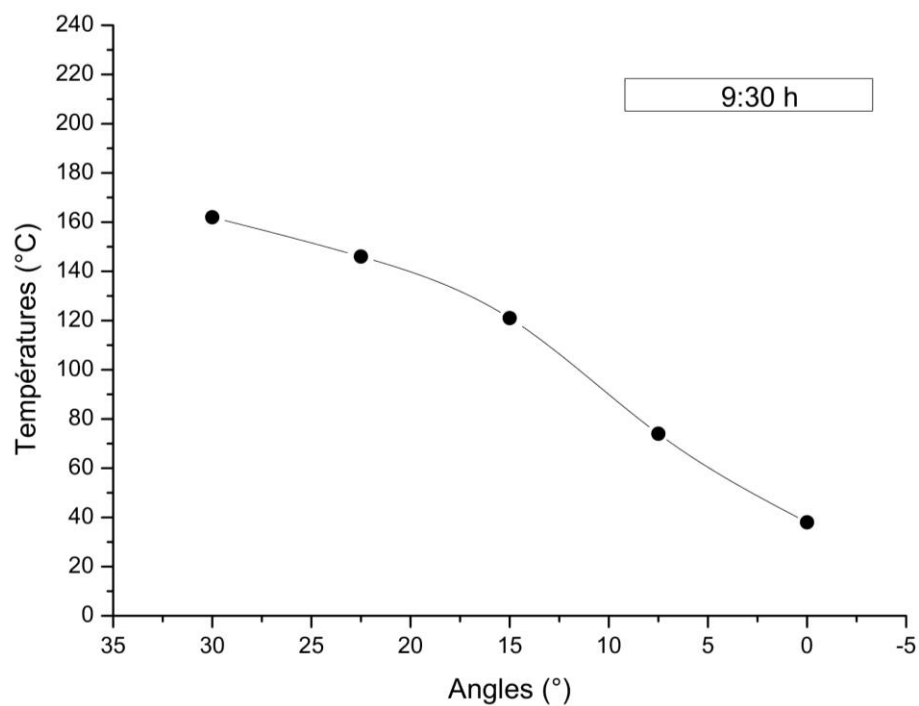


Figure IV-5 Température au foyer en fonction des l'angles à 9:30 h.

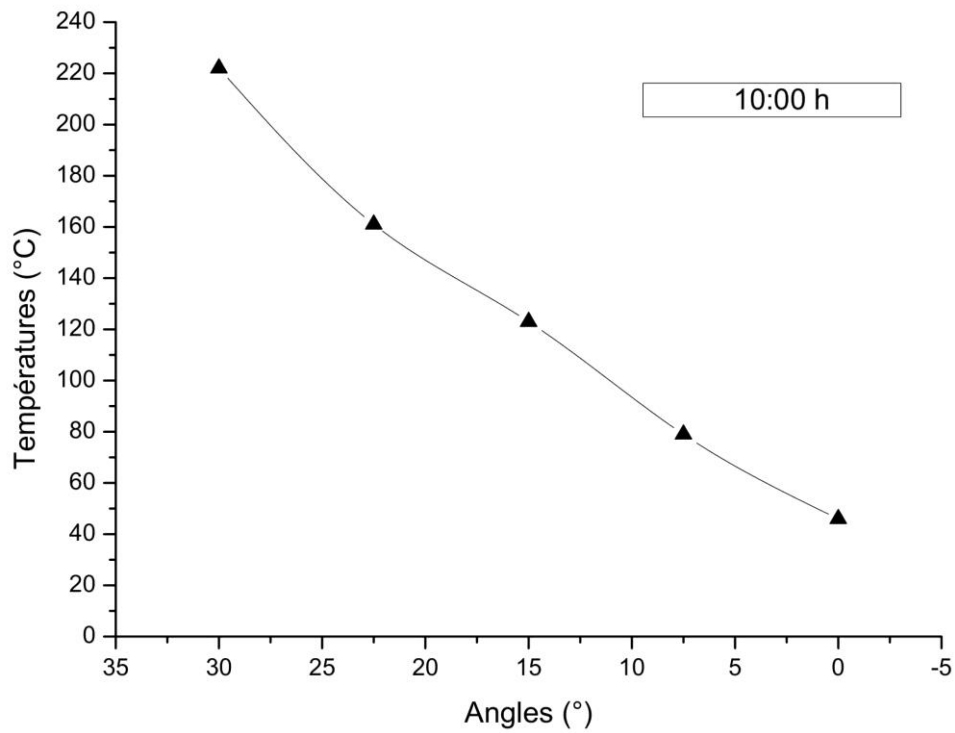


Figure IV-6 Température au foyer en fonction des l'angles à 10:00 h.

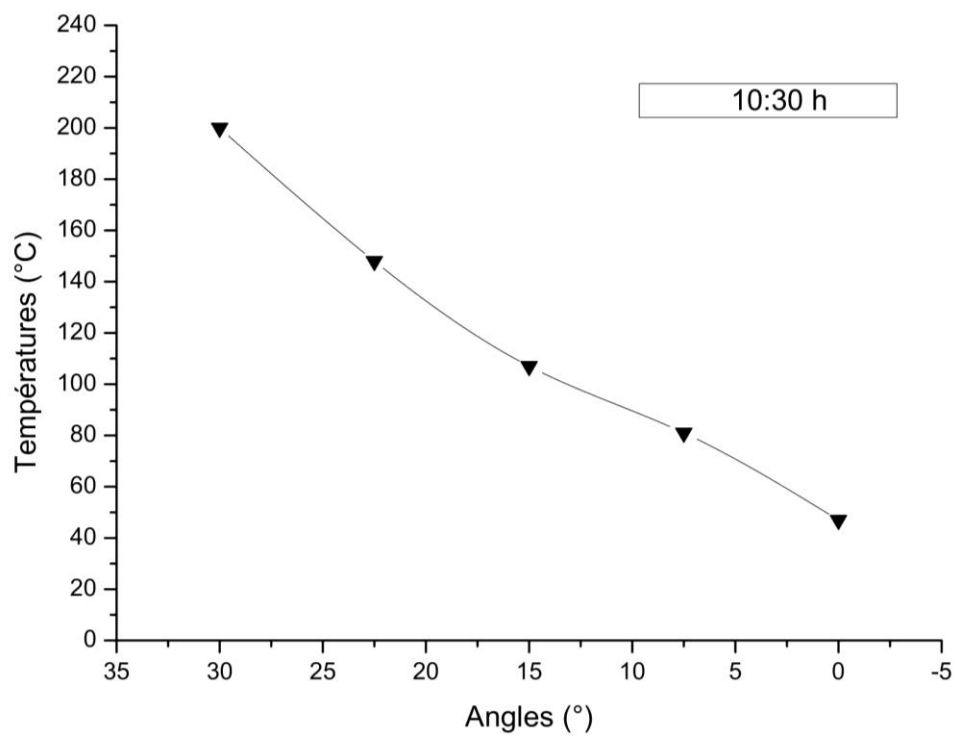


Figure IV-7 Température au foyer en fonction des l'angles à 10:30 h.

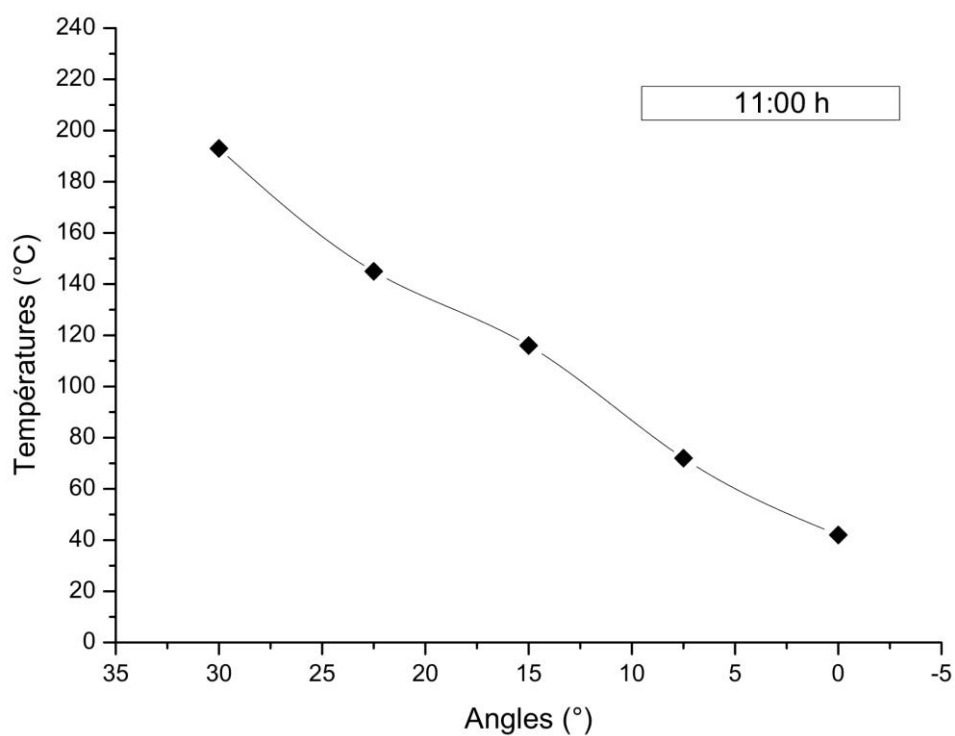


Figure IV-8 Température au foyer en fonction des l'angles à 11:00 h.

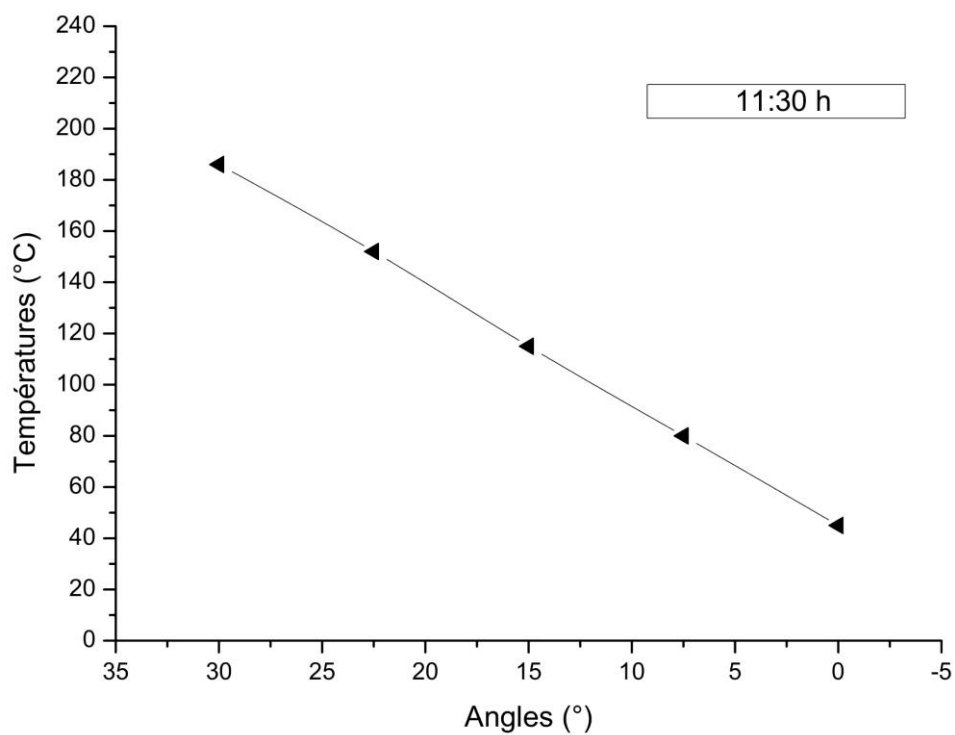


Figure IV-9 Température au foyer en fonction des l'angles à 11:30 h.

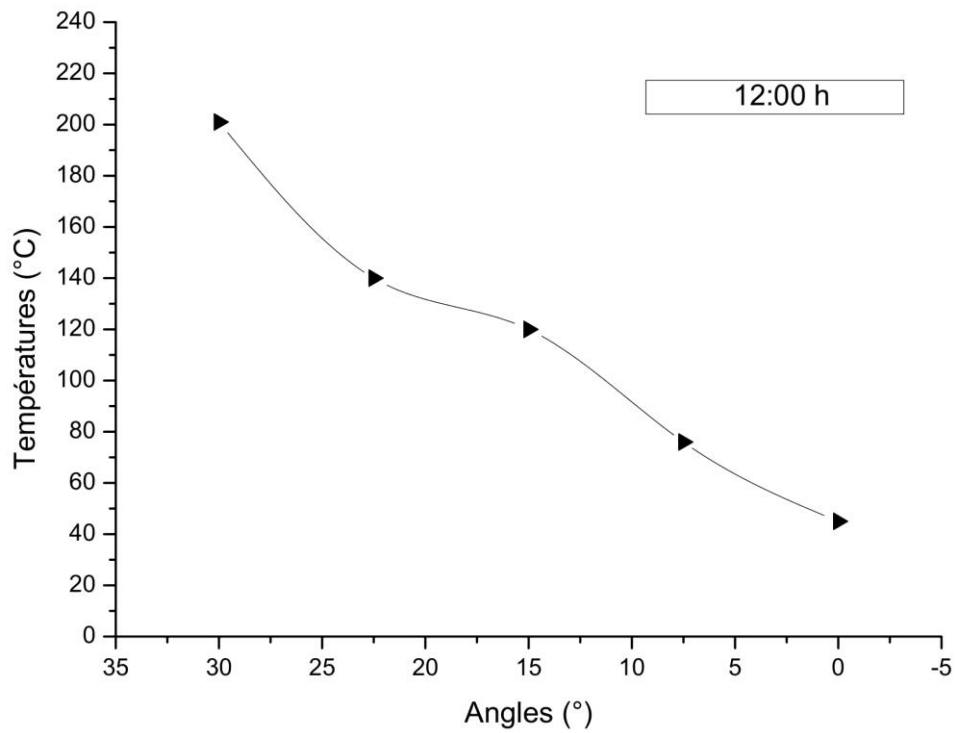


Figure IV-10 Température au foyer en fonction des l'angles à 12:00 h.

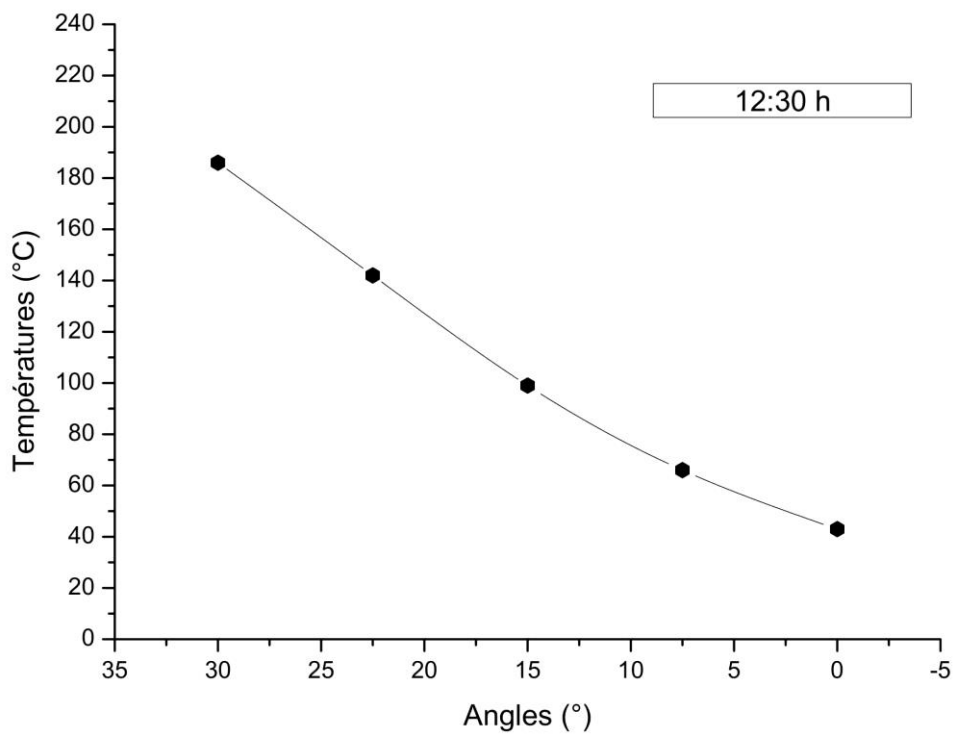


Figure IV-11 Température au foyer en fonction des l'angles à 12:30 h.

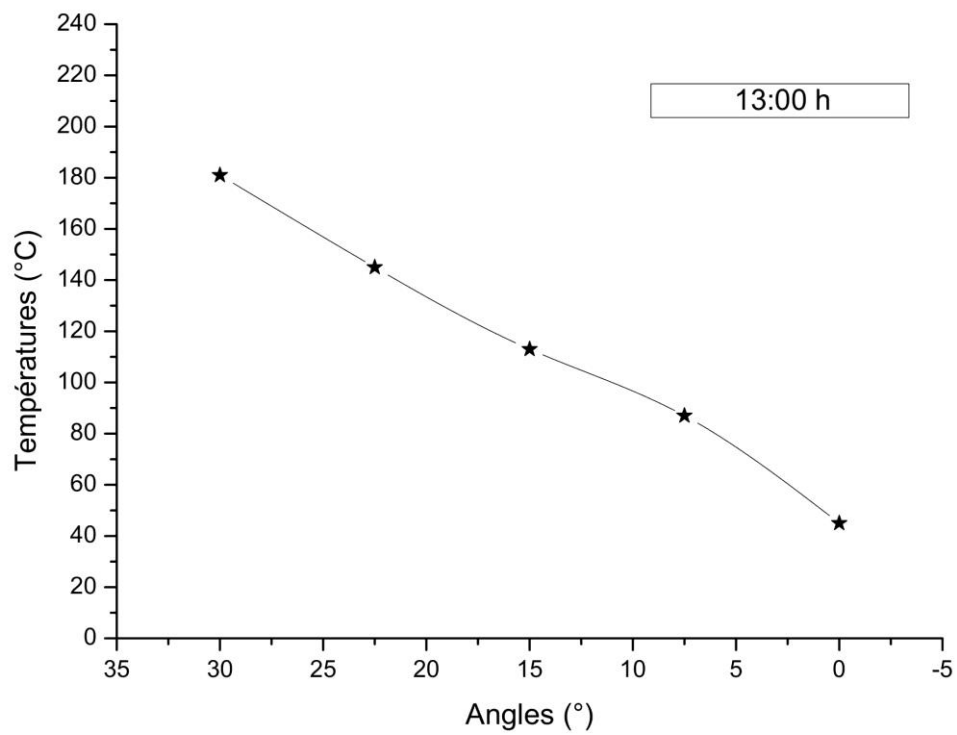


Figure IV-12 Température au foyer en fonction des l'angles à 13:00 h.

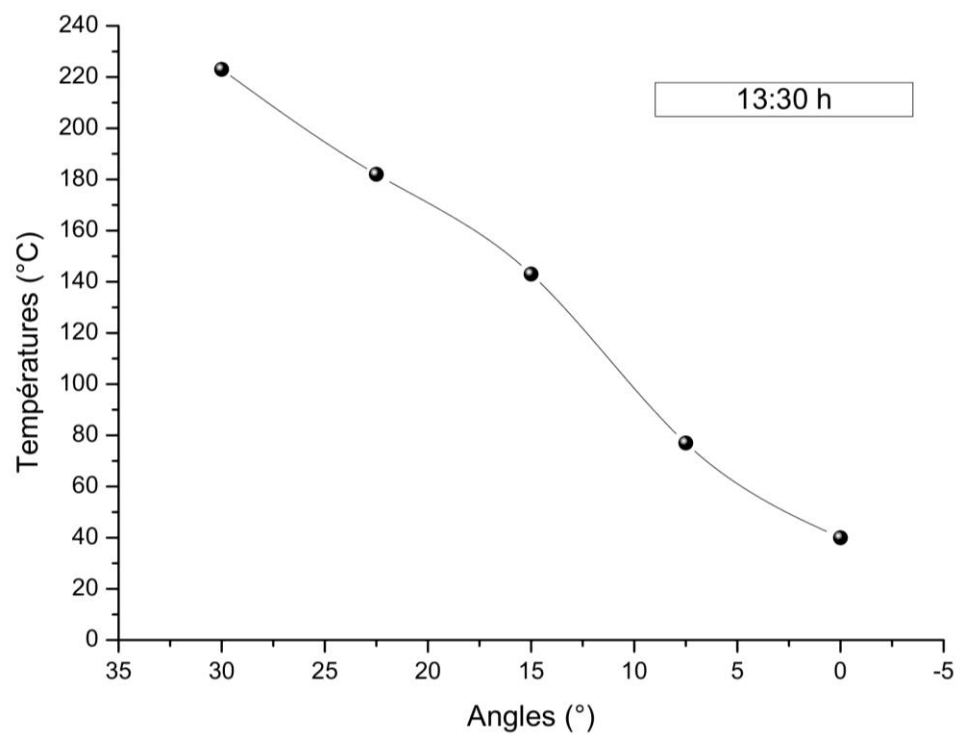


Figure IV-13 Température au foyer en fonction des l'angles à 13:30 h.

La température ambiante figure IV-14 et la vitesse du vent, figure IV-15 :

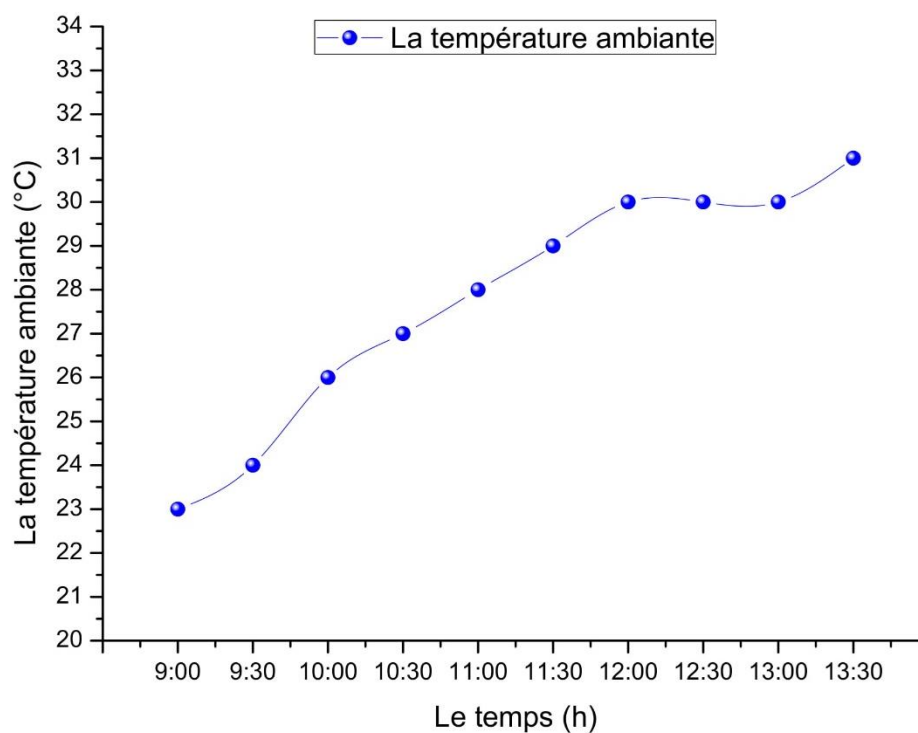


Figure IV-15 La température ambiante le 06 Mai 2018 (de 8:29:04 à 13:59:10).

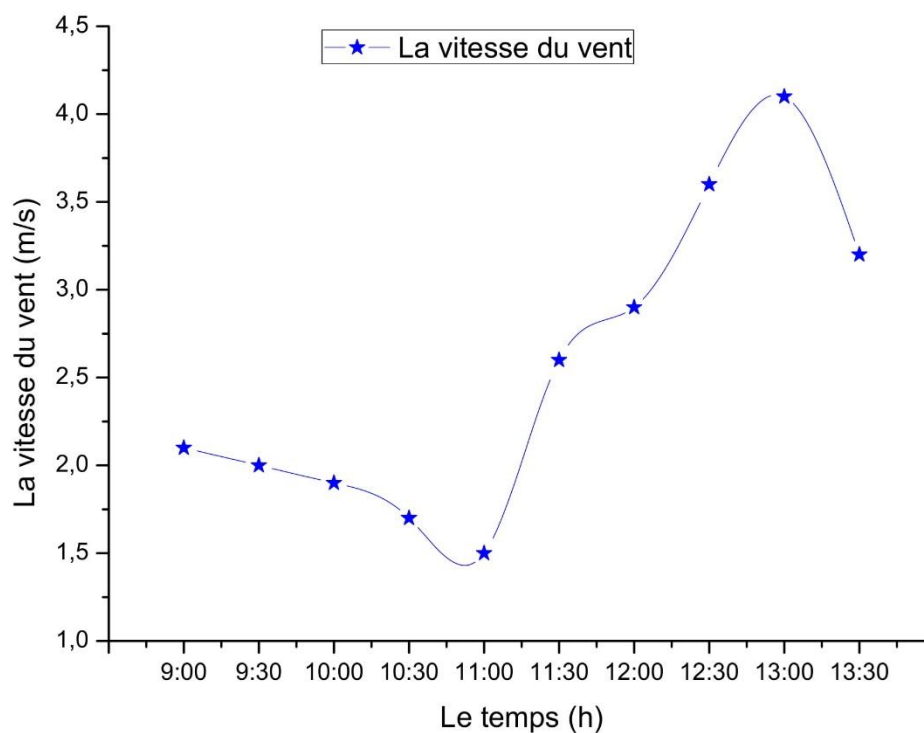


Figure IV-14 La vitesse du vent le 06 Mai 2018 (de 8:29:04 à 13:59:10).

Irradiations solaire de la journée 06 Mai 2018 (de 8:29:04 à 13:59:10), tableau IV-3, figure IV-16 :

Le temps	Irradiations solaire
08:29:04	348,837
08:29:04	348,837
08:59:04	413,2076
09:29:05	469,1191
09:59:06	514,1277
10:29:06	550,6224
10:59:07	578,0303
11:29:07	593,504
11:59:08	597,2098
12:29:09	586,1258
12:59:09	564,7541
13:29:10	534,2519
13:59:10	495,1607

Tableau IV-3 Irradiation solaire le 06 Mai 2018 (de 8:29:04 à 13:59:10).

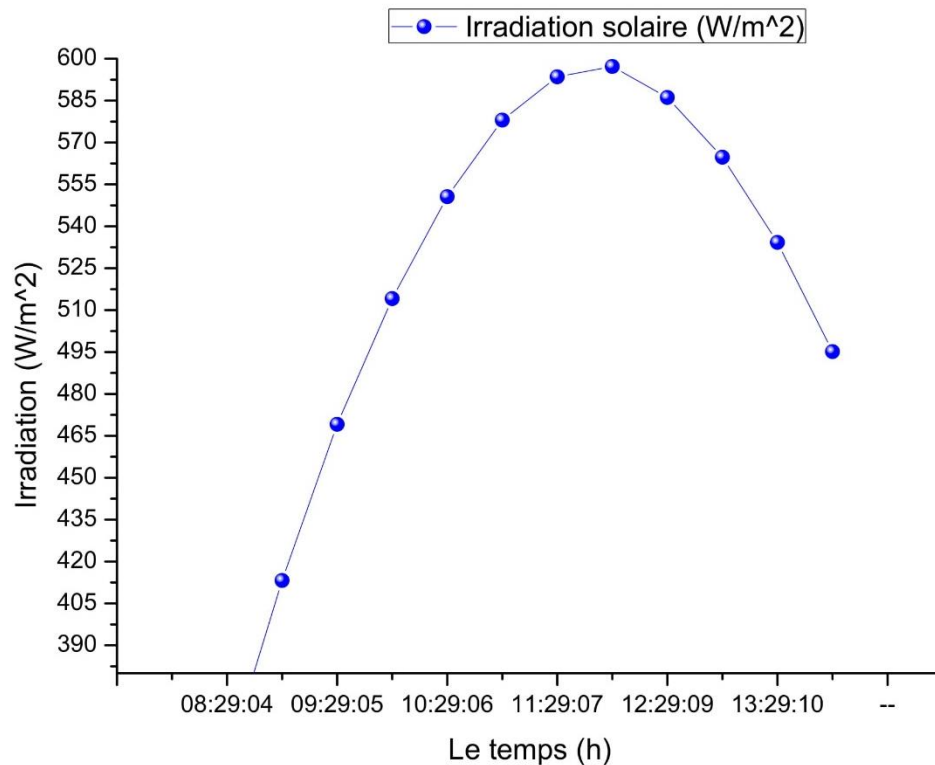


Figure IV-16 Irradiation solaire le 06 Mai 2018 (de 8:29:04 à 13:59:10).

❖ Discussion des résultats

Les figures IV-1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11.12.13.14.15.16 et les tableaux IV-1.2.3 nous montrant qu'avec l'utilisation du régulateur nous pouvons contrôler la température au foyer, tel que à 12:30 h la température au foyer sans l'utilisation du régulateur à l'ordre de $681^{\circ}C$ et avec l'utilisation de régulateur est à l'ordre de $186^{\circ}C$.

Avec la variation de l'angle d'ouverture la température au foyer est diminué (avec la fermeture de l'angle du régulateur) donc on peut contrôler la température au niveau du foyer à l'aide de cette technique.

Nous remarquons aussi avec le changement de la vitesse du vent la température au foyer changé tel que à le temps de 13:00 h la valeur de température diminué en fonction des angles de manière importante par rapport autre temps à cause de la vitesse du vent où a cette période la vitesse est très importante malgré le rayonnement solaire est à l'ordre de $564.7541 W/m^2$.

❖ **Test du cuiseur avec le régulateur (la préparation du Thé), figure IV-17 :**



Figure IV-17 Préparation du Thé.

IV.3. Conclusion

Dans ce dernier chapitre on a fait l'analyse des résultats obtenus de notre cuiseur solaire parabolique sans et avec la technique du régulateur.

Nous avons montré avec ce cuiseur que cette technique de régulateur est réalisable, efficace et on a le teste par la préparation du Thé.

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons réalisé un cuiseur solaire parabolique qui est l'un de plusieurs façons d'exploitation de l'énergie solaire pour la cuisson. Avec ce cuiseur, nous avons atteint des températures très élevés (plus de 600°C).

À cause de l'intervalle de la cuisson, ces températures obtenues ne sont pas bien pour la cuisson et comme solution de cette problème nous avons dimensionné et fabriqué un régulateur de température.

Malheureusement, les conditions météorologiques n'étaient très favorables ces dernières semaines ce qui ne nous a empêché de faire plusieurs mesures aux différentes heures de la journée.

Mais les résultats obtenus dans ce travail sont suffisants pour prouver que nous pouvons contrôler la température au foyer du cuiseur parabolique et nous encourager pour la continuation de ce travail et le développer.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] R. Bernard, G. Menguy, M. Schwartz, Le rayonnement solaire, conversion thermique et application. Technique et Documentation, Paris, 1979
- [2] J.M.chassériaux, Conversion thermique du rayonnement solaire, bordas Paris.1984
- [4] B. Jennifer, Krvstal Roaers, Parabolic solar cookers, *Campus Center For Appropriate technology Humboldt State University*.2002.
- [3] N. Mehdi. Bahadori, Design of solar autoclave. *Solar Energy, Vol.18, pp.489-496. Pergamon press 1976.*
- [5] R.Benchrif, D.Zejli, A.Bennouna, Potentiel de l' introduction de la Technologie Dish /Stirling au Maroc, *forum international sur les énergie Renouvelables 8-10 mai 2002, Tétouane-Maroc.*
- [6] Yettou F., Azoui, B., Malek, A., Panwar, N.L. and Gama, A. (2015). '**Energetic and exergetic evaluation of solar box cooker in Algerian climatic conditions**', Int. J. Exergy, Vol. 16, No. 3, pp.xxx–xxx.
- [7] Yettou F, Azoui B, Malek A, Panwar NL, Gama A, Arrif T, Merarda H. '**Second law experimental analysis of box type solar cooker**', Renewable Energy Sources Energy Policy and Energy Management, Volume III, 2014, pp 82 – 92.
- [8] F. Yettou, B. Azoui et A. Malek, '**Determination of adjustment tracking time in two types of solar cookers by ray-tracing method**', Power Engineering, Energy and Electrical Drives' (POWERENG), 2013. DOI: 10.1109/PowerEng.2013.6635716, 2013, Page(s): 822- 827.
- [9] Mbodji N, Hajji A (2016) Performance testing of a parabolic solar concentrator for solar cooking. ASME J Sol Energy Eng 138(4). doi:10.1115/1.4033501
- [10] R. Bernard, "Rayonnement solaire," 1980.
- [11] W. B. Stine and M. Geyer, "Power From the Sun," 2011. [Online]. Available: www.powerfromthesun.net/book.html. [Accessed 7 July 2012].
- [12] A. Ainouche: 'natural gas and Algerian strategy for renewable energy'. 23rd World GAS Conference, Amsterdam, 2006.
- [13] 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.

- [14] B. Sørensen, Renewable Energy Its physics, engineering, use, environmental impacts, economy and planning aspects, Berlin: Ed. Elsevier Science, 2003.
- [15] « CDER, » 2013. [En ligne]. Available : <http://www.cder.dz/>. [Accès le 13 Décembre 2014].
- [16] «Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region, » German Aerospace Center (DLR), Institute of Technical Thermodynamics, Section Systems Analysis and Technology Assessment, Germany, 2005.
- [17] 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.
- [18] M. Tissot, 2^{ème} édition, L'énergie solaire thermique et photovoltaïque.
- [19] www.outilssolaires.com
- [20] A. Ferriere, « Les centrales solaires thermodynamiques : l'état de l'art et les perspectives mondiales, » chez Colloque de l'Institut ENSAM de Corse, Bastia, 2005.
- [21] K. Ogilvie, « L'abc des technologies de l'énergie renouvelable, Pollution Probe, » Canada, 2003.
- [22] INSA Rouen Projet de Physique P6-3 STPI/P6-3/2011 – groupe36
- [23] Q. Sylvain, Les Centrales Solaires à Concentration, France : Université de Liège, Faculté des sciences appliquées, 2007.
- [24] www.boliviainiti-sudsoleil.org. (15 Mars 2015)
- [25] « Solar Cookers International, » SCI, [En ligne]. Available: <http://www.solarcookers.org>. [Accès le 13 Décembre 2014].
- [26] « ID Cook, le spécialiste de la cuisson solaire, » IDCOOK, 2011. [En ligne]. Available: <http://www.IDCOOK.com>. [Accès le 13 Décembre 2014].
- [27] Document, « Cuiseurs solaires: comment construire, employer et apprécier, » Solar Cooker International (SCI), California, USA, 2004.
- [28] B.Stine ,M. Geyer, Power from the sun, Lyle Centre For Regenerative Studies (2001).
- [29] U. H. Kurzweg ,J. P. Benson , Iso-Intensity absorber Configurations For parabolic Concentrators , Solar energy, 29(1982): 167-174.

- [30] D. dye, B. Wood, Non-imaging devices for uniform irradiation on Planar Surface For parabolic Concentrators , Semi-Annual Technical Progress Report August, (2002).
- [31] M. Srinivasan, L. V. Kulkarni, A simple technique of fabrication of parabolic concentrators. Solar energy, 22 (1978) : 463-465.
- [32] A.A. SFEIR, G. GUARRACINO, Ingénierie des systèmes solaires, application à l'habitat. Technique et Documentation, (1981).
- [33] M. Dominique, M. Frémy, Le monde et Astronomies, quid 2001, France Loisir, Paris (2001).
- [34] J. E. Braun, J.C. Mitchell, Solar geometry for fixed and tracking surface. Solar Energy, 31 (1983) : 394-444.
- [35] V. Neeranartvong, Etude d'un concentrateur solaire a simple réflexion. Thèse de Docteur, Ingenieur, Institut National Polytechnique, Toulouse, (1983).
- [36] B. Y. H. Liu et R.C. Jordan, The interrelationship and characteristic distribution of distribution of direct, diffuse and total solar radiation, Solar Energy, 4 (1960) : 1-19.
- [37] H. Naito, Y. Kohsaka, D. Cooke, Development of solar receiver for High-Efficiency thermionic/ thermoelectric conversion system. Solar Energy, 58(4):191-195 · October (1996).
- [38] A. Steinfeld et R. Palumbo, Solar thermochemical process technology. Encyclopedia of physical science et technology, 15(2001) : 237-256.

Titre du mémoire : ETUDE D'UN CUISEUR SOLAIRE

Master : Energie Renouvelable en Mécanique

Auteur : KHENNOUFA Ahmed Oussama, LACHIBI Belgacem

Mots clés : Cuiseur parabolique, régulateur, efficace, foyer

Résumé :

Ce travail consiste au dimensionnement et la réalisation d'un cuiseur solaire parabolique pour l'application domestique, et l'installation d'un nouveau système de contrôle et régulation de température au niveau de récepteur (foyer). Les résultats de l'étude expérimentale montre qu'est une technique efficace, simple à réaliser, facile à manipuler. Les différentes applications de cuiseur demandent des températures variantes où nous avons obligé d'utiliser notre régulateur.

La température maximale enregistrée au foyer sans l'utilisation de régulateur est à l'ordre de 681°C à 12:30 h où la vitesse du vent est 3,1 m/s et le Irradiations solaire est $586,1258\text{ W/m}^2$, et avec le régulateur au même heure, la plage de température est entre 43 au 186°C suivant l'angle d'ouverture. Donc il nous offre une possibilité de changer la température suivant nous besoins.

Report title: STUDY OF A SOLAR COOKER

Keywords: Parabolic Cooker, Regulator, efficient, foyer

Abstract

This work involves the dimensioning and realization of a parabolic solar cooker for the domestic application, and the installation of a new system of control and regulation of temperature at the level of receiver (hearth). The results of the experimental study show that it is an efficient technique, simple to carry out, easy to handle. Different cooker applications require different temperatures where we have to use our regulator.

The maximum temperature recorded in the home without the use of regulator is in the range of 681°C at 12:30 h where the wind speed is 3.1 m / s and the solar irradiation is $586,1258\text{ W / m}^2$, and with the regulator at the same time, the temperature range is between 43 to 186°C depending on the opening angle. So it gives us an opportunity to change the temperature following us needs.

عنوان المذكرة: دراسة الطباخ الشمسي

الكلمات المفتاحية: الطاهي المكافئ، المنظم، فعال، المتلقي (الموقد)

الملخص:

يتضمن هذا العمل تحديد أبعاد وتحقيق طاهي شمسي مكافئ للتطبيقات المنزلية، وتركيب نظام جديد للتحكم وضبط درجة الحرارة على مستوى المتلقي (الموقد) نتائج الدراسة التجريبية تدل على أنها تقنية فعالة، سهلة التنفيذ، سهلة الاستخدام، تتطلب تطبيقات الطبخ المتنوعة درجات حرارة مختلفة حيث يتعين علينا استخدام منظماً.

درجة الحرارة القصوى المسجلة في المتلقي (الموقد) دون استخدام المنظم هي في نطاق 681 درجة مئوية في الساعة 12:30 حيث تكون سرعة الرياح 3.1 م / ث والاشعاع الشمسي هو $586,1258$ واط / متر مربع، ومع استعمال المنظم في نفس الوقت، تتراوح درجة الحرارة بين 43 إلى 186 درجة مئوية تبعاً لزاوية الفتحة. لذا يعطينا فرصة لتغيير درجة الحرارة وفقاً لاحتياجاتنا.