

République Algérienne Démocratique et Populaire

**Ministère de l'Enseignement Supérieure 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 : Génie mécanique

Spécialité : Energétique et Énergies renouvelables

Thème

**Réalisation de concentrateur solaire parabolique
pour distillation d'eau**

Présenté par : FRIDJAT Abdelhak

TEDJANI Mohammed Tahar

Devant le jury composé de :

GUERRAH Ayoub

Président

UNIV. D'EL-OUED

AOUN Yacine

Examineur

UNIV. D'EL-OUED

GHERFI Youcef

Examineur

UNIV. D'EL-OUED

LAOUINI Abdeldjalil

Encadreur

UNIV. D'EL-OUED

2016-2017

REMERCIEMENTS

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

Nous adressons le grand remerciement à notre encadreur : LAOUNI Abdeljalil et AOUN Yacine et BEN HAOUA Boubaker qui a proposé le thème de ce mémoire, aussi pour ses conseils et ses orientations.

Nous avons également l'honneur de remercier l'Administration du Département de Génie Mécanique d'avoir facilité le processus de sélection du mémoire et de l'encadreur, 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

Dédicace

Je dédie ce travail à mes chers parents

À mes frères et à mes sœurs

À mes chers Amis

JEDJANS Med Jaha

Dédicace

Avec l'aide de dieu tout puissant, j'ai pu achever ce
modeste travail que je dédie

À mes parents, mes frères et mes sœurs, et

À tous ceux qui me sont chers.

FREDJAT Abdelhak

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Recherche Bibliographique

I.1 Introduction.....	2
I.2 L'énergie solaire.....	2
I.3 Les 'application de l'énergie solaire	2
I.3.1 Le Séchage solaire.....	2
I.3.2 Le Climatisation solaire	3
I.3.3 Le chauffe d'eau solaire	4
Les capteurs plans non-vitrés.....	4
Les capteurs plans vitrés.....	5
Les collecteurs à tubes sous vide.....	5
I.3.4 La distillation solaire	5
a- Principe de la distillation solaire.....	5
b- Les différents types des distillateurs.....	6
b.1 Distillateurs à simple effe.....	6
b.2 Distillateurs à multi effets.....	7
b.3 Distillateur solaire à film capillaire:DIFICAP.....	8
I.4 Dèfèrent système des distillateurs solaire.....	8
I.4.1 Distillateur solaire parabolique.....	8
1.4.2 Distillateur solaire à des miroirs.....	8
I.4.3 Distillateur solaire pyramide et prisme.....	9
I.4.4 Distillateur pyramide.....	10
I.4.5 Distillateur hybride thermique.....	10
I.4.6 Distillateur thermo électrique.....	11
I.4.7 Distillateur à matériau de changement de phase.....	11
I.4.8 Distillateur hybride.....	12
I.4.9 Simple bassin solaire double pente avec matériaux de stockage.....	13

I.5 Caractéristiques de fonctionnement du distillateur solaire.....	13
I.5.1 Le rendement le débit de distillat ou la production.....	13
I.5.2 L'efficacité.....	14
I.5.3 La performance.....	14
I.6 Conclusion.....	14

Chapitre II : Etude théorique du concentrateur parabolique

II.1 Introduction	15
II.2 Les collecteurs thermiques.....	15
II.2.1 Captation sans concentration.....	15
capteurs plans.....	15
II.2.2 Captation avec concentration.....	16
Capteurs à concentrations.....	16
II.2.2.1 Concentrateurs cylindro-paraboliques.....	16
II.2.2.2 Concentrateurs paraboliques.....	17
II.2.2.3 Système de centrale à tour (héliostat).....	17
II.2.3 Quelques avantages de la concentration.....	18
II.3 Les applications de concentrateur solaire parabolique	18
II.3.1 Applications à basses et moyennes températures.....	18
II.3.2 Applications à hautes températures.....	18
II.4 La géométrie parabolique.....	19
II.4.1 Définition.....	19
II.4.1.2 Angle d'ouverture d'une parabole.....	19
II.4.1.3 Taille d'une parabole.....	21
II.4.1.4 Surface d'une parabole.....	21
II.4.1.5 Longueur d'une parabole.....	21
II.4.2 Système optique d'une surface parabolique.....	21
II.4.3 Les composants d'un concentrateur solaire parabolique	22
II.4.3.1 Réflecteur (Paraboloïde).....	22
II.4.3.2 Récepteur (absorbeur).....	24
II.4.3.3 Support.....	25

II.4.3.4 Le système de poursuite.....	26
II.4.3.5 Le miroir.....	26
II.4.4 Dimension du récepteur.....	26
II.6 Conclusion	28

Chapitre III : La Réalisation de concentrateur parabolique

III.1 Introduction	29
III.2 Description et réalisation des composants du prototype.....	29
III.2.1 Réflecteur	29
III.2.2 Le récepteur	30
III.2.3 Le support.....	30
III.2.4 Le système de poursuite manuelle.....	31
III.2.5 Le miroir.....	31
III.2.6 Le condenseur.....	32
III.3 Les instruments des mesures.....	32
III.3.1 Le thermocouple.....	32
III.3.2 Thermomètre.....	33
III.3.3 Réceptacle de mesure.....	33
III.4 Conclusion	34

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1 Introduction	35
IV.2 L'évolution de la température de récepteur	35
IV.3 L'évolution de la température ambiante.....	36
IV.4 L'évolution de quantité l'eau distillée.....	37
IV.5 La Variation de la température de récepteur avec la température d'ambiante.....	38
IV.6 La Variation de la température de récepteur avec d'eau la quantité distillée.....	39
IV.7 Conclusion.....	40
Conclusion generale.....	41

Liste des figures

Chapitre I : Recherche Bibliographique

Figure I.1:	Diagramme schématique du séchoir solaire.....	3
Figure I.2 :	Chauffe-eau solaire à tubes sous vide en Chine et Un capteur monté en façade plan auto- construit.....	5
Figure I.3 :	Principe de construction et de fonctionnement d'un distillateur solaire simple.....	6
Figure I.4 :	diffèrent type de distillateur solaire à simple effet.....	7
Figure I.5 :	Distillateur a concentrateur parabolique.....	8
Figure I.6.a :	Distillateur à des miroirs concaves.....	8
Figure I.6.b :	Variation de production en fonction d'irradiation solaire.....	9
Figure I.7 :	Distillateur sous forme d'un prisme.....	9
Figure I.8.a :	Production temporelle de distillateur sous forme d'une pyramide.....	9
Figure I.8.b :	Production temporelle de distillateur sous forme d'une pyramide.....	10
Figure I.9 :	Production temporelle du distillateur hybride.....	10
Figure I.10.a :	Distillateur thermoélectrique.....	11
Figure I.10.b :	Variation temporelle de la vitesse.....	11
Figure I.10.c :	Variation temporelle de la température ambiante et l'efficacité, la production, irradianations solaire de refroidissement et la production.....	11
Figure I.12.a :	Distillateur à matériau de changement de phase.....	12
Figure I.13:	Distillateur hybride thermique.....	13
Figure I.14 :	Simple bassin solaire double pente avec matériaux de stockage.....	13

Chapitre II : Etude théorique du concentrateur parabolique

Figure II.1:	Capteur plan.....	16
Figure II.2:	Concentrateur cylindro-parabolique.....	17
Figure II.3:	Concentrateur parabolique.....	18
Figure II.4 :	système de centrale à tour.....	19

Figure II.5 :	Propriétés géométriques de la parabole.....	21
Figure II.6 :	Section d'une parabole possédant un foyer commun F et le même diamètre d'ouverture d	22
Figure II.7 :	Distance focale en fonction de l'angle d'ouverture d'une parabole d =1m.....	22
Figure II.8 :	Système optique d'une surface parabolique.....	24
Figure II.9	Paraboloïde de revolution.....	24
Figure II.10 :	Elément différentiel de surface parabolique.....	25
Figure II.11:	Catégories des récepteurs.....	27
Figure II.12 :	Concentrateur solaire parabolique.....	27
Figure III.13:	L'image ellipse.....	28
Figure II.14 :	Diamètre de l'image circulaire en fonction de l'angle d'ouverture de la parabole d = 1m.	29
Figure II.15 :	Distance axiale arrière du point focal.....	30
Figure II.16 :	Diamètre du récepteur à différentes valeurs de(L).....	30

Chapitre III : La Réalisation de concentrateur parabolique

Figure III.1 :	présentation à la forme de réflecteur.....	31
Figure III.2 :	L'image de récepteur (cocotte-minute).....	32
Figure III.3 :	L'image de support de concentrateur.....	33
Figure III.4 :	L'image de système de poursuit manuelle.....	33
Figure III.5 :	des 'images présenté les étapes de coller le miroir.....	34
Figure III.6 :	la forme générale du condenseur.....	35
Figure III.7 :	Image du thermocouple.....	35

Chapitre IV : Résultats et discussions

Figure IV.1 :	La variation de la température (°C) de récepteur en fonction le temps (min) à chaque jour. (16, 17et18/04/2017).....	36
Figure IV.2 :	La variation de la température d'ambiante (°C) en fonction le temps (min) à chaque jour (16,17 et 18/04/2017).....	37
Figure IV.3:	La variation de la quantité d'eau distillée(L) en fonction du temps (min) à chaque jour (16 et 17,18/04/2017).....	38

Figure IV.4 :	La variation de la température de récepteur (°C) et la température d’ambient (L) en fonction le temps (min) à chaque jour (16, 17 et 18/04/2017).....	39
Figure IV.5 :	La variation de la température de récepteur (°C) avec la quantité d’eau distillée (L) en fonction le temps (min) de chaque jour respectivement (16, 17 et 18/04/2017).....	40

Liste des tableaux

Chapitre III : La Réalisation de concentrateur parabolique :

Tableau III.1	Les caractéristiques géométriques du réflecteur parabolique sont décrites dans le tableau	31
Tableau III.2	Les caractéristiques géométriques decocotte est	32
Tableau III.3	dimension de support	32
Tableau III.4	la dimension du condenseur	34

NOTATION

UNITES

H : Rayonnement moyen, mensuel mesuré sur une surface horizontale.....	[W/m ²]
f : Distance focale.....	[m]
p : Rayon parabolique.....	[m]
y : Angle de mesure a partir de la ligne (VF) et le rayon parabolique (P).....	[Degré]
Ψ_p : Angle d'ouverture de la parabole.....	[Degré]
h : Taille de la parabole.....	[m]
A_x : Surface de la parabole.....	[m ²]
S : Longueur de la parabole.....	[m]
A_s : Surface du paraboloïde.....	[m ²]
D_s : Diamètre apparent du disque solaire.....	[rad]
Θ : Angle d'incidence.....	[rad]
d : Diamètre d'ouverture de la parabole.....	[m]
d₂ : Diamètre d'ouverture du récepteur.....	[m]
L : Distance axiale arrière du point focal.....	[m]
a : Coefficient d'absorption du récepteur	
s : Coefficient émissivité du récepteur	
A : Constante	
r_f : Diamètre de l'image circulaire.....	[m]
G : Taille des grains.....	[nm]
I : Intensité du courant.....	[A]
s_{zz} : Coefficient de dilatation.....	[%]
c₀ : Paramètre de maille.....	[Å ^o]
c : Paramètre de maille d'échantillons contraints (échantillon élaboré).....	[Å ^o]
(G) : Taille des cristallites.....	[nm]
h : hauteur de la parabole	[m]
q_{ev} : Quantité de chaleur utilisée pour l'évaporation par unité de temps.....	[J/mo]
L_v : Chaleur lentate de vaporisation	[°C]
L_v : Chaleur latente de vaporisation.....	[J/kg]
md : Le débit du distillat.....	[L/S]

Introduction générale

Les énergies Renouvelables ; Comme leur nom l'indique ce sont des sources inépuisables d'énergies offertes par la nature Elle-même et dont la maîtrise garantirait largement l'autonomie de la planète. On y trouve l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie géothermique, l'énergie marémotrice, l'énergie de la biomasse.

L'énergie solaire est capable de produire de l'électricité et de la chaleur. Aujourd'hui les applications du solaire se déclinent dans des domaines de plus en plus variés comme le Séchage, le Climatisation et la distillation

La distillation est un processus physique qui consiste à séparer, par la chaleur, les différents éléments constituant une solution. Le distillateur solaire utilise l'énergie solaire pour séparer l'eau potable et les impuretés, (sels, matière en suspension,...).

Les problèmes en relation avec l'eau sont nombreux et très divers. Il n'y a donc aucune solution simple permettant de répondre à sa demande dans n'importe quel pays.

Le dessalement de l'eau marine ou saumâtre est un processus qui permet d'extraire le sel pour la rendre potable ou l'utiliser pour l'irrigation.

L'objectif principal de ce travail est l'étude et la réalisation d'un concentrateur solaire parabolique pour distiller l'eau à partir de la phase de conception jusqu'à le choix des pièces utilisées avec le respect des conditions de fonctionnement.

Ce mémoire comporte quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré uniquement à la recherche bibliographique sur l'énergie solaire, les applications de l'énergie solaires et les différents systèmes de distillateur solaire.
- Le deuxième chapitre est réservé à l'étude théorique de concentrateur solaire parabolique
- Le troisième chapitre décrit la réalisation de distillateur solaire, description et réalisation des composants de prototype.
- Le quatrième chapitre comprend quelques résultats de distillation et discuter les courbes

Enfin une conclusion générale que rassemble l'essentiel de cette étude.

Chapitre I

Recherche Bibliographique

I.1 Introduction :

Les problèmes en relation avec l'eau sont nombreux et très divers. Il n'y a donc aucune solution simple permettant de répondre à sa demande dans n'importe quel pays.

Le dessalement de l'eau marine ou saumâtre est un processus qui permet d'extraire le sel pour la rendre potable ou l'utiliser pour l'irrigation.

Dans ce chapitre nous présentons une description des diverses méthodes des distillations solaire et les modes des systèmes pour distillation.

I.2 L'énergie solaire :

Les conditions résidentes au cœur du soleil favorisent l'interaction des différents atomes d'hydrogène qui subissent une réaction de fusion thermonucléaire. Le résultat de ce processus, lorsqu'il se répète est la fusion de quatre noyaux d'hydrogène en un noyau d'hélium avec émission d'énergie sous forme de rayonnements gamma et X.

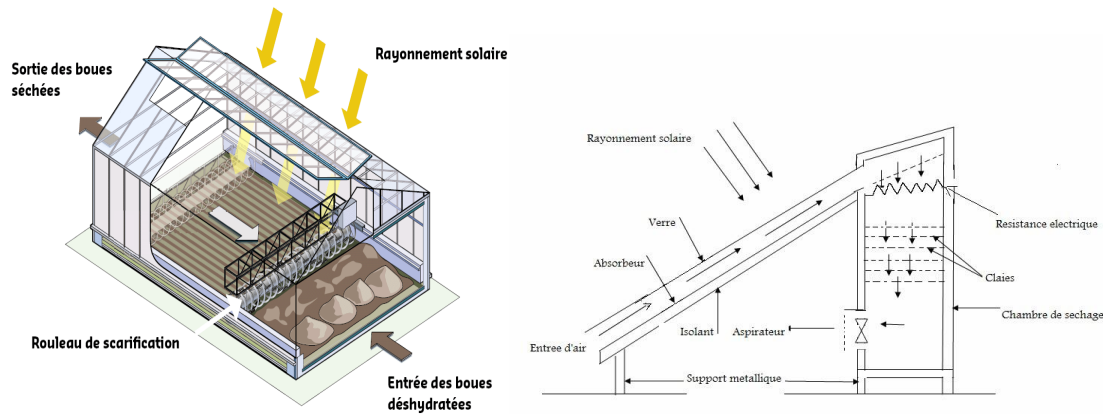
Chaque seconde, 564 millions de tonnes d'hydrogène se transforment en 560 millions de tonnes d'hélium, cette différence de 4 millions de tonnes par seconde correspond à la différence d'énergie de liaison entre les protons d'hydrogène et ceux d'hélium donnant une énergie sous forme de rayonnement, estimée à $3.7 \cdot 10^{26}$ j/s [2].

I.3 Les applications de l'énergie solaire :

L'énergie solaire est capable de produire de l'électricité et de la chaleur. Aujourd'hui les applications du solaire se déclinent dans des domaines de plus en plus variés :

I.3.1 Le Séchage solaire :

Le séchage est une opération ayant pour but d'éliminer partiellement ou totalement l'eau d'un corps humide par évaporation de cette eau. Cette opération met en jeu un transfert de chaleur (une fourniture de chaleur permet le changement de phase du liquide) et un transfert de masse (le liquide imprégnant le solide passe à l'état de vapeur dans l'air asséchant)



Principe de fonctionnement du séchage solaire par Heliatis

Figure I.1 : Diagramme schématique du séchoir solaire.

I.3.2 Le Climatisation solaire :

✓ Présentation :

La **climatisation solaire** désigne l'ensemble des techniques de climatisation utilisant l'énergie solaire comme ressource énergétique primaire.

Il existe théoriquement 4 moyens de produire du froid à partir de l'énergie solaire :

- utiliser le solaire photovoltaïque pour alimenter un climatiseur traditionnel en électricité
- convertir l'énergie solaire thermique en énergie mécanique couplée avec un climatiseur à compression
- utiliser l'énergie solaire thermique pour alimenter une machine à froid dite "à sorption" (absorption ou adsorption)
- utiliser l'énergie solaire thermique pour alimenter un système de conditionnement d'air par évaporation ou DEC.

Actuellement, les systèmes de rafraîchissement les plus répandus sont les **systèmes "à sorption"** et les systèmes de **climatisation par évaporation**.

✓ Principe de fonctionnement :

La technique de climatisation solaire la plus courante utilise des capteurs solaires pour fournir de la chaleur à **une machine à absorption**. Cette machine dissocie par ébullition une solution d'eau et de bromure de lithium.

Après refroidissement, la recombinaison des deux composants produit du froid qui peut être distribuée comme dans un système de climatisation classique.

Les **machines à adsorption** sont pour l'instant moins répandues que les précédentes, mais présentent un grand intérêt pour l'avenir de la climatisation grâce à l'énergie solaire.

Comme les machines à absorption, elles produisent de l'eau glacée qui peut être utilisée dans une centrale de traitement d'air ou dans un réseau d'eau alimentant des installations décentralisées.

Il existe par ailleurs des systèmes ouverts où l'eau est en contact direct avec l'air à refroidir.

Ces systèmes de **climatisation par dessiccation** ou **climatisation par évaporation** augmentent l'humidité de l'air et réduisent la température ambiante.

I.3.3 Le chauffe d'eau solaire :

Un chauffe-eau solaire est un dispositif de captage de l'énergie solaire destiné à fournir partiellement ou totalement de l'eau chaude sanitaire (ECS).

Ce type de chauffage permet habituellement de compléter les types de chauffage de l'eau exploitant d'autres sources énergétiques (électricité, énergies fossiles, biomasse, etc.); dans certaines conditions il permet de les remplacer totalement. L'énergie solaire étant renouvelable, ce remplacement permet de limiter efficacement les émissions de gaz à effet de serre ou la production de déchets nucléaires, raison pour laquelle l'installation de tels dispositifs est fortement encouragée par de nombreux États et collectivités via la fiscalité, des primes et /ou une obligation d'installation sur les nouvelles constructions.

Il existe principalement trois types de panneaux solaires thermiques:

- **Les capteurs plans non-vitrés** de l'eau circule dans un tube absorbeur, généralement peint en noir et à l'air libre [4];
- **Les capteurs plans vitrés** un fluide caloporteur circule dans un tube absorbeur, à l'intérieur d'un caisson, vitré sur la face exposée au soleil et isolé sur les autres. Ces capteurs, à la fois simples et performants, peuvent être auto-construits [4];
- **Les collecteurs à tubes sous vide** ces capteurs sont plus complexes car chaque élément est constitué de deux tubes de verre concentriques, isolés par le vide. Le fluide caloporteur circule dans un dispositif placé dans le tube central. La très bonne isolation thermique fournie par le vide limite les déperditions, ce qui permet d'atteindre de plus hautes températures lorsque l'écart de température avec l'extérieur est important, donc notamment en hiver, ou sous des climats froids. Les tubes ont un revêtement interne permettant de capturer jusqu'à 80% de l'énergie solaire.



Figure I.2 : *Chauffe-eau solaire à tubes sous vide en Chine et Un capteur monté en façade plan auto- construit.*

I.3.4 La distillation solaire :

Les distillateurs solaires simples sont utilisés aujourd'hui pour la production d'eau portable à partir d'eau salée dans plusieurs pays du tiers-monde. Malik et al maintiennent que la distillation solaire est la méthode la plus économique pour la production d'eau douce en petites quantités. Selon Malik et al, les alchimistes arabes auraient été les premiers à utiliser la distillation solaire. Les premiers travaux détaillés publiés sur le sujet remontent à Harding (1883) où il présente le distillateur en bois recouvert de verre que l'ingénieur suédois Carlos Wilson utilisait au Chili. Cet appareil pouvait produire en moyenne 4,9 litres d'eau distillée par jour pour une journée d'été.

a- Principe de la distillation solaire :

Les distillateurs solaires utilisent tous le même principe de fonctionnement; néanmoins, ils peuvent différer les uns des autres en conception et en matériau. Le fonctionnement d'un distillateur solaire repose sur l'effet de serre.

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 [11]. 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, voir la figure ci-dessus (Figure I-3) [5].

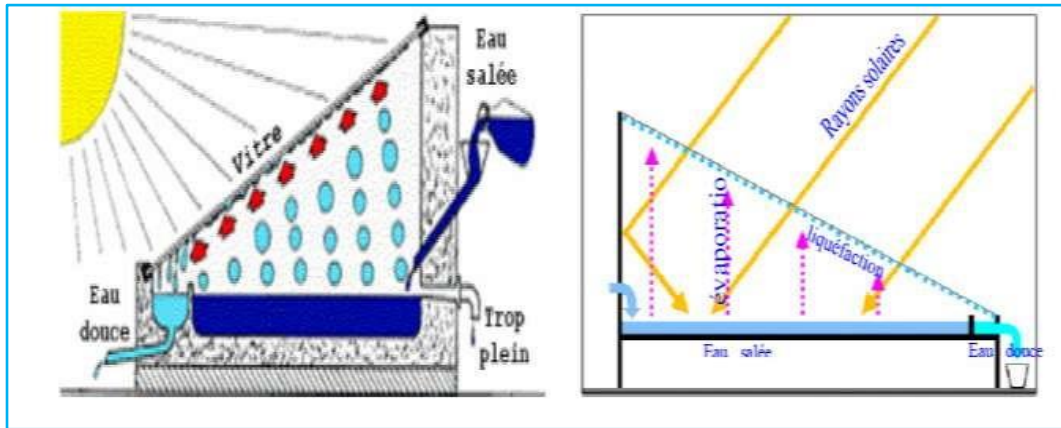
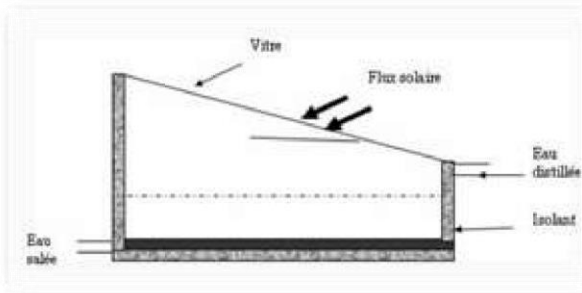
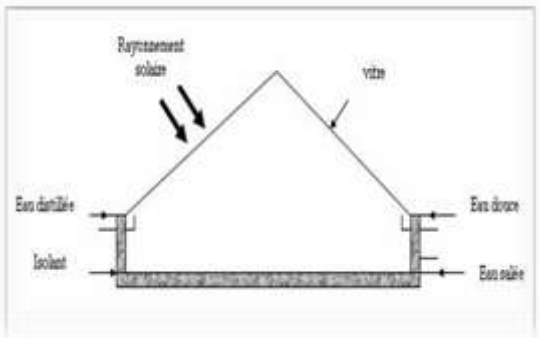


Figure I.3 : Principe de construction et de fonctionnement d'un distillateur solaire simple

b- Les différents types des distillateurs :

Il existe plusieurs types de distillateurs solaires. Ils peuvent être différents, en terme de conception et en terme de matériaux utilisés, mais ils utilisent tous le même principe et servant aux mêmes fonctions [6].

b.1 Distillateurs à simple effet :

Type de Distillateur et définition	figure
<p>Distillateur à pente unique : Le distillateur à pente unique incliné d'un angle</p>	
<p>Distillateur solaire à double pente: C'est un distillateur à double capteurs où chacun d'eux est incliné d'un angle, son avantage est d'exposer un capteur au soleil et un autre à l'ombre pour accélérer la condensation.</p>	

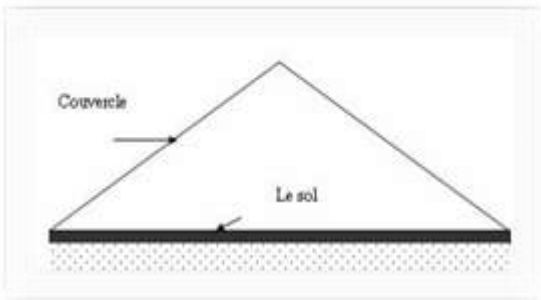
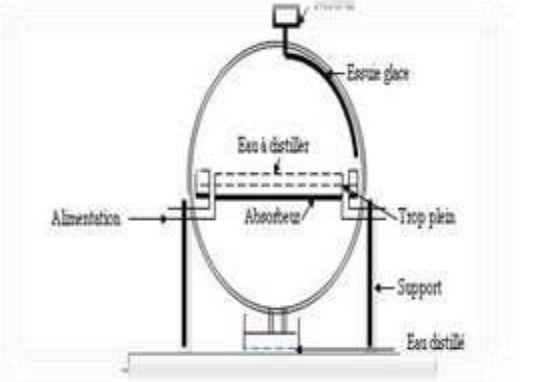
<p>Distillateur solaire terre- eau : De grandes quantités d'humidité sont accumulées dans la terre durant la saison froide, de même dans les régions arides. Cette humidité est retournée à l'atmosphère durant la saison chaude pour compléter le cycle hydrologique naturel.</p>	
<p>Distillateur sphérique à balayage : C'est un distillateur en plexiglas ou autres matériaux plastiques transparents reposant sur des supports, il est essentiellement constitué par trois parties, une demi-sphère supérieure qui sert à transmettre le rayonnement solaire d'une par</p>	

Figure I.4 : différent type de distillateur solaire à simple effet.

b.2 Distillateurs à multi effets

Le distillateur solaire à multi effets est constitué de plusieurs évaporateurs placés en série et opérant à des pressions décroissantes; l'effet de tête et l'effet de queue [7].

- Distillateur à diffusion ;
- Distillateur solaire à cheminée ;
- Distillateur à mèche évaporante ;
- Distillateur à plusieurs bassins.
- Distillateur solaire incliné à cascade

b.3 Distillateur solaire à film capillaire : DIFICAP

On distingue deux type sont les suivants:

- Distillateur à film capillaire.
- Distillateur à film capillaire avec plusieurs étages.

I.4 Différent système des distillateurs solaire :

I.4.1 Distillateur solaire parabolique :

Dessalement des eaux saumâtres au moyen d'un parabolique concentrateur solaire :

Le dispositif est composé d'un collecteur solaire parabolique. Qui concentre l'énergie vers l'absorbeur (antenne parabolique) et d'un condenseur de vapeur (figure I.5).

La conversion thermique de l'énergie solaire par un concentrateur parabolique solaire permet d'atteindre de hautes températures en mesure de faire bouillir l'eau avec des pressions supérieures ou égales à celle atmosphérique. [8]

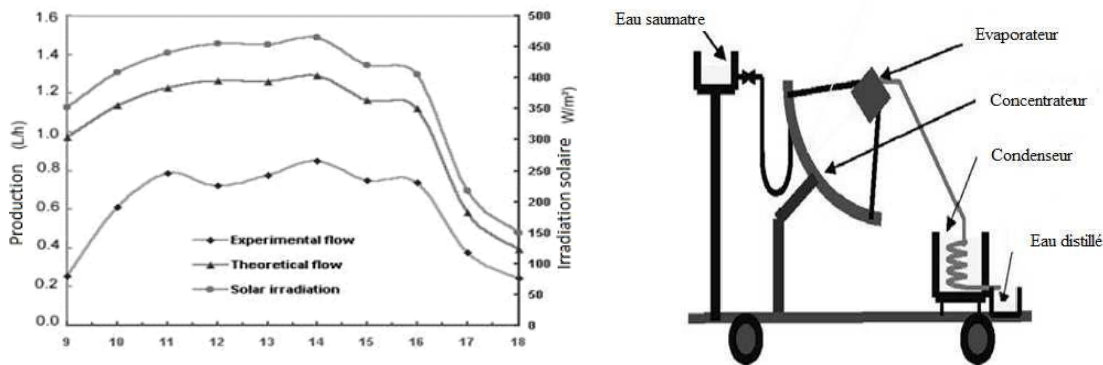


Figure I.5 : *Distillateur à concentrateur parabolique*

I.4.2 Distillateur solaire à des miroirs :

L'intensité de l'énergie solaire a été concentrée par des moyens de miroir concave, qui reflète les rayons du soleil à la mise au point de la partie concave, le modèle expérimental est constitué d'elliptique. Un condenseur a été utilisé pour condenser la sortie de vapeur. Les résultats expérimentaux ont montré une amélioration significative de la productivité des eaux dessalées, environ 30% par rapport aux autres distillateurs solaires thermiques. En outre, l'augmentation du rapport de performance est d'environ 900% de plus que les systèmes de dessalement de toit de type solaire. [9]

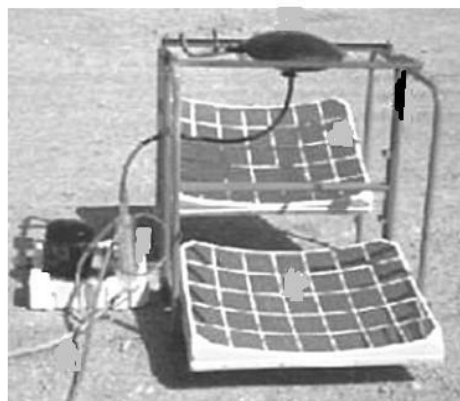


Figure I.6.a : *Distillateur à des miroirs concaves*

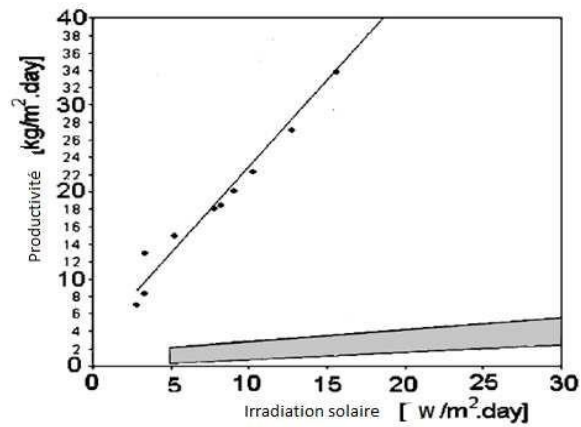


Figure I.6.b : Variation de production en fonction d'irradiation solaire

I.4.3 Distillateur solaire pyramide et prisme :

Le prisme triangulaire solaire comme le montre (Figure I.10).

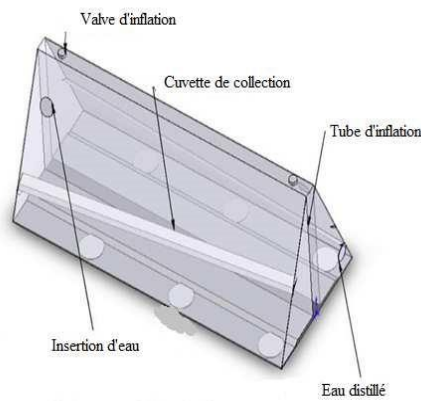


Figure I.7 : Distillateur sous forme d'un prisme [11].

I.4.4 : Distillateur pyramide :

Le pyramidal était encore conçu pour fonctionner de la façon suivante :

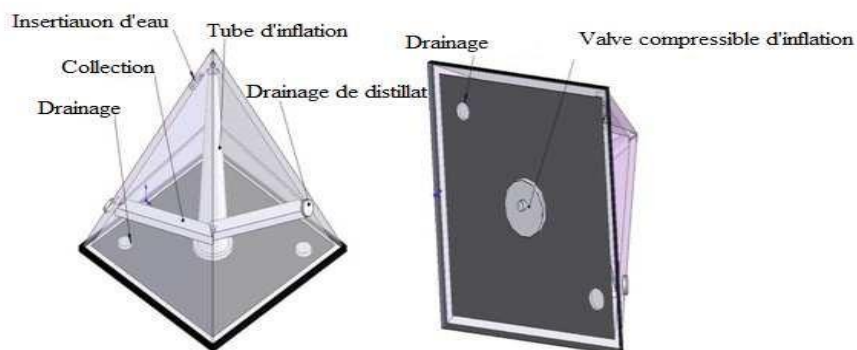


Figure I.8.a : Production temporelle de distillateur sous forme d'une pyramide [11]

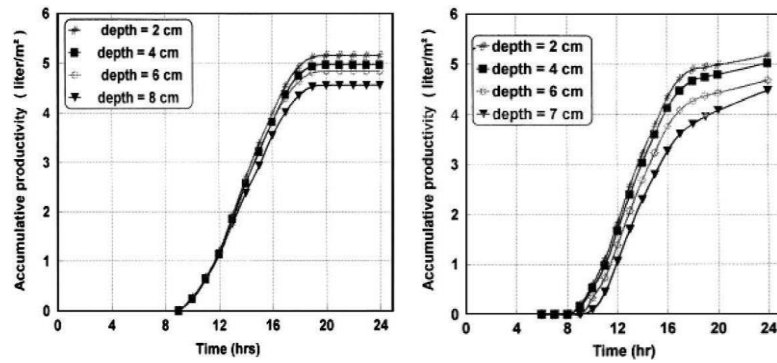


Figure I.8.b : Production temporelle de distillateur sous forme d'une pyramide [11]

I.4.5 Distillateur hybride thermique :

Une modification de photovoltaïque thermique (PVT) à double pente solaire actif été conçu et fabriqué pour des sites éloignés. Le système a été installé sur le campus de KIET, Ghaziabad (Inde) et sa performance a été évaluée expérimentalement. Le taux de production a été accéléré à 1,4 fois plus que la seule pente hybride solaire (PVT). [10]

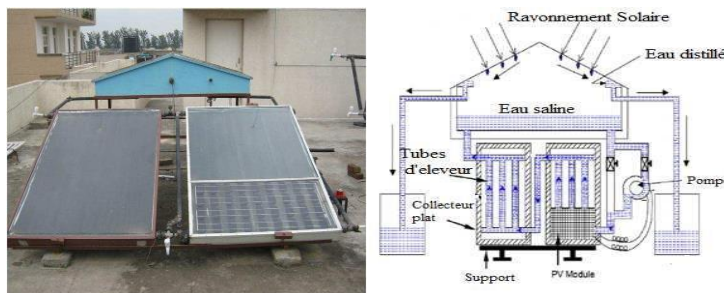


Figure I.9 : Production temporelle du distillateur hybride

I.4.6 Distillateur thermo électrique :

Une tentative a été faite pour concevoir un nouveau type thermoélectrique solaire, un module thermoélectrique est utilisé pour améliorer la différence de température entre l'évaporation et les zones de condensation. En outre, un dispositif de refroidissement est utilisé pour refroidir le côté chaud du refroidisseur thermoélectrique [14]

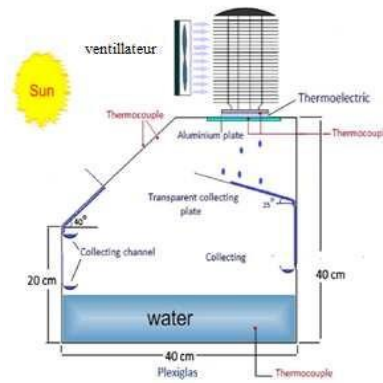


Figure I.10.a : Distillateur thermoélectrique

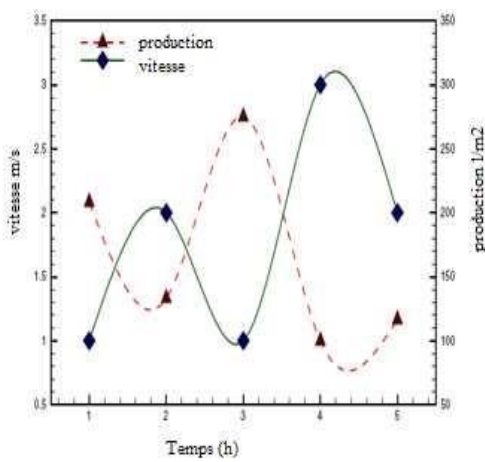


Figure I.10.b : Variation temporelle de la vitesse.

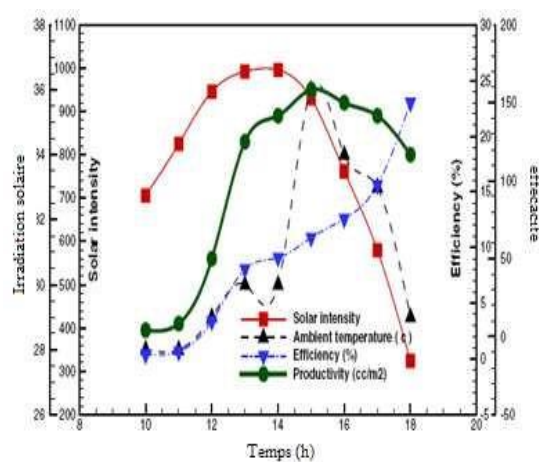


Figure I.10.c : Variation temporelle de la température ambiante et l'efficacité, la production, irradiations solaire de refroidissement et la production.

I.4.7 Distillateur à matériau de changement de phase :

Des distillateurs solaires ont été employés pour le dessalement de l'eau dans les terres arides avec le manque de l'eau dans les conditions climatiques. Deux distillateurs solaires de cascade ont été construits avec et sans le système de stockage de l'énergie. Le solide de paraffine est choisi pendant que le matériel de changement de phase (PCM) qui agit en tant que LHTESS, une couche mince de l'eau couvre la surface d'évaporation et réduit la canalisation. [12]

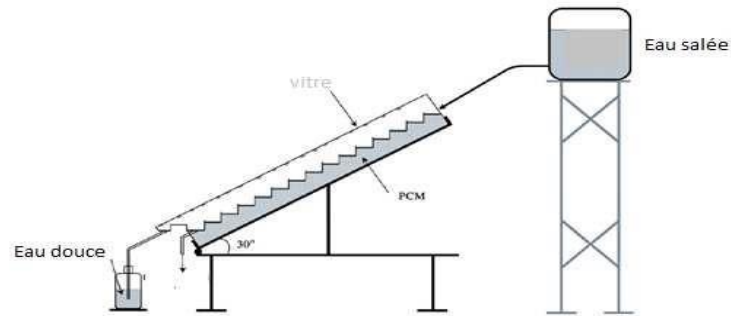


Figure I.12.a : Distillateur à matériau de changement de phase

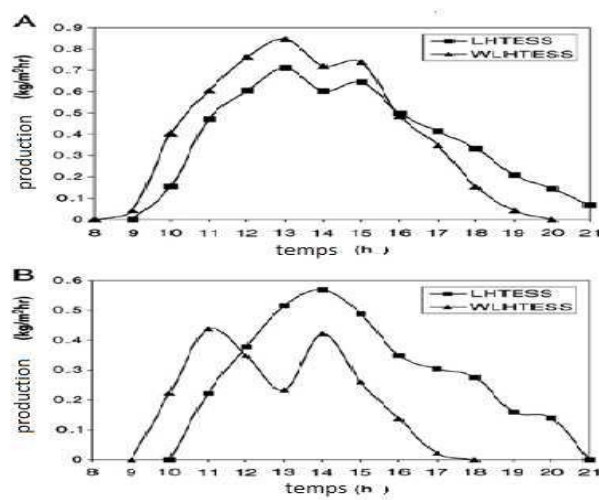


Figure I.12.b : Variation temporelle de production

I.4.8 Distillateur hybride :

Le caractère hybride d'un système de dessalement solaire constitué d'un "effet de serre" type classique solaire couplé avec un champ de capteurs solaire et un réservoir de stockage d'eau chaude.

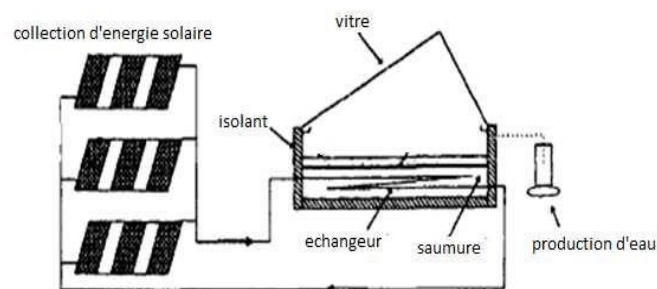


Figure I.13 : Distillateur hybride thermique

I.4.9 Simple bassin solaire double pente avec matériaux de stockage :

Dispositif simple qui permet de convertir des eaux saumâtres disponibles en eau potable à l'aide l'énergie solaire. Une pente seul bassin solaire à double encore avec une taille de 2,08 m bassin intérieur, 0,84 m, 0,075 m et que de la taille du bassin externe de 2,3 m, 1m, 0,25 m a été fabriqué avec plaque d'acier doux et testé avec une couche d'eau et de différents matériaux sensibles de stockage de chaleur comme le rock, des morceaux de quartzite en briques rouges, cimentier morceaux de béton, des pierres à la chaux et des bouts de fer. Il se trouve que, le quartzite est le matériau du bassin efficace. [13]

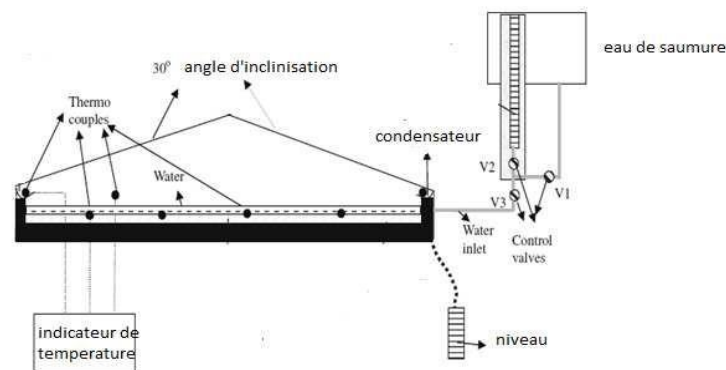


Figure I.14 : Simple bassin solaire double pente avec matériaux de stockage

I.5 Caractéristiques de fonctionnement du distillateur solaire :

Un distillateur solaire est caractérisé essentiellement par les grandeurs suivantes [15][16]

I.5.1 Le rendement le débit de distillat ou la production :

C'est la quantité d'eau produite par unité de surface de plan noir et par jour. L'inconvénient majeur de ce critère est qu'il ne fait pas mention de l'énergie solaire incidente qui arrive sur le distillateur.

$$m_d = \frac{q_{ev}}{L_v} \quad (I.1)$$

q_{ev} : Quantité de chaleur utilisée pour l'évaporation par unité de temps.

L_v : Chaleur latente de vaporisation.

I.5.2 L'efficacité :

L'efficacité globale est définie par le rapport de la quantité d'énergie évaporée par mètre carré, à la quantité de l'énergie globale incidente par mètre carré sur une surface horizontale. Elle est donnée par la relation suivante

$$r_g = \frac{q_{ev}}{I_g \times A_g} \times \frac{m_d \times L_v}{I_g \times A_g} \quad (I.2)$$

q_{ev} : Quantité de chaleur utilisée pour l'évaporation par unité de temps.

A_g : Superficie du capteur (aire de la vitre).

I_g : Énergie solaire globale incidente par mètre carré (m²) sur une surface horizontale, pendant un jour.

L_v : Chaleur latente de vaporisation.

m_d : Le débit du distillat

I.5.3 La performance :

Le souci de caractériser un distillateur d'une manière absolue a amené ainsi Satcunanathan et Hansen à définir le facteur de performance brut (F.P.B) et le facteur de performance horaire (F.P.H).

$$FPB = \frac{\text{Quantité d'eau produite au bout de 24h}}{\text{Quantité d'énergie entrée au bout de 24h}} \quad (I.3)$$

$$FPH = \frac{\text{Quantité d'eau produite au bout d'un}}{\text{Quantité d'énergie entrée au bout d'un heure}} \quad (I.4)$$

I.6 Conclusion :

Toutes les techniques de distillation exigent de gros investissements que la plus part des pays en voie de développement ne peuvent supporter, quelque soit le procédé de dessalement utilise une quantité d'énergie minimale. Donc la technique qui n'exige pas une énergie et probablement la mieux connue est la distillation solaire.

Donc dans ce la mémoire ont utilisé le concentrateur solaire parabolique pour expérimenter la distillation solaire et connu le rendement, l'efficacité de ce système.

Chapitre II
Etude théorique du
concentrateur parabolique

II.1 Introduction :

L'énergie solaire peut être exploitée sous deux formes principales : la conversion photo thermique qui consiste en une transformation directe du rayonnement solaire en chaleur et la conversion photovoltaïque pour la production d'électricité.

Nous traiterons dans le cadre de ce travail seulement la première voie de conversion

II.2 Les collecteurs thermiques :

La conversion photo thermique se fait à l'aide de collecteurs thermiques qui consistent en une transformation directe du rayonnement solaire en chaleur, comme le chauffage domestique, les cuisines solaires, la chaleur pour des processus industriels. Elle se fait selon deux manières : une captation avec concentration et sans concentration.

II.2.1 Captation sans concentration :

- **capteurs plans :**

Le rayonnement solaire peut être transformé en chaleur à basse température, par des capteurs plans utilisant conjointement l'absorbeur, surface sélective et l'effet de serre créé par le vitrage. Ces capteurs ont l'avantage d'utiliser aussi bien les rayons directs du soleil que les rayons diffusés, c'est à dire que même par temps couvert, le liquide caloporteur de capteur parvient à s'échauffer. L'autre avantage est qu'il n'est pas nécessaire d'orienter le capteur suivant le soleil.

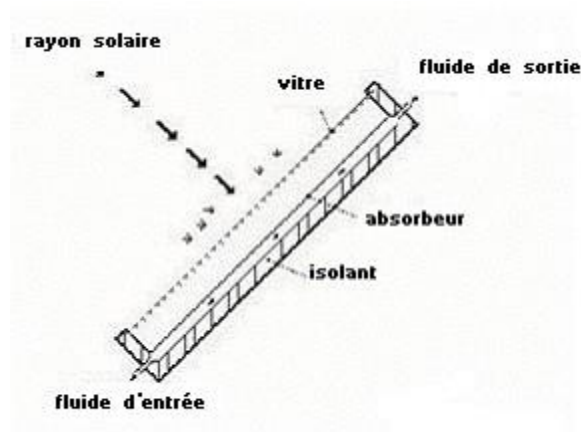


Figure I.1 : Capteur plan

II.2.2 Captation avec concentration :

- **Capteurs à concentrations :**

Quand les températures plus élevées sont exigées, des capteurs solaires à concentration sont utilisés. Ils utilisent l'énergie solaire arrivant sur une grande surface réfléchissante, et réfléchi sur une plus petite surface avant qu'elle ne soit convertie en chaleur qui entraînerait de températures plus élevées. La plupart des collecteurs à concentration peuvent seulement concentrer le rayonnement solaire parallèle venant directement à partir du disque du soleil (rayonnement direct), donc ils doivent suivre le mouvement apparent du soleil. On constate de manière évidente que leur utilisation restera très limitée (entre 1500 et 1700 heures d'ensoleillement par an en moyenne). [17]

Les trois systèmes à concentration les plus importants pour l'application à grande échelle de l'énergie solaire sont :

II.2.2.1 Concentrateurs cylindro-paraboliques :

Le réflecteur cylindro-parabolique est un capteur solaire à concentration à foyer linéaire qui utilise un réflecteur cylindrique de section parabolique : c'est le concentrateur le moins récent et le plus utilisé. En effet, de nombreuses installations ont déjà vu le jour et ont déjà été commercialisées depuis 1980 dans le monde.

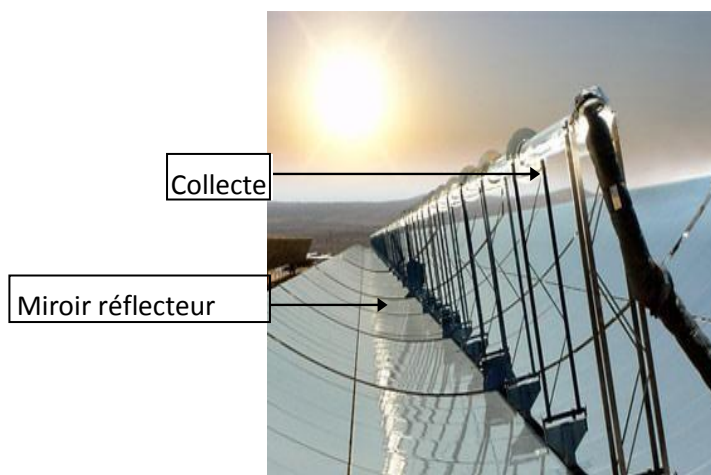


Figure II.2 : *Concentrateur cylindro-parabolique*

Dans ce type de centrale, les miroirs réflecteurs sont alignés parallèlement et tournent autour d'un axe horizontal pour suivre la course du soleil et collecter le plus de rayon possible. Ces rayons sont ensuite concentrés sur un tube horizontal, dans lequel circule un fluide colporteur qui peut atteindre une température de 500°C. Ce fluide servira à transporter la

chaleur vers la centrale elle-même. L'énergie récoltée par ce fluide est transféré à un circuit d'eau, la vapeur alors produite actionne une turbine qui produit de l'électricité.

Comme nous venons de la voir, ce type de centrale est généralement composé de trois parties principales: le champ solaire, le système de transfert de la chaleur et le système de génération électrique.

II.2.2.2 Concentrateurs paraboliques :

Ces capteurs utilisent des surfaces réfléchissantes paraboliques pour concentrer les rayons solaires dans le foyer où se trouve le récepteur (absorbeurs) qui capte la chaleur solaire ainsi concentrée.

Naturellement ces concentrateurs doivent suivre le mouvement du soleil. Les systèmes à réflecteur parabolique peuvent atteindre des températures plus élevées (jusqu'à 1500°) sur le récepteur.

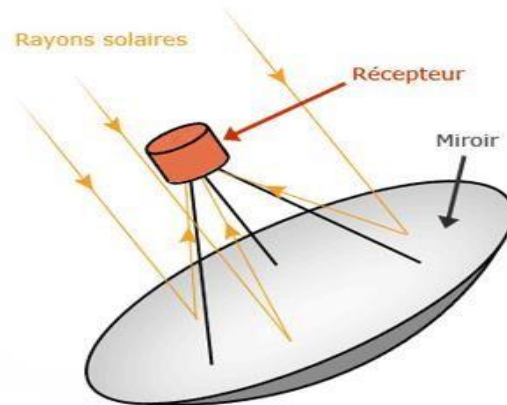


Figure II.3 : Concentrateur parabolique

II.2.2.3 Système de centrale à tour (héliostat) :

Une centrale solaire thermodynamique est une centrale présentant un dispositif de concentrateur solaire (ci-dessous). Ce dispositif est composé des miroirs plans et d'une tour comportant un fluide caloporteur. A l'aide de miroirs plans appelés héliostats, les rayons solaires seront regroupés en une zone appelé foyer avec une grande précision. Cette zone est située en haut d'une grand tour pouvant dépassée les 100 mètres de haut. La température y régnant, y est alors largement augmentée puisqu'elle peut dépasser les 1000°C. On trouve, également, dans cette zone, un fluide caloporteur qui permettra, par la suite, de produire de l'énergie électrique. Dans l'absolu, un ordinateur positionne les miroirs de façon à ce que les rayons captés soient toujours redirigés vers la tour, ainsi les miroirs tournent. [18][19]

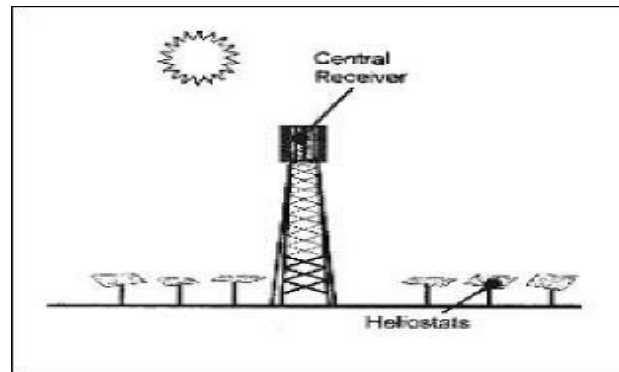


Figure II.4 : système de centrale à tour

II.2.3 Quelques avantages de la concentration :

- Réduction des surfaces réfléchissantes.
- Réduction des pertes thermiques.
- La densité d'énergie au niveau de l'absorbeur est grande donc le fluide caloporteur peut travailler à température plus élevée pour la même surface de captation d'énergie.

II.3 Les applications de concentrateur solaire parabolique :

Les applications sont multiples, parmi lesquelles nous pouvons citer :

II.3.1 Applications à basses et moyennes températures :

- Le chauffage

Le système solaire permet d'utiliser la chaleur produite pour les besoins d'eau chaude sanitaire, le chauffage d'habitats. [21]

- Le dessalement des eaux [22]

Le dessalement de l'eau de mer est désormais un principe envisageable, voire nécessaire pour obtenir de l'eau potable. Le solaire thermique paraît être le mieux adapté à le réaliser.

- Le séchage solaire des fruits

Les fruits peuvent être séchés grâce à l'énergie solaire. Ils sont disposés dans une enceinte à l'intérieur de laquelle un courant d'air circule au-dessus des fruits. [20]

II.3.2 Applications à hautes températures :

- L'électricité

Le système de turbine à vapeur pour la production d'électricité présente un danger environnemental, puisqu'il dégage du CO_2 et contribue ainsi au réchauffement climatique. Nous pouvons alors envisager de remplacer la chaudière à gaz qui entraîne la turbine par des collecteurs solaires, paraboliques, qui engendrent des fluides caloporteurs à haute température et par suite produisent de la vapeur d'eau.

Il faut également encourager l'utilisation des panneaux solaires photovoltaïques pour la production d'énergie électrique. [21]

II.4 La géométrie parabolique :

II.4.1 Définition :

Une parabole est l'ensemble des points situés à égale distance d'une droite fixe (D) appelée directrice, et un point fixe (F) appelé foyer. L'intersection de la parabole et de son axe est le sommet (V) qui est exactement intermédiaire entre le foyer et la directrice. [23]

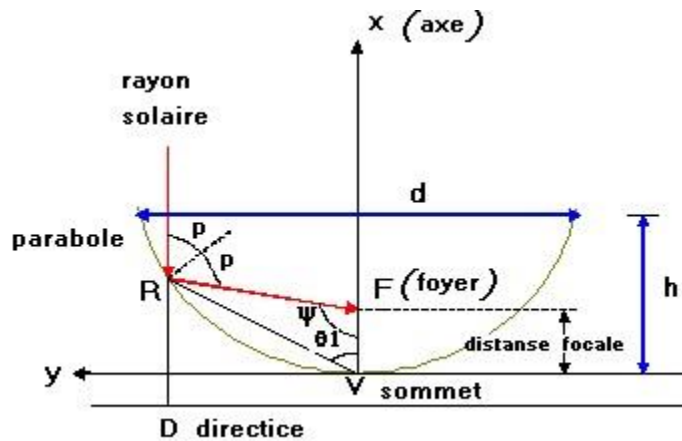


Figure II.5 : Propriétés géométriques de la parabole. [25]

L'équation de la parabole est :

$$y^2 = 4 \cdot f \cdot x \tag{II-1}$$

f : la distance focale FV

$$p = \frac{2f}{1 + \cos y} \tag{II-2}$$

p : rayon parabolique, distance (RF) entre la courbe de la parabole et le foyer f.

y : angle mesuré à partir de la ligne (VF) et le rayon parabolique (P).

II.4.2 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:

$$\tan \psi_p = \frac{(f/d)}{2(f/d)^2 - \frac{1}{8}} \tag{II-3}$$

f : distance focale

d : diamètre de l'ouverture de la parabole.

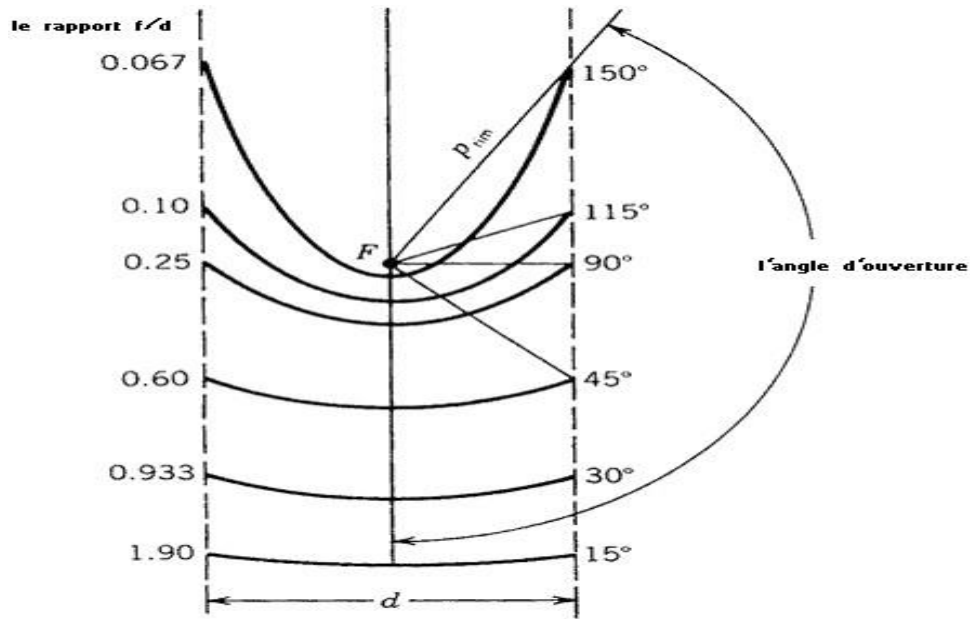


Figure II.6 : Section d'une parabole possédant un foyer commun F et le même diamètre d d'ouverture d . [24]

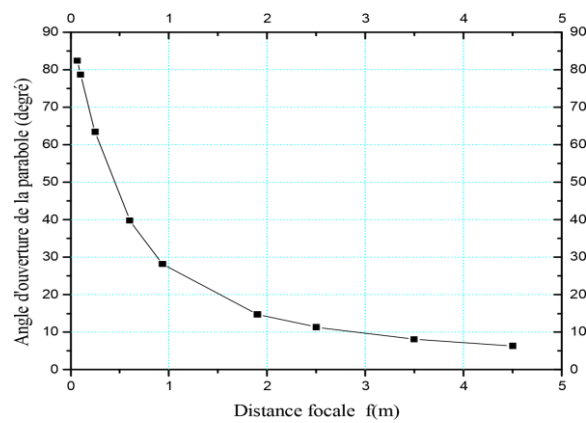


Figure II.7 : Distance focale en fonction de l'angle d'ouverture d'une parabole $d = 1m$. [25]

On peut voir qu'une parabole avec un petit angle d'ouverture est relativement plate.

L'augmentation de l'angle d'ouverture de la parabole fait diminuer la distance focale.

II.4.3 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 : [24]

$$h = \frac{d^2}{16f} \quad (\text{II-4})$$

Où (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:

$$\tan \psi_p = \frac{1}{(d/8h) - (2h/d)} \quad (\text{II-5})$$

II.4.4 Surface d'une parabole :

C'est l'espace inclu entre une parabole et une ligne à travers son ouverture, elle est indiquée par :

$$A_x = \frac{2}{3} \cdot d \cdot h \quad (\text{II-6})$$

II.4.5 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-5. 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.5. Le résultat donnant l'expression de S est [23] :

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

II.5 Système optique d'une surface parabolique :

L'idée d'utiliser une surface parabolique vient du fait qu'elle est stigmatique pour les points à l'infini situé sur son axe. 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 » [20].

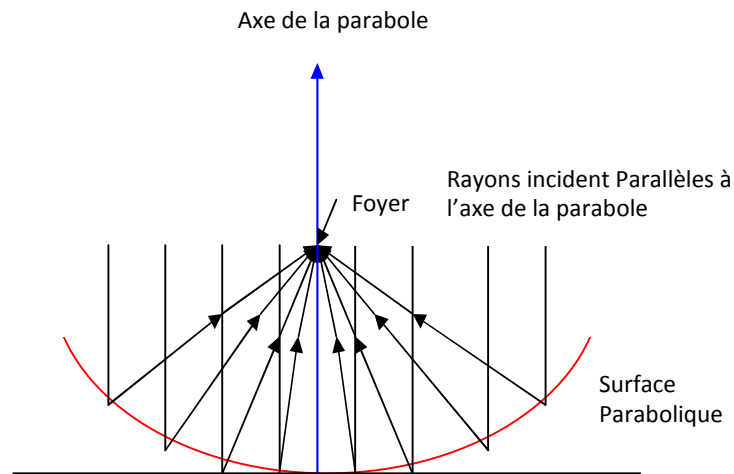


Figure II.8 : *Système optique d'une surface parabolique.*

II.5 Les composants d'un concentrateur solaire parabolique :

Le concentrateur solaire parabolique est composé des éléments suivants :

II.5.1 Réflecteur (Paraboloïde) :

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-9) en coordonnées rectangulaires utilisant l'axe z en tant qu'axe de symétrie, est :

$$X^2 + Y^2 = 4 \cdot f \cdot Z \quad (\text{II-8})$$

En coordonnées cylindriques, l'équation devient comme suit :

$$Z = \frac{a^2}{4f} \quad (\text{II-9})$$

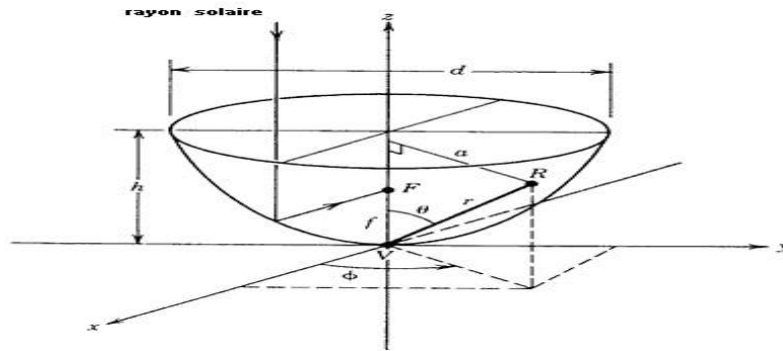


Figure II.9 : Paraboloïde de révolution. [24]

La surface du paraboloïde peut être trouvée en intégrant l'équation (II-9), Nous pouvons définir une bande différentielle circulaire d'une surface sur le paraboloïde comme représenté sur la figure (II-10).

$$dA_s = 2. \pi. a \sqrt{dz^2 + da^2} \tag{II-10}$$

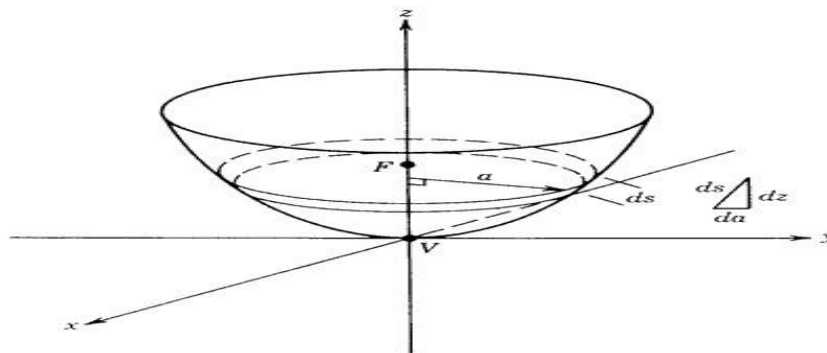


Figure II.10 : Elément différentiel de surface parabolique. [24]

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:

$$dA_s = 2. \pi. a \sqrt{\left[\frac{a}{2f}\right]^2 + 1} da \tag{II-11}$$

La surface d'un paraboloïde dont la distance focale est f et le diamètre d'ouverture est d, est donnée par [23] :

$$A_s = \int_0^{d/2} dA_s = 8\pi f^2 \left\{ \left[\left(\frac{d}{4f} \right)^2 + 1 \right]^{3/2} - 1 \right\} \quad (\text{II-12})$$

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 :

$$A_a = \frac{\pi d^2}{4} \quad (\text{II-13})$$

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:

$$A_a = \frac{\pi}{4} (2.p.\sin\psi_p)^2 \quad (\text{II-14})$$

$$A_a = 4.\pi.f^2 \frac{\sin^2\psi_p}{(1+\cos\psi_p)^2} \quad (\text{II-15})$$

Ψ_p : Angle d'ouverture de la parabole.

f : Distance focale

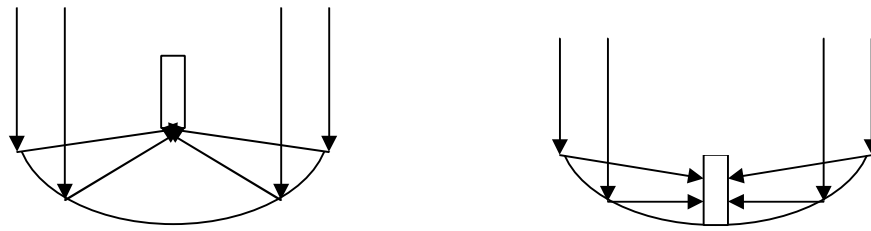
II.5.2 Récepteur (absorbeur) :

Le récepteur doit absorber autant de flux solaire concentré possible, et le convertir en énergie thermique, cette chaleur est transférée dans un fluide.

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.
- Une bonne résistance chimique vis à vis du fluide utilisé.

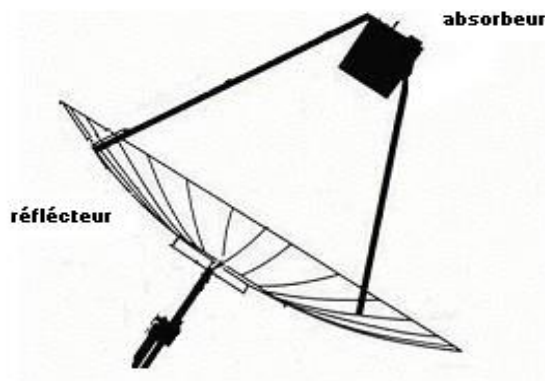
Il est important que le récepteur soit métallique car seuls les métaux ont de bons coefficients de conduction de la chaleur (cuivre : 360 w/m.k, aluminium : 200 w/m.k, acier 60 w/m.k) [18]. Plus le coefficient de conduction est faible et plus l'absorbeur doit être épais, ce qui augmente le prix et l'inertie de l'absorbeur.



Surface interne, Cavité Surface externe

Figure II.11 : Catégories des récepteurs

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

**Figure II.12 :** Concentrateur solaire parabolique. [25]

II.5.3 Support :

C'est un élément qui tient les composants précédemment cités ensemble et permet au four 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.5.4 Le système de poursuite :

C'est un système qui suit la course du soleil sous des angles multiples, de manière à ce qu'il irradie entièrement le panneau. Ainsi on améliore le rendement des panneaux solaires de 30 à 40%. [24]

II.5.5 Le miroir :

Trois types de surfaces réfléchissantes ont été utilisés pour des récepteurs 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 %.

- 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.6 Dimension du récepteur :

Nous avons vu que la parabole réfléchit tous les rayons lumineux parallèle à son axe en un point foyer, cela ne vaut pas pour des applications solaires, et en raison de la taille angulaire finie du disque solaire, on peut assumer que le diamètre apparent du disque solaire q_s égale à 0.0093 mrad.

Quand l'angle d'ouverture d'une parabole en parfait état est aligné vers le soleil, la réflexion des rayons forme une image circulaire (tache solaire) centrée au point focal sous forme d'ellipse. Le petit rayon s_f et le grand rayon r_f de l'ellipse sont indiqués comme :

$$s_f = \frac{f \cdot q_s}{1 + \cos y} \quad (\text{II-16})$$

$$r_f = \frac{f \cdot q_s}{(1 + \cos y) \cos y} \quad (\text{II-17})$$

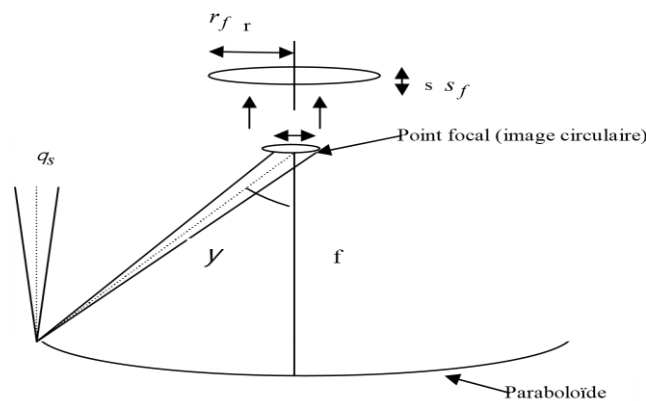


Figure III.13 : L'image ellipse

r_f : Diamètre minimum de l'image circulaire centrée au point focal en négligeant l'erreur de poursuite du soleil et l'erreur de focalisation de l'absorbeur.

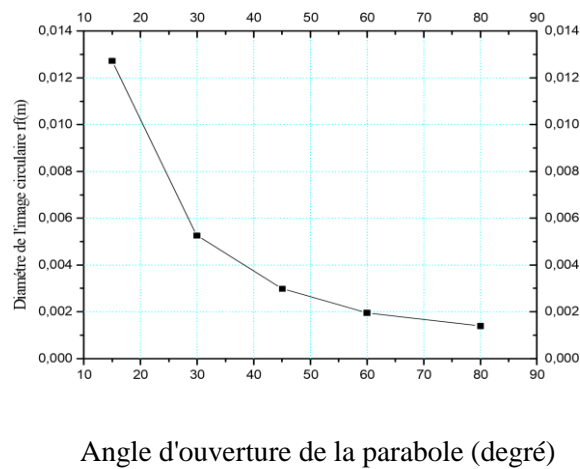


Figure II.14 : Diamètre de l'image circulaire en fonction de l'angle d'ouverture de la parabole $d = 1m$. [25]

On remarque que le diamètre de la tache solaire diminue qu'on l'angle de l'ouverture de la parabole augmente.

Pour que l'ouverture du récepteur capte tous les rayons du champ arrivant au foyer, le récepteur doit avoir un rayon minimum égal à la taille de la tache solaire. Comme en application solaire, son diamètre est petit, on peut augmenter ce diamètre qui varie selon la distance axiale arrière de point focal (L),

Le diamètre d'ouverture du récepteur est donné par :

$$d_2 = \frac{d.L}{f-h} \quad (\text{II-18})$$

d_2 : diamètre d'ouverture du récepteur.

L : distance axiale arrière du point focal

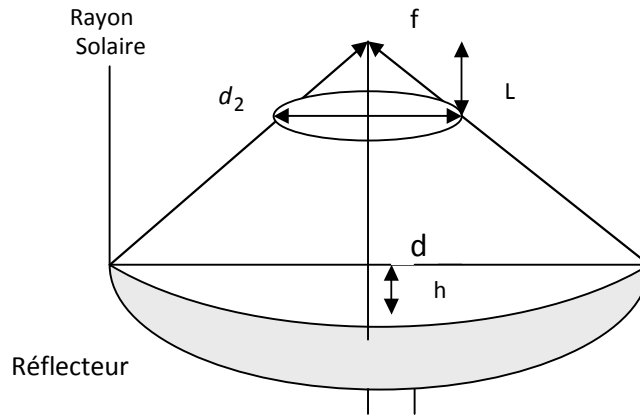


Figure II.15 : Distance axiale arrière du point focal

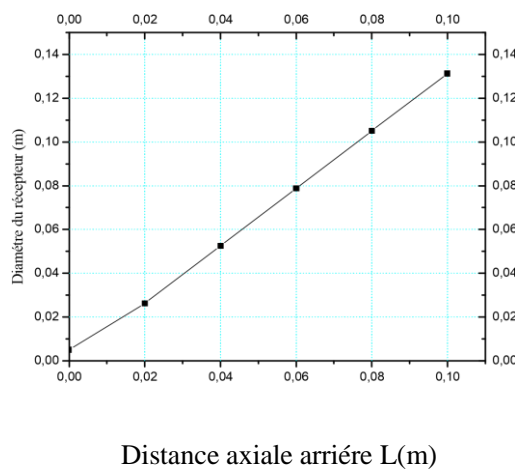


Figure II.16 : Diamètre du récepteur à différentes valeurs de (L). [25]

A distance axiale arrière nulle, le diamètre de l’ouverture du récepteur équivalant à la tache solaire vaut 5 mm, l’augmentation du diamètre de l’ouverture est linéaire.

II.7 Conclusion :

La position du soleil change au fil de la journée (en fonction de la rotation de la Terre) et de la période de l’année (en fonction des variations d’inclinaison de l’axe de la Terre par rapport à l’orbite du soleil).

L’orientation des capteurs est un problème important dans l’utilisation des capteurs à rayonnement concentré. Puisque la position apparente du soleil par rapport à un point de captation est constamment variable à l’échelle d’une journée, nous serons donc obligés de modifier constamment la position du concentrateur afin de collecter le maximum d’énergie en utilisant des dispositifs solaires.

Chapitre III

La Réalisation de
concentrateur parabolique

III.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous présenterons les différentes étapes de réalisation du concentrateur solaire parabolique conçu conformément au modèle théorique étudié au chapitre précédent. Le concentrateur été placé au niveau du laboratoire de département génie mécanique à l'Université d'El oued.

III.2 Description et réalisation des composants du prototype :

Dans le cadre de notre projet, nous avons réalisé le dispositif de concentration solaire. La réalisation d'un concentrateur solaire parabolique est simple mais peut se présenter sous différentes formes en fonction de l'utilisation du concentrateur. Nous avons opté pour un concentrateur parabolique. Pour cela, nous avons eu besoin du matériel suivant :

1. Réflecteur 2. Récepteur 3. Support 4. Le système de poursuite 5. Le miroir 6. Condenseur.

III.2.1 Réflecteur :

Le réflecteur est réalisé à partir d'une assiette métallique de parabole grande Taille. Le réflecteur constitué par des plusieurs miroirs couvrent la surface intérieure du réflecteur, les miroirs doivent avoir leurs côtés brillant face au soleil. La parabole repose sur un support mobile qui facilite son déplacement en plus du mécanisme de poursuite fonctionnant à l'aide de deux axes.



Figure III.1 : *présentation à la forme de réflecteur.*

Les caractéristiques géométriques du réflecteur parabolique sont décrites dans le tableau III.1.

Diameter de la parabole	$D = 1.80 \text{ m}$
Taille de la parabole	$h = 0.24 \text{ m}$
L'angle d'ouverture	$\psi_p = 56.6^\circ$
Distance focal	$F = 0.81\text{m}$
Surface d'ouverture	$A_a = 2.79 \text{ m}^2$

Tableau III.1

III.2.2 Le récepteur :

Dans cette étude le récepteur est une cocotte-minute de 3 L contenir à l'eau salée.

Les caractéristiques géométriques de cocotte est :

Diamètre	$d = 18 \text{ cm}$
Profondeur	$h = 13\text{cm}$
Volume	$V = 3\text{l cm}^3$

Tableau III.2



Figure III.2 : L'image de récepteur (cocotte-minute).

III.2.3 Le support :

Le support est un élément qui porte le dispositif et qui a été réalisé en tube carré soudé par arc électrique et ce - ci pour réduire le poids et faciliter la mobilité et le stockage. On note que le support contient deux étages l'un pour les accessoires de dispositif et l'autre pour le dispositif.

Et la dimension de support est :

Le longueur	L=1.70m
La parade	P=1.42m
L'hoteur	H=1m

Tableau III.3



Figure III.3: Le support de concentrateur

III.2.4 Le système de poursuite manuelle :

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 concentrateur solaire à la position du soleil à tout instant.



Figure III.4 : Le système de poursuite

III.2.5 Le miroir :

Les miroirs de concentrateur est un partie de vent deviser à des petit-parties égal (5×5 cm), et apposer cette dernier par matière de collai à l'intérieure de réflecteur, pour reflétés les rayons solaires vers le récepteur.



Figure III.5 : les étapes de collage le miroir.

III.2.6 Le condenseur :

Le condenseur est un partie de tube de cuivre tordus et couvrir à tissu avec le rosage de l'eau pour le refroidissement de tube, jusque on obtenir à la température permet au la condensation de vapeur d'eau produire, et la dimension du condenseur est :

Le longueur de tube	2.90m
Le diamètre de tube	12 mm

Tableau III.4

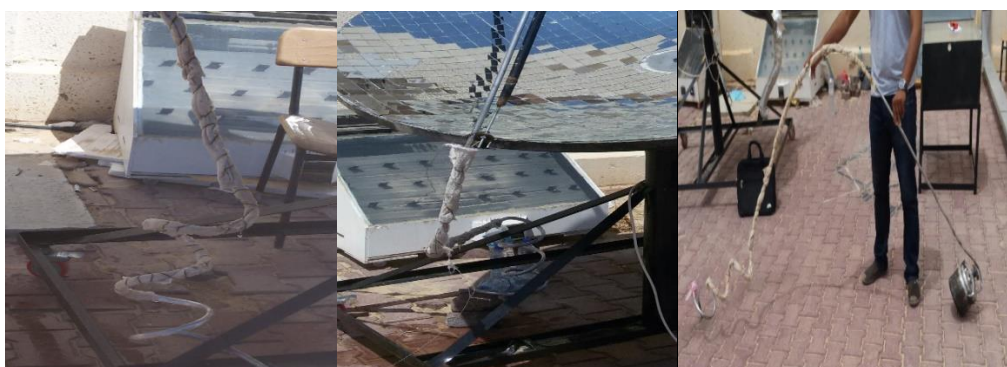


Figure III.6 : la forme générale du condenseur

III.3 Les instruments des mesures :

III.3.1 Le thermocouple :

Permet à la mesure de la température au niveau le point focal de concentrateur solaire parabolique.



Figure III.7 : Image du thermocouple.

III.3.2 Thermomètre :

Nous avons utilisé le thermomètre pour mesurer la variation périodique de température ambiante en °C.



Figure III.8 : L'image de Thermomètre.

III.3.3 Réceptacle de mesure :

Permet de mesurer la quantité d'eau distillée produite par le système, est contenue 1L.



Figure III.9 : image de Réceptacle de la mesure.

III.4 Conclusion :

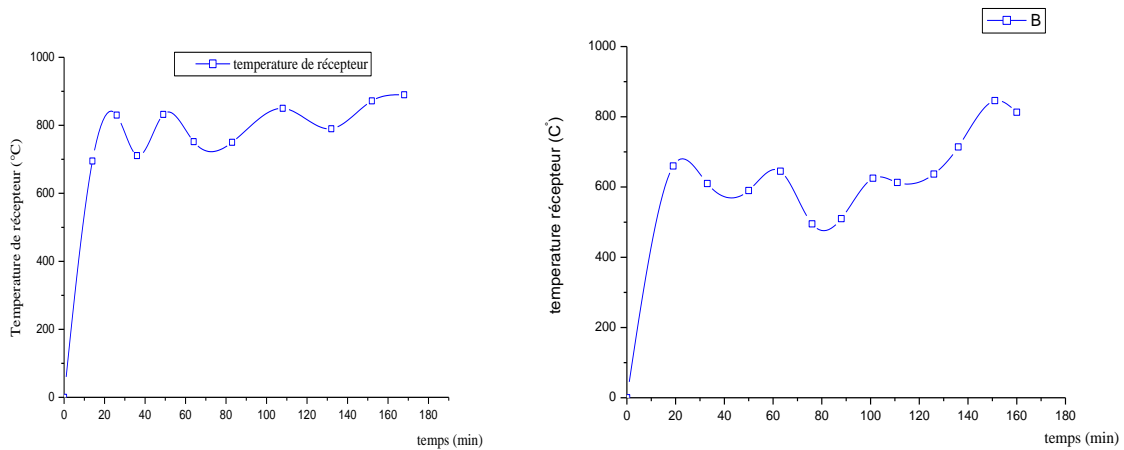
Malgré Les problèmes rencontrés lors de la réalisation du prototype de concentrateur, nous avons réalisé de concentrateur solaire parabolique pour Distiller L'eau, est concentrer rayonnement solaire en valeur considérable et atteindre des températures élevées permet à distillation l'eau.

Chapitre IV
Résultat et Discussion

IV.1 Introduction :

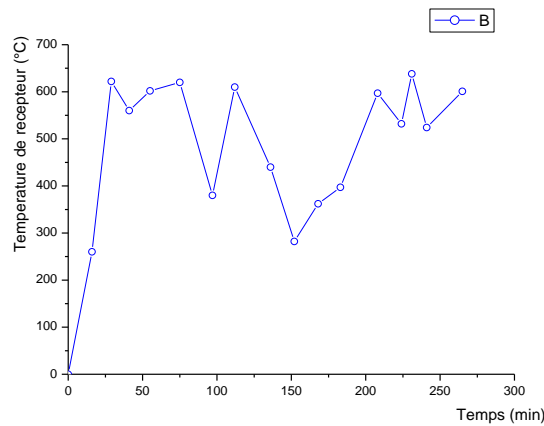
Dans ce chapitre, nous allons étudier d'une façon théorique la température et la quantité d'eau distillée qui atteint par le concentrateur solaire parabolique durant la journée du 16, 17 et 18 avril 2017, ainsi que l'influence de certains paramètres sur sa variation.

IV.2 L'évolution de la température de récepteur :



-Diagramme A de (Jour 16, 09:00 à 11:40)

-Diagramme B de (Jour 17, 11 :10 à 13 :58)



-Diagramme C de (Jour 18, 08 :45 à 13 :10)

Figure IV.1 : La variation de la température (°C) de récepteur en fonction le temps (min) à chaque jour (16, 17et18/04/2017).

Remarque :

La vitesse de vent moyenne à jour 16/04/2017 est : 5.18 m/s.

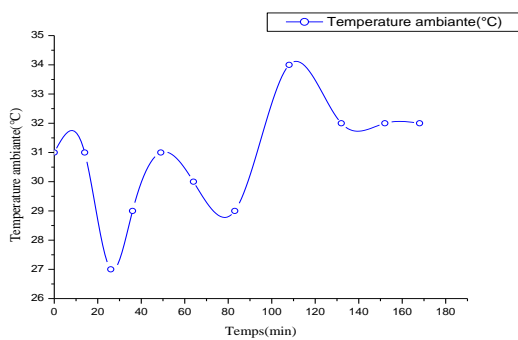
La vitesse de vent moyenne à jour 17/04/2017 est : 5.15 m/s.

La vitesse de vent moyenne à jour 18/04/2017 est : 4.55 m/s.

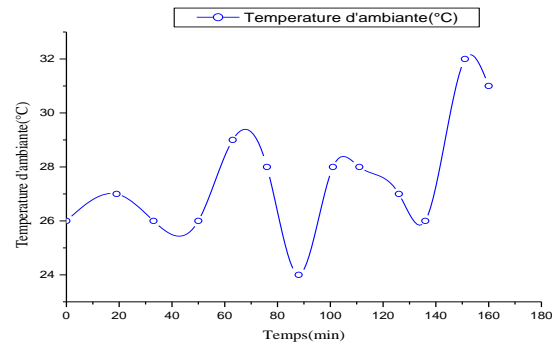
On observe dans le Diagramme (A, B et C) au début du temps $t = 0$ min, la température de récepteur est très basse, parce que la température de l'ouverture du récepteur est égale à la température ambiante, après le début de temps la température de récepteur augmente en fonction du temps jusqu'à atteindre 890°C dans une durée de temps (168 min, 13 :58) de journée (16/04/2017).

Dans le diagramme (A, B et C) on regarde de petites baisses à certains moments à cause des facteurs ambiants, aussi après récupérer l'élévation de la température de récepteur.

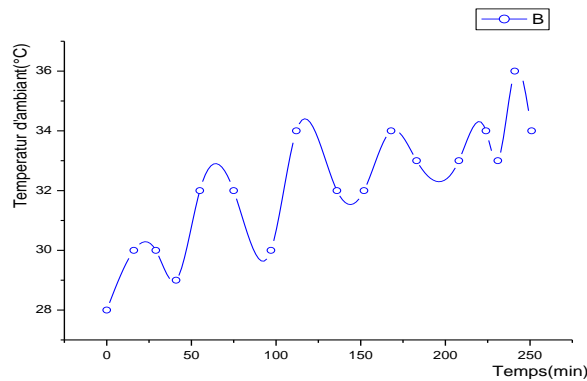
IV.3 L'évolution de la température ambiante :



-Diagramme A de (Jour 16, 09h00 à 11h40)



-Diagramme B de (Jour 17, 11h10 à 13h58)

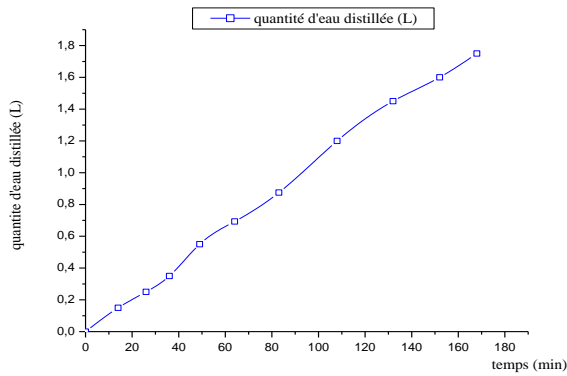


-Diagramme C de (Jour 18, 08h45 à 13h10)

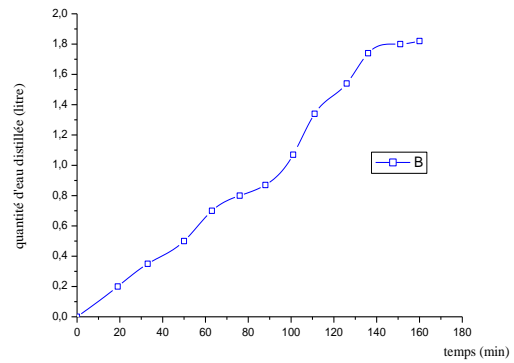
Figure IV.2 : La variation de la température d'ambiant ($^{\circ}\text{C}$) en fonction du temps (min) à chaque jour (16, 17 et 18/04/2017).

Dans le Diagramme (A, B et C) on remarque au début de temps (t = 0 min) la température d’ambiante considérer en valeur élevée, après ça on remarque l’augmentation et la diminution de la température en quelque des temps au cause les facteurs ambiants (le vent, le nuage, le soleil degré.....etc.).

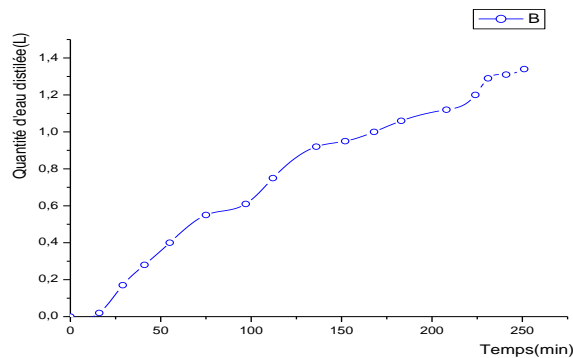
IV.4 L’évolution de quantité l’eau distillée :



-Diagramme A de (Jour 16, 09h00 à 11h40)



-Diagramme B de (Jour 17, 11h10 à 13h58)

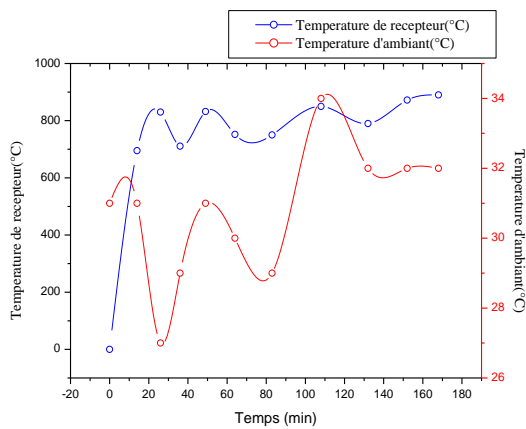


-Diagramme C de (Jour 18, 08h45 à 13h10)

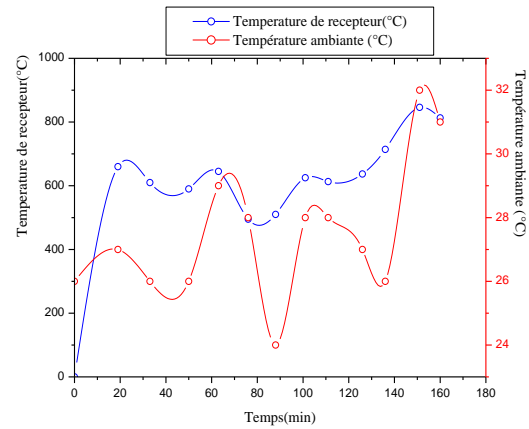
Figure IV.3 : La variation de la quantité d’eau distillée (L) en fonction du temps (min) à chaque jour (16, 17 et 18/04/2017).

On surveilla dans le diagramme (A, B et C) l’augmentation continu de la quantité d’eau distillée produire avec le temps.

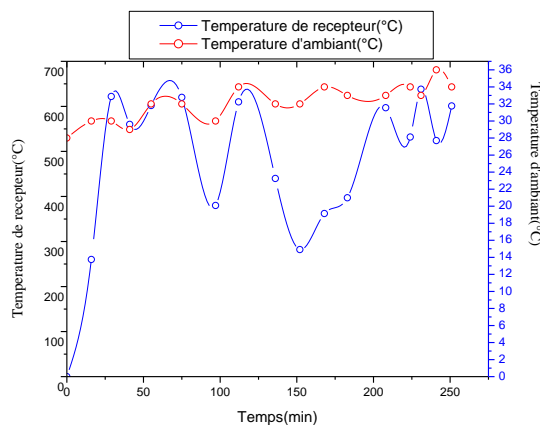
IV.5 La Variation de la température de récepteur avec la température d'ambiante :



-Diagramme A de (Jour 16, 09h00 à 11h40)



-Diagramme B de (Jour 17, 11h10 à 13h58)

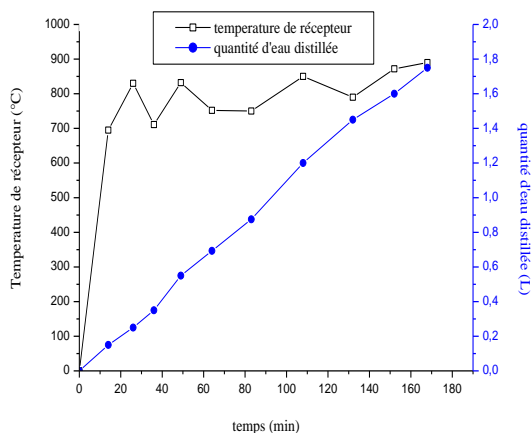


-Diagramme C de (Jour 18, 08h45 à 13h10)

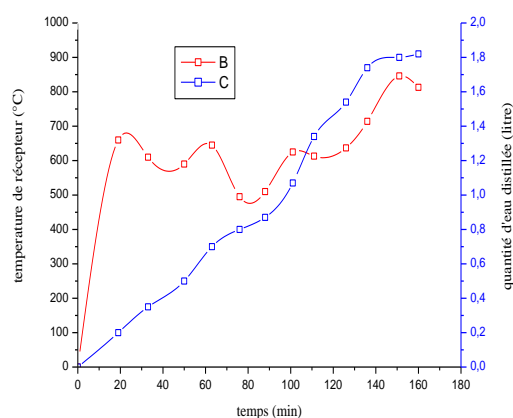
Figure IV.4 : La variation de la température de récepteur (°C) et la température d'ambiante (°C) en fonction le temps (min) à chaque jour (16, 17 et 18/04/2017).

On surveilla dans le diagramme (A, B et C) similarité et synchronisation de diagramme de température du récepteur et ambiante en l'augmentation et la diminution.

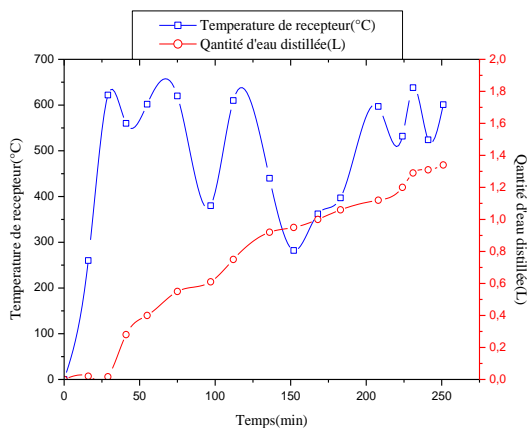
IV.6 La Variation de la température de récepteur avec la quantité d'eau distillée :



-Diagramme A de (Jour 16, 09h00 à 11h40)



-Diagramme B de (Jour 17, 11h10 à 13h58)



-Diagramme C de (Jour 18, 08h45 à 13h10)

Figure IV.5 : La variation de la température de récepteur (°C) avec la quantité d'eau distillée (L) en fonction le temps (min) de chaque jour respectivement (16, 17 et 18/04/2017).

On remarque dans le diagramme (A, B et C) l'augmentation de température de récepteur avec l'existence de quelque vacillation dans certain de temps et l'augmentation continu de quantité d'eau distillée produire en fonction de temps aussi la durée de production l'eau distillée différente selon les jours.

Conclusion :

A travers ce que nous avons vu à les diagrammes on conclure que :

Il existe une relation entre la température de récepteur et ambiant, cela signifie l'effet des facteurs ambiant (le vent, le nuage, soleil degré.....etc.) sur la température de récepteur. Par exemple l'augmentation de la vitesse du vent qui augmente les pertes thermiques, causer la diminution de la température du récepteur.

Aussi la quantité d'eau distillée produire dans une certain période de temps est relié à la valeur de température de récepteur qui effet sur la production d'eau distillée.

Ce système est considéré contenir l'efficacité des caractéristiques de fonctionnements du distillateur solaire par c'est que atteindre un haut degré 890 ° C.

Conclusion Générale

Parvenu à ce point de notre recherche, il convient de noter que l'approvisionnement en eau potable, sur l'ensemble de la planète, prend de plus en plus d'ampleur en raison de l'évolution démographique et industrielle mondiale. En plus des ressources naturelles en eau douce, le dessalement des eaux saumâtres et de l'eau de mer peut constituer une solution intéressante pour couvrir ces besoins croissants, surtout dans les régions naturellement pauvres en eau. Cette technique de dessalement se regroupe en procédés de distillation et membranaires qui s'appliquent selon l'environnement et la taille des besoins.

Mais cette technique qui existe depuis longtemps fait face à un réel problème de coût d'investissement et d'exploitation. En effet près de la moitié du coût d'exploitation des usines de dessalement d'eau de mer, provient de la consommation d'énergie. C'est la raison pour laquelle son application se réserve jusqu'à nos jours à la majorité des pays dit « en pétrole ». Il est donc intéressant au regard des problèmes de l'eau potable qui croit de jour en jour de trouver des moyens et alternatives pour réduire de façon conséquente ce coût de dessalement.

Notre étude portant sur la contribution de la concentration solaire à ce principe de dessalement, nous a emmené à évaluer l'apport du soleil à partir d'un prototype de parabole solaire de 1,80 m de diamètre soit 2,79 m² de section. Notre parabole solaire pouvoir atteindre de température 900°C, Donc ce système est considéré contenir l'efficacité des caractéristiques de fonctionnements du distillateur solaire, il est produit de 1.5 L des eaux distillée à 2 L de eau salée dans période de 2 heures et 10 min.

Nous avons montré que cette température au niveau de l'absorbeur et la quantité d'eau distillée produire dépend de plusieurs facteurs dont les plus importants sont :

- La variation de l'éclairement solaire qui varie au cours de la journée ;
- La géométrie du réflecteur (surface du collecteur, angle d'ouverture) ;
- La température et la quantité de chaleur qui atteindre par le concentrateur ;
- La valeur de condensation du vapeur d'eau produire ;
- La variation des facteurs ambiant (le vent, le nuage, le degré de soleil.....etc.).

Reference Bibliographique

- [1] M. P. Thekaekara. APPLIED OPTICS 15 (4) (1976) 915-920.
- [2] SAADI Souad, Effet des paramètres opérationnels sur les performances d'un capteur solaire, Thèse de magister 2010.
- [3] voir l'article Ressource naturelle et Ressources et consommation énergétiques mondiales.
- [4] Ces tubes doivent être vidangés lorsque la température de l'air descend en dessous de 0°C pour éviter les dégâts causés par la glace dans les canalisations, les joints et les raccords.
- [5] Fedalisaida, modélisation et conception d'un distillateur solaire des eaux saumâtres à bas coût pour les communautés rurales Thèse de magister 2008.
- [6] BOUDJEBIR HIND, Étude de l'impact de l'écart de température (ambiance-eau) sur le rendement d'un distillateur solaire à effet serre Thèse de magister 2011.
- [7] BOUKERZAZA nassima (étude de l'effet des pertes thermiques sur les caractéristiques de fonctionnement d'un distillateur solaire). These de magister universités Constantine 2009
- [8] Chaouchi. B, Zrelli.A, Gabsi.S. Desalination of brackish water by means of a paraboloidal solar concentrator. Science Direct .207
- [9] Yasser.F.N, Saib.A.Y, Awidat.A.S. The second generation of the solar desalination systems. Science Direct .2007
- [10] Gajendra.S, Shiv.K, Tiwari.G.T. Design, fabrication and performance evaluation of a hybrid photovoltaic thermal (PVT) double slope active solar still. 2011. Science Direct.
- [11] Peter, Wassouf, Tompaska, Randeep Singh, Aliakbar.a. energy conservation and renewable .2011.
- [12] Farshad .F.T, Mohamed. D, Hamid .M. Experimental investigation of a weir –type cascade solar still with built-in latent heat thermal energy storage system. 2010. Science Direct.
- [13] Kaldasa.M, S .SivAkumar . J .Riaz Ahamed, Kn.K.S.K. Chockalingam, K.Srithar. Single basin double slope solar still with minimum basin depth and energy storing materials .2010, Science Direct.

- [14] Rahbar.N, J.A.Esfahani Experimental study of a novel portable solar still by utilizing the heatpipe and thermoelectric module, 2012. Science Direct.
- [15] M. Al-Shammiri, M. Safar: Multi-effect distillation plants: state of the art; Desalination 126 (1999) 45-59
- [16] J.R.Vaillant, utilisation et promesses de l'énergie solaire, Edition Eyrolle-1976.p31-32
- [17] M.Audibert, la concentration du rayonnement solaire. International centre for theoretical physics ' 3 séminaire sur l'énergie solaire, 6-17 Septembre 1982.
- [18] Paul De Neyer 'Energie solaire thermique, Guide des Energies Renouvelables, mai 2003.
- [19] Alain. Ferrière et Gilles Flamant, Captation, Transformation et conversion de l'énergie Solaire par la technologie à concentration. Thème7, Solaire thermique 2002.
- [20] U.H.Kurzweg. JP. Benson, iso-intensity absorber configurations for parabolic concentrators. Edition: Solar Ennery, (1982).
- [21] A,Khedim.L'énergie solaire et son utilisation sous forme thermique et Photovoltaïque, Centre de Publication Universitaire,(2003). [22]J,Bernard Energie solaire, calculs et optimisation. Ellipse Edition Marketing. Paris. (2004).
- [23] B.Stine, Michael Geyer, Power from the sun, Lyle center for regenerative studies 2001.
- [24] Yacine AOUN, Conception et développement d'un four solaire pour l'élaboration des oxydes métalliques – caractérisation des oxydes, Thèse de Doctorat universités de Biskra 2016.
- [25] ZEGHIB ILHEM, Etude et Réalisation d'un Concentrateur Solaire parabolique, Thèse de magister universités de Constantine 2005.

Résumé

Le travail effectué porte sur une étude expérimentale de distillation d'eau non potable, En utilisant le concentrateur parabolique de l'énergie solaire de diamètre 1.8 m et récepteur (cocotte-minute), ce qui permet l'évaporation de l'eau et transmis dans le condenseur, cette dernier transférée la quantité vaporisée à l'eau distillée.

Mots clés : concentrateur parabolique, distillateur, condenseur, point focal.

المخلص

العمل المنجز يتضمن دراسة تحليله المياه بواسطة الطاقة الشمسية باستعمال مركز شمسي مكافئ قطره 1.8 م ولاقط يتمثل في طنجرة ضغط تتموضع في المنطقة البؤرية للمركز لألتقاط الطاقة الشمسية المجمعة العاملة على تسخين طنجرة الضغط التي تعمل على تبخير الماء ودفع البخار في المكثف الذي بدوره يحولها إلي ماء مقطر .

الكلمات المفتاحيه : مركز مكافئ، مقطر، مكثف، المنطقة البؤرية.

Abstract

The work carried out involves an experimental study of distillation of non-potable water, using the parabolic concentrator of solar energy of 1.8 m diameter and receiver (Pressure cooker), which allows the evaporation of water and transmitted in the Condenser, the latter transferred the quantity vaporized to the distilled water.

Keywords: parabolic concentrator, distiller, condenser, focal point.