

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

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE

N° : .....



DOMAINE : ST

OPTION : ENERGETIQUE

Département de Génie Mécanique

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

### MASTER

En Génie Mécanique

Option : Energétique

Présenté par :

HICHEM SAADI

GUENDOOUZ THAMER

### Thème

---

### Etude d'un Distillateur solaire

---

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Qualité
BENKHARBACHE SOUAD	MCA	Président
HEBICHE Noureddine ANWAR	MAA	Encadreur
BACHANE Leila	MCB	Examineur

Année Universitaire : 2021 / 2022

N° d'ordre : GM/...../2022

## *Dédicace*

Nous sommes heureux de partager ce travail scientifique après un effort et ces circonstances difficiles pendant la pandémie de Covid 19 qui a touché tous les peuples du monde. Du fond du cœur, je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect :

- A ma très chère mère qui est ma protection de toujours.
- A mon père qui a consacré sa vie pour que je gagne la mienne.
- A tous nos professeurs de l'université Mohamed Boudiaf M'sila.
- A toute la famille Guendouz et Saadi.
- A mon meilleur ami, le frère de toujours, El hadj.
- A tous nos amis : Ibrahim, Ahmed, Slimane, et à tous les autres sans exception.

# *REMERCIENT*

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce à dieu

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon travail et qui m'ont aidée lors de la rédaction de ce mémoire.

Je voudrais dans un premier temps remercier mon Encadreur de mémoire HEBICHE Nouredinne Anwar professeur de mécanique à Université de M'sila, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je remercie également toute l'équipe pédagogique de l'université de M'SILA et les intervenants professionnels responsables de ma formation.

Encore, je remercie mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi.

Enfin, on remercie tous ceux qui nous ont aidés dans cette crise sanitaire "corona covid 19 ".

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : généralités sur les distillateurs solaires.....</b>	<b>2</b>
I.1 Introduction.....	3
I.2. Généralité sur la distillation solaire.....	3
I.2.1 Soleil.....	3
I.2.1.1 L'intérieur.....	3
I.2.1.2 La photosphère.....	3
I.2.1.3 Chromosphère et couronne solaire.....	3
I.2.2 Relation terre-soleil.....	4
I.2.3 L'énergie solaire.....	5
I.2.4 Rayonnement solaire.....	6
I.2.4.1 Rayonnement solaire au sol.....	6
I.2.4.1.1 Rayonnement direct $I_D$ .....	6
I.2.4.1.2 Rayonnement diffus $I_d$ .....	7
I.2.4.1.3 Rayonnement globale $I_G$ .....	7
I.3 le distillateur solaire.....	7
I.3.1 Historique.....	7
I.3.2 Définition.....	8
I.3.3 Les différents types de distillateur solaire.....	9
I.3.3.1 Distillateur solaire à effet de serre.....	9
a) Distillateur à pente unique.....	9
b) Distillateur à double pente.....	10
I.3.3.2 Distillateur solaire sphérique.....	10
I.3.3.3 Distillateur solaire à cascade.....	11
I.3.3.4 Distillateur solaire à mèche.....	11
I.3.3.5 Distillateur solaire vertical.....	12
I.3.3.6 Distillateur solaire à effet multiples.....	13
I.3.3.7 Distillateur solaire incliné à film capillaire.....	13
I.3.4 Paramètres et caractéristiques des distillateurs.....	14
I.3.4.1 Paramètres externes.....	14
I.3.4.2 Paramètres internes.....	14
I.3.4.2.1 Paramètre géométrique.....	14
I.3.4.2.2 Paramètres de fonctionnement.....	14
I.3.5 Caractéristiques et performances des distillateurs.....	14
I.3.5.1 L'efficacité globale.....	14

I.3.5.2. L'efficacité interne.....	15
I.3.5.4 Rendement.....	15
Conclusion.....	16
<b>Chapitre II : Etude et Description du distillateur solaire à effet de serre.....</b>	<b>17</b>
Introduction.....	18
II. description du distillateur solaire.....	19
II.1.Equipements et matériel.....	19
II.2 Le bilan énergétique.....	20
II .3 Caractéristiques de fonctionnement du distillateur solaire.....	22
II.3.1 Le rendement.....	22
II.3.2 L'efficacité.....	22
II.3.2.1 L'efficacité globale.....	22
II.3.2.2 L'efficacité interne.....	22
II.3.3 La performance.....	23
Conclusion.....	24
<b>Chapitre III : Résultats Théoriques et discussions.....</b>	<b>25</b>
III.1.Introduction.....	26
III.2 : Discussion des résultats figure (III.1) et figure (III.2).....	28
III.3.Variation temporelle des puissances absorbées.....	28
III.4 Discussion des résultats de la variation temporelle des puissances.....	30
III.5.Variation temporelle des différentes températures de distillateur.....	31
III.6 Discussion des résultats de la variation temporelle des différentes températures de distillateur.....	33
III.7 Variation temporelle des différentes températures Variation temporelle températures de l'eau et de..... la plaque du distillateur	34
III.8 Discussion des résultats (figure III.6.7).....	35
III.9 Quantité de l'eau distillée.....	35
III.10 Discussion des résultats de la variation temporelle de la production de distillat.....	38
Conclusion.....	40
Conclusion générale.....	41
Référence bibliographique.....	42

# Introduction générale

L'eau est la source de vie, elle se trouve dans les océans, les mers, les lacs, les nappes souterraines, ...etc. Dans l'atmosphère, l'eau se trouve à l'état vapeur, puis sous l'effet du refroidissement, l'eau passe de l'état vapeur à l'état liquide (pluie) ou solide (neige). Le moteur de ce cycle est l'énergie solaire qui est responsable de ce changement d'état de l'eau pure.

Le manque de cette dernière et la rareté des ressources naturelles, causée à la fois par la sécheresse et la surexploitation des nappes phréatiques, devient un grand problème qui menace la vie des habitants dans plusieurs régions du Monde.

L'augmentation de la population mondiale, associée au développement agricole et industriel a entraîné un accroissement de la demande d'eau douce et l'approvisionnement de l'humanité en eau potable devient un problème de plus en plus aigu.

La terre est recouverte d'eau à 71%. Cependant 98% de celle-ci a une concentration en sel trop élevée pour être potable ou même pour être utilisée dans l'irrigation ou dans l'industrie.

Par ailleurs, les ressources en eau douce sont très faibles. Les statistiques prévoient que dans la prochaine décennie, un tiers de la population mondiale n'aura pas accès à l'eau, ce qui risque d'engendrer des guerres.

Pour faire face à cette pénurie qui menace son existence, l'homme doit s'intéresser au dessalement de l'eau de mer et ou de l'eau salée et particulièrement au dessalement par énergie solaire, parfaitement adapté aux régions arides et ou isolées dans lesquelles l'énergie solaire est largement disponible.

Notre travail porte sur l'étude, qui consiste à produire de l'eau douce en utilisant l'énergie solaire.

L'outil principal pour produire l'eau douce est le distillateur solaire, pour cela on s'est inspiré dans ce mémoire des travaux théoriques et numériques de la référence [1].

Notre manuscrit est organisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à des généralités sur les distillateurs solaires.
- Le second chapitre est consacré à une description de distillateur proposé.
- Le dernier chapitre englobe les différents résultats et discussions.

Enfin nous terminons ce mémoire par une conclusion générale.

# Chapitre I: Généralités sur Les distillateurs solaires

## **I.1 Introduction :**

L'Algérie dispose du plus grand gisement solaire du bassin méditerranéen. La durée moyenne d'ensoleillement du territoire algérien dépasse les 2000 heures annuelles, pour atteindre près de 3500 heures d'ensoleillement dans le désert du Sahara [2].

Pour comprendre la distillation, il faut avoir une idée générale sur les facteurs qui rentrent en jeu dans ce phénomène. Ce chapitre présente une brève étude bibliographique sur la distillation solaire et explique quelques définitions importantes, il montre aussi quelques types des distillateurs solaires et les différents paramètres et caractéristiques de distillateur.

## **I.2. Généralité sur la distillation solaire:**

### **I.2.1 Soleil :**

Le soleil est l'étoile la plus proche de la terre. C'est une sphère gazeuse composée presque totalement d'hydrogène (74 % de la masse ou 92,1 % du volume), l'hydrogène se transforme en hélium par fusion nucléaire, chaque seconde 700 milliards ( $7 \times 10^{11}$ ) de kilogrammes d'hydrogène se transforme en 695.7 milliards de kilogrammes d'hélium [3].

La masse du soleil est égale à 2.1030 Kg et son âge est estimé à 5.109 ans [4] et son diamètre est de 1 391 000 km (100 fois celui de la terre) [4]

Le soleil n'est pas une sphère homogène, on peut y distinguer trois régions principales : [4]

**I.2.1.1 L'intérieur :** où se crée l'énergie par réaction thermonucléaire et qui est inaccessible aux investigations, car le rayonnement émis dans cette région est totalement absorbé par les couches extérieures. La température atteint plusieurs millions et la pression un milliard d'atmosphère.

**I.2.1.2 La photosphère :** l'épaisseur est d'environ 300 km qui est responsable de la presque totalité du rayonnement solaire que nous recevons.

**I.2.1.3 Chromosphère et couronne solaire :** où la matière est très diluée, fait qui explique que bien que la température y soit très élevée (1 million de degrés) le rayonnement émis est très faible. La terre étant à une distance de 150.106km du soleil, elle reçoit approximativement

Une énergie de  $1,8 \times 10^{17}$  kW [5.6]. La température de cœur est de l'ordre de  $10^7$  °K tandis que la température de surface de soleil est 5760 °K [7].

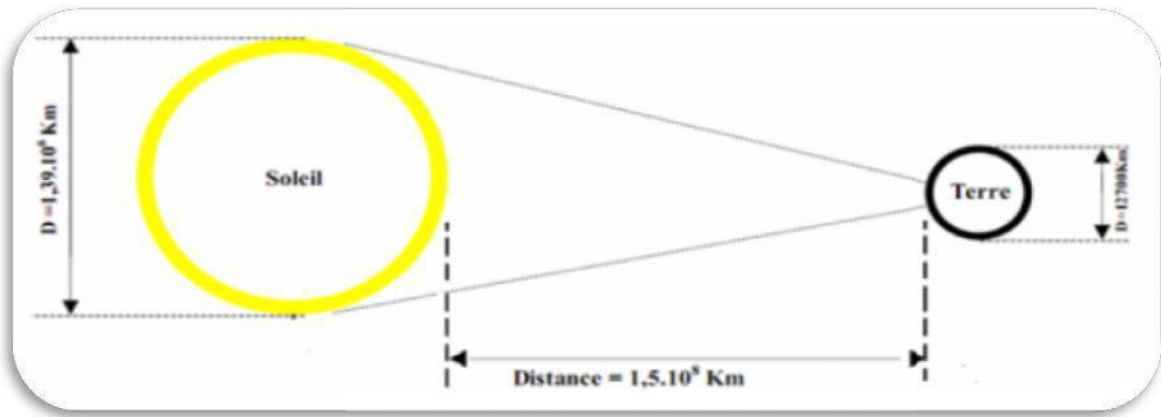


Figure I.1 : situation terre-soleil [8]

### I.2.2 Relation terre-soleil :

La terre est considérée comme une sphère, son diamètre est  $1.27 \times 10^7$  m, elle est entourée de l'atmosphère. La terre tourne autour de son axe, où ce phénomène génère la rotation du jour et de la nuit (l'hémisphère du site considéré est alors éclairé) et de nuit (l'hémisphère est à l'ombre) [9].

Le soleil est la seule étoile du système solaire et la plus proche de la terre, sa lumière met environ huit minutes à nous atteindre, donc elle soit la seule étoile qui assure la vie sur terre [10].

La terre se déplace autour du soleil d'une trajectoire elliptique, la révolution complète s'effectue en une année sidérale de période de 365,25 jours [7.10] (Figure I.2).

La distance de terre soleil peut être calculée par la relation suivante [7] :

$$D(j) = 1 - 0.017 \times \left[ \cos \frac{360}{365} (n_j - 2) \right] \quad (\text{I.1})$$

Où  $D(j) = 149\,597\,870\,000$  m est l'unité astronomique (UA),  $n_j$  est le numéro du jour dans l'année compté à partir du 1 janvier.

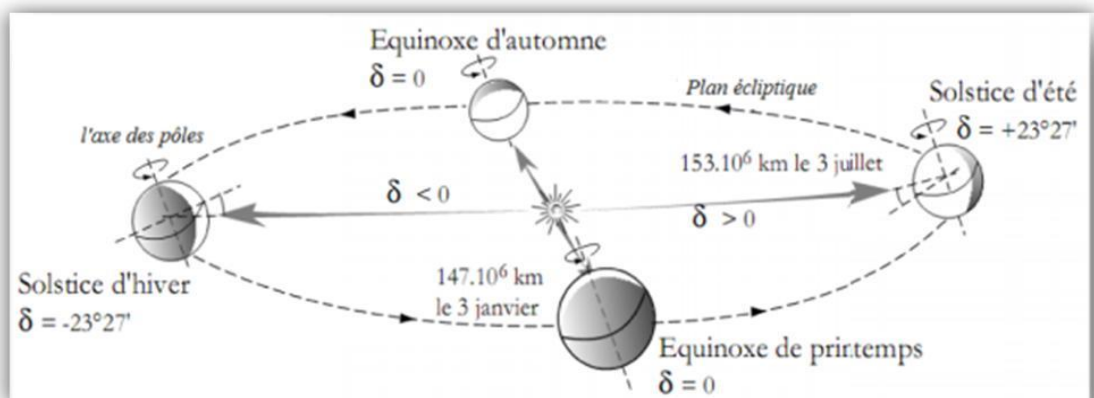


Figure I.2: mouvement de la terre autour du soleil [9].

### I.2.3 L'énergie solaire :

L'énergie solaire est l'origine de la vie sur terre, c'est le rayonnement émis dans toutes les directions par le soleil, des ondes radio aux rayons gamma en passant par la lumière visible, tous ces rayonnements sont constitués des photons, les composants fondamentaux de la lumière et les vecteurs de l'énergie solaire. Cela vient de réactions de fusion nucléaire qui animent le soleil [10].

Toute l'énergie du soleil provient des réactions thermonucléaires qui s'y produisent. Elles transforment à chaque seconde 564 millions de tonnes d'hydrogène 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  $3,7 \times 10^{26}$  j/s [10].

L'énergie totale envoyée par le soleil à la limite de l'atmosphère terrestre sur une surface de  $1 \text{ m}^2$  placée perpendiculairement à la direction du rayonnement est environ  $1367 \text{ W/m}^2$  (la valeur moyenne). Cette grandeur est appelée constante solaire  $I_0$  [11].

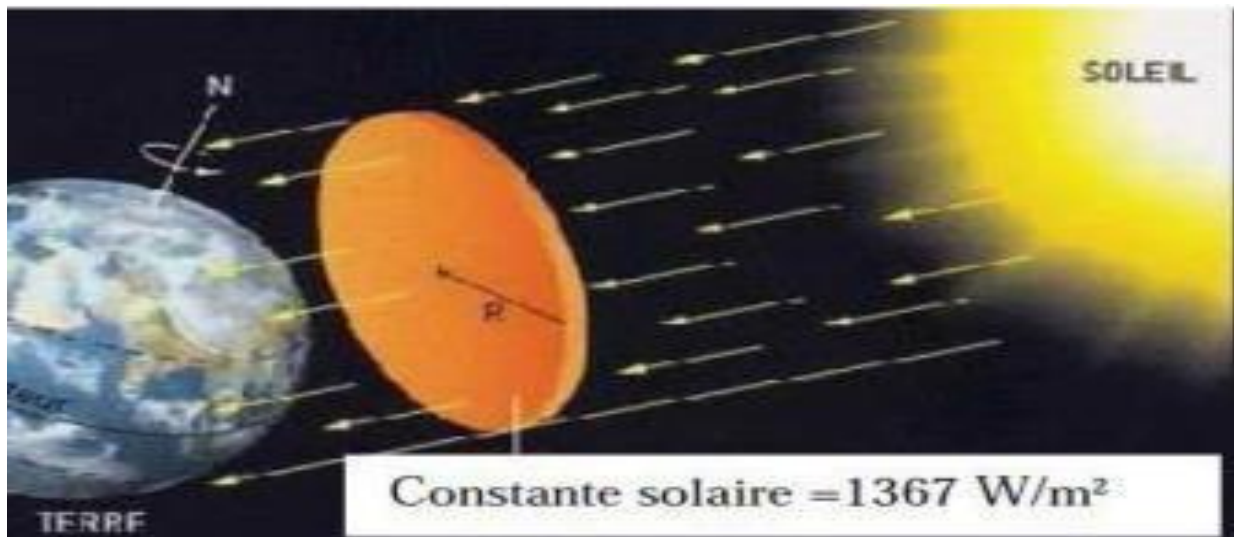


Figure I.3: constante solaire [12].

Avec  $I_0$  est variable autour de l'année par rapport la distance terre-soleil. La correction de cette constante est donné par :

$$I = I_0 \times C_{ts} \quad (\text{I.2})$$

$$C_{ts} = 1 + 0.034 \times \cos\left(\left(\frac{360}{365}\right) \times (n_j + 2)\right) \quad (\text{I.3})$$

La valeur de constant solaire enregistrée au niveau de la mer est l'ordre de  $1000 \text{ W/m}^2$ .

## I.2.4 Rayonnement solaire :

Le rayonnement solaire est l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le soleil. Il est composé de toutes les gammes de rayonnements, le soleil fournit à la terre un rayonnement dans un intervalle de longueur d'onde  $\lambda$  varie de 0.22 à 10  $\mu\text{m}$  généralement décomposés de trois catégories comme suivantes [13] :

9% à la bande des ultraviolets (UV) ( $<0,4 \mu\text{m}$ ).

47% à la bande visible (Visible) (0,4 à 0,8  $\mu\text{m}$ ).

44% à la bande des infrarouges (IR) ( $> 0,8 \mu\text{m}$ ).

### I.2.4.1 Rayonnement solaire au sol :

L'atmosphère ne transmet pas au sol la totalité du rayonnement solaire qu'elle reçoit, il modifie le spectre du rayonnement solaire à travers les processus d'absorption par les différents gaz ( $O_3, CO_2, H_2O$ ) et il y a une partie du rayonnement solaire est réfléchi par l'atmosphère à cause de ces gaz. Le reste atteindra la surface de la terre (rayonnement global) qui reste à disposition à la surface de la terre. Il comprend deux composantes : directe et diffus [14.15].

#### I.2.4.1.1 Rayonnement direct $I_D$ :

Le rayonnement direct est la part du rayonnement solaire qui traverse l'atmosphère sans des modifications (ni diffusée ni absorbée lors de la traversée de l'atmosphère), sa mesure s'effectue à l'aide d'un pyréliomètre qui est installé de façon que sa surface réceptrice soit orientée perpendiculairement aux rayons solaires et l'axe de sa rotation doit être parallèle à celui de la terre.



Figure I.4 : pyréliomètre [14].

#### **I.2.4.1.2 Rayonnement diffus $I_d$ :**

C'est le rayonnement diffusé par des obstacles (l'atmosphère, nuages, la vapeur d'eau), cette diffusion est liée par le changement d'indice optique du milieu traversé par les rayons solaires. Sa mesure est effectuée avec un pyranomètre muni d'une bande pare-soleil (anneau métallique cachant le disque solaire) [12].



**Figure I.5 :l'instrument qui meure le rayonnement diffus [12].**

#### **I.2.4.1.3 Rayonnement globale $I_G$ :**

Le rayonnement globale est la somme du rayonnement direct  $I_D$  et diffus  $I_d$ , soit [15] .

$$I_G = I_D + I_d \quad (\text{I.4})$$

### **I.3 le distillateur solaire :**

#### **I.3.1 Historique :**

Depuis des siècles, l'eau de rivière fournissait directement l'eau dans le but d'être potable. Lorsqu'il n'y avait pas de rivière ni de lacs, les peuples utilisaient des techniques pour produire de l'eau potable comme la distillation par l'énergie solaire.

Les systèmes de dessalement solaire ne datent pas d'aujourd'hui, sont connues pour la première fois au Chili depuis 1872 par l'ingénieur suédois CHARLES WILSON qui a construit le premier distillateur solaire, pour fournir de l'eau potable aux animaux de trait à partir de l'eau salée de la mer à des fins industrielles. En 1920, KAUSH utilisa des réflecteurs en métal pour concentrer les rayons solaires. Au début des années 1930, TRIFINOV proposa un distillateur incliné, en 1938 ABBOT utilisa des réflecteurs cylindriques paraboliques pour concentrer le rayonnement solaire, le tout est acheminé dans des tubes contenant de l'eau.

MARIA TELKS inventa en 1945 un nouveau type de distillateur solaire de forme sphérique, qui fut utilisé par la marine américaine, un grand nombre de ce modèle, environ 2000 a été utilisé pendant la 2ème guerre mondiale. Au 1969, COOPER proposa une simulation pour analyser les performances d'un distillateur solaire type serre. Depuis les années 1970, plusieurs autres types de distillateurs ont été élaborés et étudiés, parmi lesquels, nous pouvons, sans être exhaustif citer [16]:

- Le distillateur a effet multiple (Oltra, 1972 ; Bartali, 1976).
- Le plateau incliné ou le distillateur solaire incliné (Akhmatova, 1978).
- Le distillateur solaire type mèche inclinée ou type multiple mèches (FRICK et SOMERFELD 1973).

### I.3.2 Définition :

Le distillateur solaire est l'une des techniques utilisées pour la production de l'eau potable à partir d'eau saumâtre et d'eau de mer grâce à l'énergie solaire. Le principe de fonctionnement d'un distillateur solaire basé sur les différents types de transfert de chaleur.

L'eau salée dans le bac va se chauffer et avec l'augmentation de température une partie de l'eau s'évapore et produit une condensation de la vapeur d'eau ce forme des gouttes d'eau sur la surface intérieur et tomber dans le récupérateur situé au coin (figure I.6).

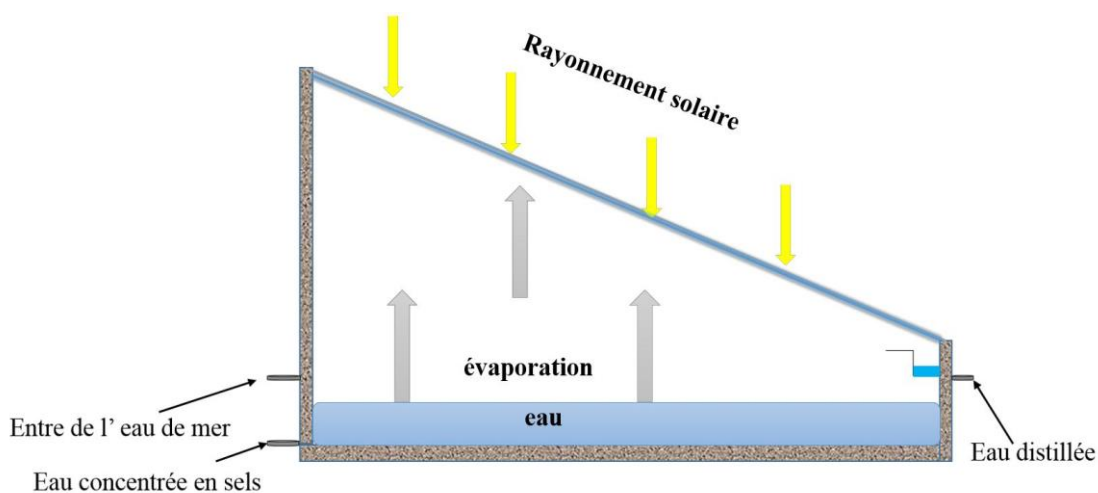


Figure I. 6 : Principe de la distillation solaire

### I.3.3 Les différents types de distillateur solaire :

#### I.3.3.1 Distillateur solaire à effet de serre :

Il existe plusieurs types de distillateur solaire les plus utilisés sont ceux du type à effet de serre, ils présentent l'avantage d'être simple, facile à réaliser et peu coûteux, mais ils présentent le gros inconvénient d'une production très faible d'eau potable (de l'ordre de 2,53 litres par m<sup>2</sup> par jour) [17]. Dans ce type on peut distinguer des modèles de distillateur plan à effet de serre :

##### a) Distillateur à pente unique :

Le distillateur solaire plan à simple pente est considéré comme le distillateur le plus simple et le plus reconnu dans le monde. Il est constitué d'un absorbeur sous forme de bassin horizontal, et rempli d'eau salée ou saumâtre et couvert d'une vitre transparente en verre, inclinée d'un certain angle pour être exposé au maximum de la radiation solaire et faciliter l'écoulement des gouttelettes vers une gouttière placée en bas de la vitre. L'eau condensée ensuite, est récupérée et stockée. Pour minimiser les pertes d'énergie un isolant thermique est utilisé en bas et aux côtés à l'extérieur de l'absorbeur (Figure I.7) [18].

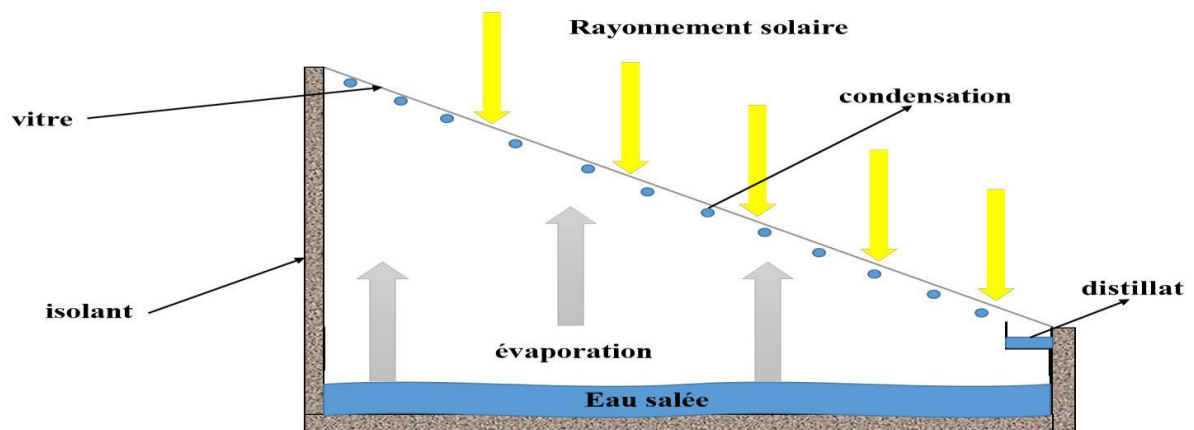


Figure I.7 : Distillateur solaire plan à effet de serre simple.

### b) Distillateur à double pente :

Il a le même principe que le distillateur à simple pente mais il est composé de deux capteurs où chacun des d'eux est incliné d'un angle (Figure I.8). L'avantage du distillateur à double vitrage, est d'exposer un capteur au soleil et un autre à l'ombre pour accélérer la condensation [19].

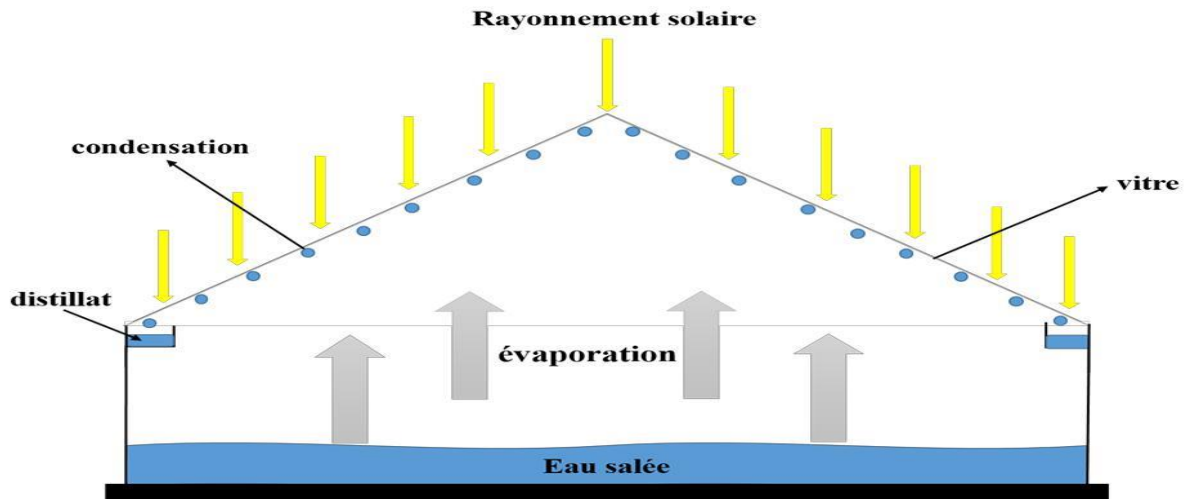


Figure I.8 : Distillateur à double pente.

### I.3.3.2 Distillateur solaire sphérique :

C'est un distillateur en plexiglas ou autres matériaux plastiques transparents reposant sur des supports (Figure I.9), il est essentiellement constitué par trois parties, une demi-sphère supérieure qui sert à transmettre le rayonnement solaire d'une part, et joue le rôle de surface de condensation d'autre part, une demi-sphère inférieure qui sert à récupérer le distillat, un bac horizontal en métal noirci contenant l'eau à distiller qui se trouve dans le plan médian de la sphère [20].

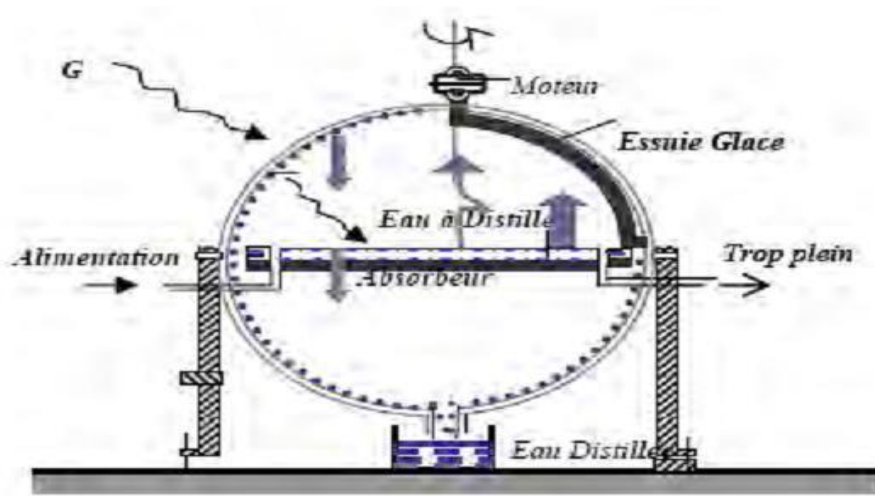


Figure I. 9 : distillateur solaire sphérique [20].

### I.3.3.3 Distillateur solaire à cascade :

Un distillateur solaire à cascades est constitué d'une capacité étanche surmontée d'une vitre (figure I.10). Le même principe appliqué dans un distillateur plan, sauf que l'absorbeur a une forme en cascade. L'eau salée versée dans le distillateur se répartie sur plusieurs petits bassins, on remarque que si la masse d'eau est faible, l'eau s'échauffe plus rapidement et s'évapore [2].

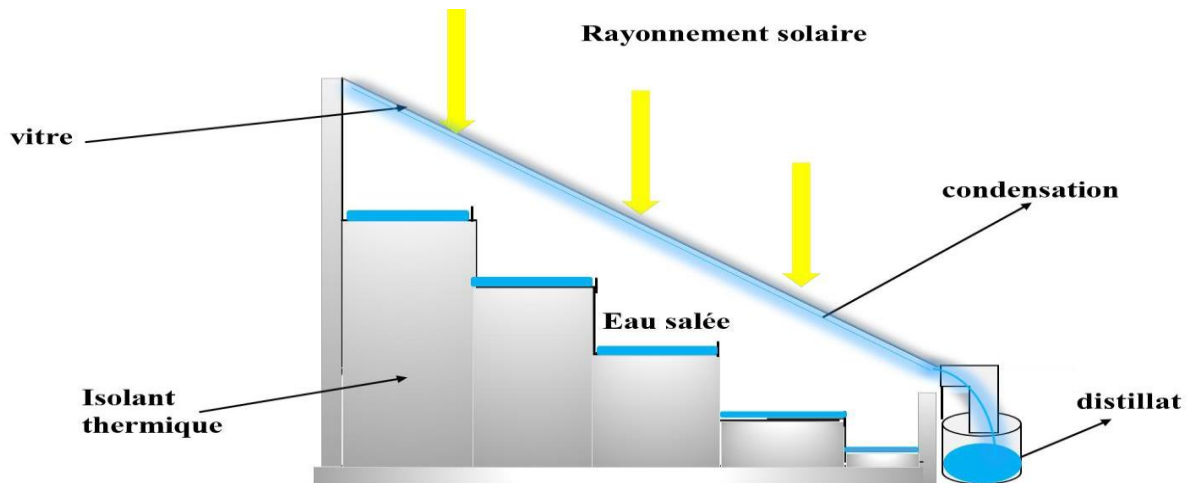


Figure I.10 : distillateur à cascade.

### I.3.3.4 Distillateur solaire à mèche :

Dans ce type de distillateur l'eau saumâtre coule à travers une garniture poreuse, et absorbe le rayonnement, la mèche est inclinée d'une manière que l'eau d'alimentation en faible quantité est bien exposée au soleil avec un meilleur angle (Figure I.11). Elle s'échauffe rapidement à une température plus élevée. Ces distillateurs ont l'avantage que l'eau est bien exposée au soleil avec une grande surface efficace et une faible lame d'eau d'alimentation ce qui facilite son échauffement [21].

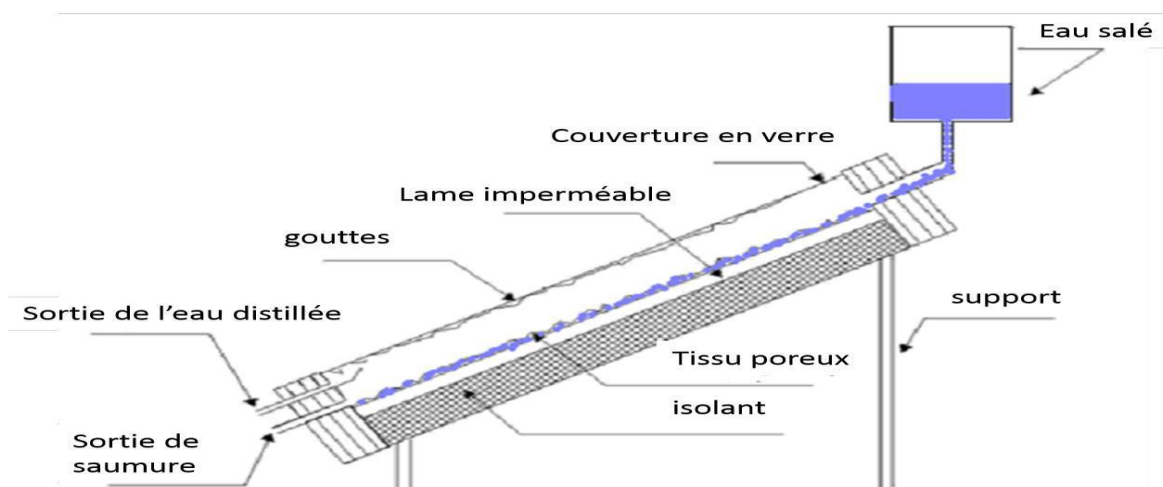


Figure I.11: distillateur solaire à mèche [2].

### I.3.3.5 Distillateur solaire verticale :

La figure (I.12) présente le principe de fonctionnement du distillateur vertical. Le distillateur est alimenté par de l'eau saumâtre à partir d'un réservoir (1), le distillateur est connecté au réservoir à l'aide d'un tube en cuivre (2), le débit d'eau à l'entrée du distillateur est régulée à l'aide d'une vanne (3). La position du réservoir d'alimentation permet l'alimentation du distillateur par un débit constant. Un distributeur d'eau (4), muni de perforations sur la longueur, permet la distribution de l'eau en film sur le tissu spongieux (5), l'eau ruisselle sur le tissu, et la saumure est évacuée en bas (6). L'eau qui s'écoule derrière l'absorbeur (7) s'évapore dans le compartiment d'évaporation, le mélange d'eau et d'air à l'intérieur saturé en vapeur d'eau circule naturellement à travers des deux ouvertures (8) réalisées dans la cloison isolée vers le compartiment de condensation (9), et la vapeur se condense au contact de la plaque de condensation à l'arrière du distillateur. La collecte de l'eau se produit dans une gouttière (10, 11) fabriquée en dessous de la plaque de condensation [2].

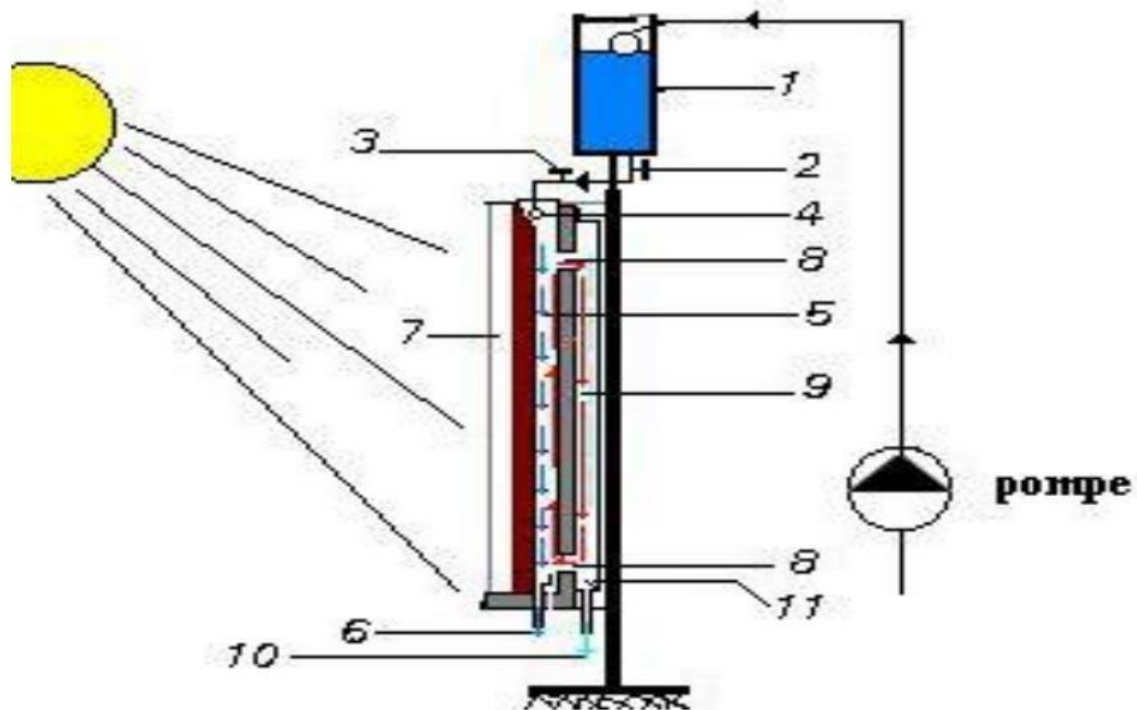


Figure I.12 : distillateur solaire verticale [9].

### I.3.3.6 Distillateur solaire à effet multiples :

Dans ce type de distillateurs il existe plusieurs évaporateurs en série que l'on appelle effets (Figure I.13). L'eau évaporée du premier effet se condense au niveau du deuxième effet et l'énergie libérée par la condensation est consommée pour évaporer l'eau qui s'y trouve. Le troisième évaporateur, joue le rôle de condenseur pour les vapeurs issues du second effet et ainsi de suite. Cependant, plus l'écart de température n'est faible, plus la surface d'échange assurant le transfert d'énergie doit être grand. L'investissement est donc un peu plus important. La multiplication du nombre d'effets permet donc de réduire la consommation spécifique (énergie/m<sup>3</sup> d'eau douce) [22].

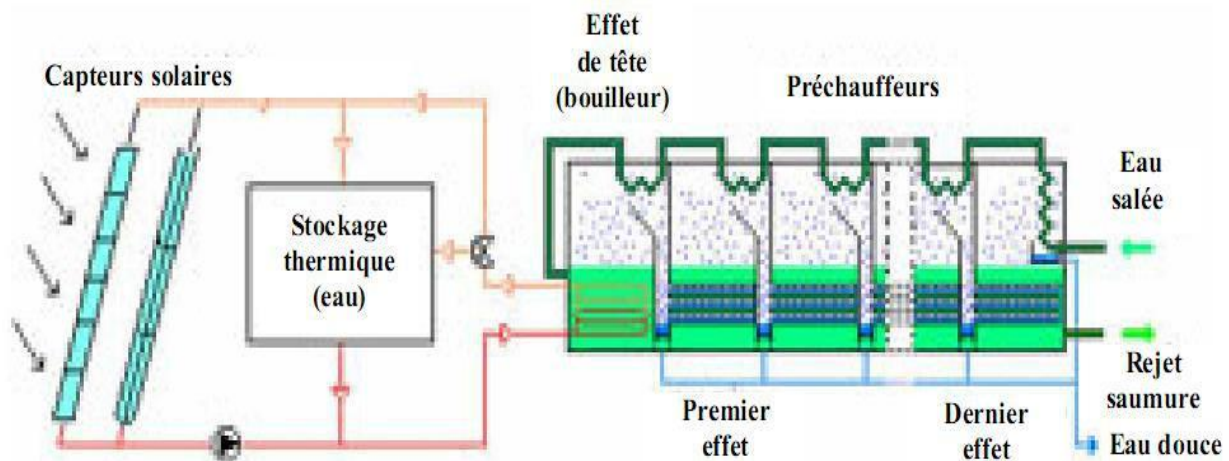


Figure I.13 : distillateur solaire à effet de serre multiple [16].

### I.3.3.7 Distillateur solaire incliné à film capillaire :

Le distillateur à film capillaire est une cellule parallélépipédique formée par deux plaques métalliques disposées face à face et inclinées d'un angle (Figure I.14). L'eau saumâtre à distiller s'écoule simultanément par capillarité et gravité sur un côté de la plaque métallique à l'aide d'un tissu. L'autre côté de la même plaque est peint en noire et expose au rayonnement solaire. La vapeur d'eau produite quitte le tissu et va se condenser au contact de l'autre qui se trouve juste en face [23].

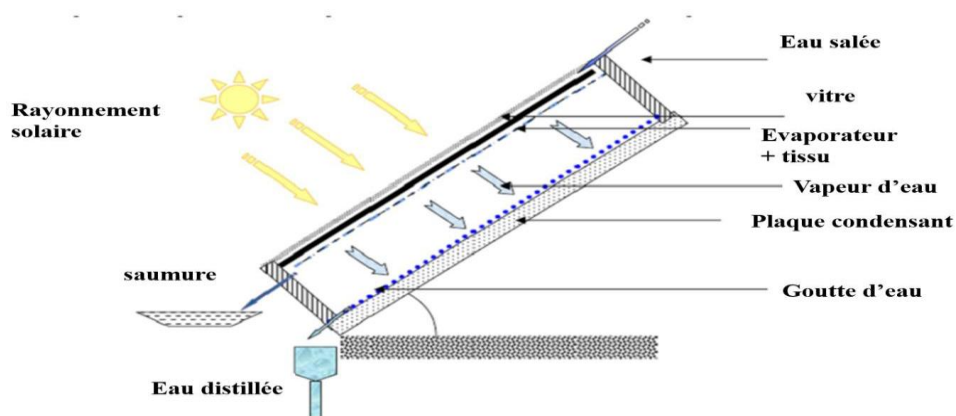


Figure I.14 : distillateur solaire à film capillaire [23].

### **I.3.4 Paramètres et caractéristiques des distillateurs :**

On peut classer les paramètres relatifs aux distillateurs de la façon suivante :

#### **I.3.4.1 Paramètres externes :**

- Paramètres d'ensoleillement.
- Paramètres météorologiques (la vitesse du vent et le long de la vitre joue un rôle important).

#### **I.3.4.2 Paramètres internes**

##### **I.3.4.2.1 Paramètre géométrique :**

Deux nouvelles grandeurs sont introduites pour les distillateurs :

- Inclinaison de la vitre sur le plan horizontal.
- Hauteur du niveau de la masse d'eau à distiller.

##### **I.3.4.2.2 Paramètres de fonctionnement :**

Ces paramètres sont les différentes températures du système et du fluide, en particulier la température de l'eau à distiller.

### **I.3.5 Caractéristiques et performances des distillateurs :**

#### **I.3.5.1 L'efficacité globale :**

L'efficacité globale journalière est le rapport entre la quantité de chaleur utilisée pour l'évaporation par la quantité d'énergie globale incidente, qui peut être calculée par la formule suivante

$$\eta_g = \frac{Q_{evp}}{GS_v} = \frac{\dot{m}_d}{GS_v} L_v \quad (I.5)$$

$Q_{evp}$  : Flux thermique d'évaporation d'eau.

$\dot{m}_d$ : Débit massique de distillat.

$L_v$ : Chaleur latente de vaporisation.

$G$  : Puissance de rayonnement solaire incident par unité de surface.

### **I.3.5.2. L'efficacité interne :**

L'efficacité interne est le rapport entre la quantité de chaleur utilisée pour l'évaporation par unité de temps et la quantité d'énergie effectivement absorbée par la saumure par unité de temps, elle se calcule par la formule suivante :

$$\eta_i = \frac{Q_{evp}}{\alpha_t GS_v} = \frac{\dot{m}_d}{GS_v} L_v \quad (\text{I.6})$$

Avec:

$$\alpha_t = \tau_v \alpha_e + \tau_v \tau_e \alpha_f \quad (\text{I.7})$$

$\tau_v$ : Coefficient de transmission de la vitre.

$\tau_e$ : Coefficient de transmission de l'eau.

$\alpha_e$ : Coefficient d'absorption de l'eau.

$\alpha_t$ : Coefficient d'absorption du fond du distillateur.

$\alpha_f$ : Coefficient d'absorption fictif du distillateur.

Le coefficient  $\alpha$  dépend de l'angle d'incidence du rayonnement incident par rapport à la vitre.

### **I.3.5.4 Rendement :**

C'est la quantité d'eau produite par unité de surface de plan et par jour.

$$\eta = \frac{\dot{m}_d}{G} L_v \quad (\text{I.8})$$

## **Conclusion**

Nous avons vu dans ce chapitre une brève étude générale sur le gisement solaire, la distillation solaire à l'échelle mondiale et cela pour avoir une idée claire sur ce domaine.

Nous avons vu aussi les principes de fonctionnement, différents types, les paramètres et caractéristiques des distillateurs. Nous avons choisi un seul type de distillateur solaire à effet de serre (le distillateur solaire à double pente) pour qu'il soit l'objet de notre étude dans les chapitres qui suivent.

## Chapitre II: Etude et Description du distillateur solaire à effet de serre

## Introduction

La distillation solaire est un procédé de production d'eau douce à fort économique sur tout dans les régions caractérisées par un bon ensoleillement [24].

L'optimisation de la production des installations utilisant l'énergie solaire a fait l'objet de nombreuses études expérimentales et théoriques [25].

Plusieurs types de distillateurs solaires ont été réalisés, les plus répandus sont ceux du type à effet de serre. En effet ils présentent l'avantage d'être simple, facile à réaliser, de conception rustique, et peu coûteux.

L'objectif dans ce chapitre est l'étude de l'influence de l'irradiation globale, la température ambiante, la température de l'eau sur l'efficacité du distillateur à effet de serre de type chapelle par l'approche de la méthode du bilan thermique global à partir des recherches expérimentales dans le mémoire d'étudiant a titulaire étude expérimentale des caractéristiques d'un distillateur solaire a effet des serre. Ce travail consiste à étudier un distillateur solaire réalisé [26], à l'échelle du laboratoire de génie mécanique université de Technologie houari Boumediene , 'USTHB', B.P.32El Alia , Alger, Algérie .II.

## II. description du distillateur solaire.

### II.1. Equipements et matériel :

Le distillateur étudié est constituée d'une capacité étanche ou un bac dont le fond noir de 1,39 m<sup>2</sup> de surface teinté d'une couche noire absorbante à base d'une peinture cellulosique noire. Un recouvrement en verre de 4 mm d'épaisseur constitue la toiture du distillateur et qui est inclinée d'un angle de 23°, soit un angle qui est largement supérieur à l'inclinaison minimale (15°) à partir duquel le décollement des gouttes d'eau condensée sur la vitre est évité. Le bac en question est un réservoir en fibre de verre rempli par une couche de résine (polyester insaturé). La partie inférieure est isolée par une couche de polystyrène et l'ensemble repose sur une structure métallique faite par des cornières 25/30. Le remplissage du bac est assuré par une citerne en couleur noire de 200 l, ceci s'effectue par gravité. Notons que le remplissage et le vidange se fait en un même point. La récupération du distillat s'effectue dans les rigoles placées à l'extrémité du toit [26].

la partie exploiter de l'expérience s'étale sur une période de 3 mois (Mai, Juin et Juillet). L'eau du process provienne d'un puits donc chargée en minéraux. Le bac est rempli d'une lame d'eau de 2,5 cm, soit le 1/3 de la hauteur, le niveau de ce dernier est maintenu par un appoint d'eau de la citerne dont la conductivité est d'environ 2 ms/cm). L'augmentation de la température due à l'effet de serre fait réchauffer l'air au-dessus de l'eau saline qui s'évapore. Cette capacité d'évaporation grandit au fur et à mesure que la température augmente jusqu'à ce que l'air atteigne sa saturation en vapeur d'eau: l'humidité relative est alors de 100 %. La vapeur d'eau que contient l'air chaud est refroidie par l'air ambiant et se condense au vitrage (Figure II.1). Il y a une formation de gouttes d'eau qui s'écoulent à la partie inférieure du vitrage mis en pente dans une gouttière qui la conduit à un réservoir de stockage [27].

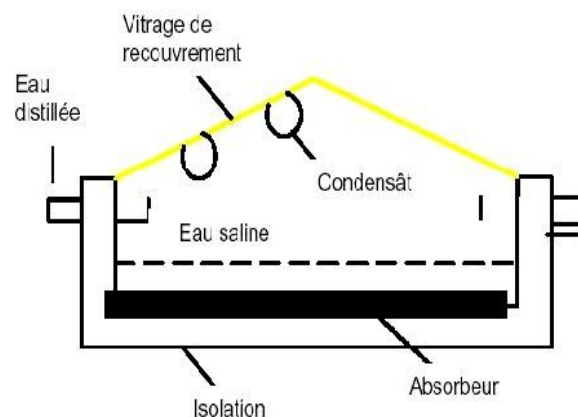


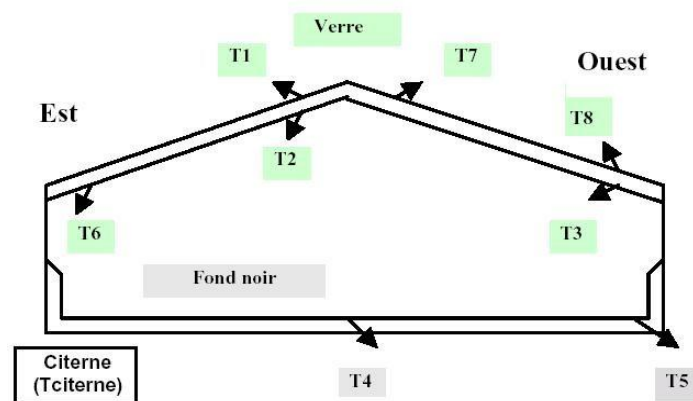
Figure II.1: Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire

L'étude expérimentale a été portée sur la mesure des paramètres suivants:

Le rayonnement solaire global sur un plan horizontal est mesuré à l'aide d'un pyranomètre.

Les différentes températures sont mesurées à l'aide des thermocouples type K (Chromel- Alumelle). Ces paramètres climatiques de l'intérieur et de l'extérieur de la serre sont prélevés au bout de chaque heure par un instrument appelé Testo925.

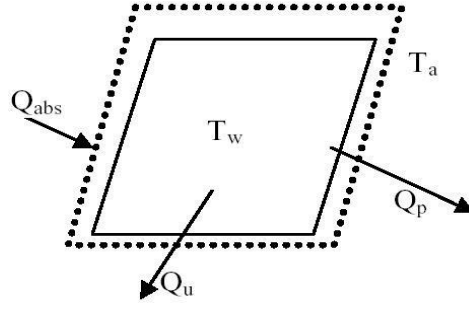
Une conductivité mètre de type Inolab (Cond level1) permet de mesurer la conductivité et le pH des solutions.



**Figure II.2:Disposition des thermocouples**

## II.2 Le bilan énergétique

Pour le calcul théorique du bilan énergétique, on se basant sur le bilan global [28]. Généralement, le distillateur est assimilé à une boîte noire contenant une charge d'eau saumâtre et fonctionnant entre deux sources de chaleur: la saumure (source chaude) à une température moyenne  $T_w$  et l'ambiance (source froide) à une température moyenne  $T_a$ . La fraction de la puissance solaire incidente ( $Q_{Inc.}$ ) est absorbée par la charge d'eau ( $Q_{abs}$ ) est utilisée comme chaleur utile ( $Q_u$ ) pour l'évaporation d'une quantité d'eau et la fraction restante ( $Q_p$ ) est perdue vers l'ambiance. L'application de la première loi de la thermodynamique à un volume de contrôle (Figure II.3) délimitant la surface effective pertinente du système permet d'écrire le bilan d'équilibre thermique du système.



**Figure II.3: Bilan thermique du système**

$$Q_u = Q_{abs} - Q_p = A_c [\alpha_t I_g - U_1 (T_w - T_a)] \quad (\text{II .1})$$

$$\text{Avec } Q_p = U_1 \cdot A_c (T_w - T_a) \quad (\text{II .2})$$

$$\text{Et } \alpha_t = \tau_g \times \alpha_w + \tau_g \times \tau_w \times \alpha_b \quad (\text{II .3})$$

Pour un angle d'incidence  $\leq 30^\circ$  [29], avec  $\alpha_t$  : Absorptivité effective totale de la saumure ;  $\tau_g$  et  $\tau_w$  : transmittivités du vitrage et de la saumure.

$$U_1 = U_t + U_b + U_e \quad (\text{II .4})$$

D'autre part, l'efficacité  $\eta_g$  et l'efficacité interne  $\eta_i$  du distillateur sont exprimées par la relation :

$$\eta_g = \frac{Q_u}{Q_w} = \frac{\sum m \cdot L_v}{\sum A_c \cdot I_g} = \alpha_t \cdot \eta_i \quad (\text{II .5})$$

Ou  $L_v$  et la chaleur latente d'évaporation a la température de l'eau et  $m$  le débit du distillant  $L_v$  et donné par [30] :

$$L_v = 4.18 [883 - 0.668 (T_w + 273.15)] \quad (\text{II .6})$$

La combinaison des équations (II.1) et (II.2) permet de déduire le rendement global comme suit:

$$\eta_g = \alpha_t - U_1 \left[ \frac{T_w - T_a}{I_g} \right] = A - B \cdot X \quad (\text{II .7})$$

Les constantes A et B de l'équation (II.7) sont respectivement l'absorptivité effective de la saumure et le facteur des pertes globales du distillateur. Elles peuvent être déduites par un simple lissage sur le nuage de points de mesure, du rendement  $\eta_g$  la variable réduite X par la technique des moindres carrées.

Le système est étudié en régime permanent. On considère que:

- Les propriétés physiques et optiques sont constantes.
- Les températures de fonctionnement sont uniformes.
- les facteurs des pertes sont linéaires et indépendant de la température.

### **II.3 Caractéristiques de fonctionnement du distillateur solaire**

Plusieurs grandeurs sont définies afin de caractériser la production d'eau d'un distillateur. On distingue constamment, le rendement, l'efficacité interne et globale, et la performance.

#### **II.3.1 Le rendement**

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 qui arrive sur le distillateur.

#### **II.3.2 L'efficacité**

##### **II.3.2.1 L'efficacité globale**

L'efficacité globale est définie par le rapport:

$$\eta_i = \frac{Q_{ev}}{I_g A_g} \quad (\text{II.8})$$

##### **II.3.2.2 L'efficacité interne**

Si l'efficacité globale rapporte la quantité d'eau produite à l'énergie solaire tombant sur une surface horizontale, elle ne fait pas mention de la quantité d'énergie entrant réellement dans le distillateur, d'autant plus qu'un distillateur est construit en général pour un lieu donné et avec une pente de couverture fixe. Un changement de pente et de la localité fait varier la quantité d'énergie qui entre dans le distillateur. On définit donc une efficacité dite interne qui tient compte de tous ces paramètres et qui est définie par:

$$\eta_i = \frac{Q_{ev}}{Q_w} \quad (\text{II.9})$$

### II.3.3 La performance.

Le souci de caractériser un distillateur d'une manière absolue a amené ainsi Satcunanathan et Hansen [31] à définir le facteur de performance brut (F.P.B) et le facteur de performance horaire (F.P.H):

$$FBH = \frac{\text{Quantité d'eau produite au out d'une heure}}{\text{Quantité d'énergie entrée au bout d'une heure}} \quad (\text{II .10})$$

$$FPB = \frac{\text{Quantité d'eau produite au out de 24 heures}}{\text{Quantité d'énergie produite au bout de 24 heures}}$$

Au n instant donné de la journée, le facteur de performance 'F.P' est donné par la relation:

$$FP = \frac{m_d}{\alpha_t \times I_g \times A_g} \quad (\text{II .11})$$

## CONCLUSION

Le problème de la production d'eau douce par la voie solaire est important à deux points de vue: nécessité d'économiser l'énergie et souci de se procurer des nouvelles ressources hydrauliques.

La Cette partie présente l'évaluation expérimentale des principaux paramètres influençant sur les caractéristiques de fonctionnement d'un distillateur solaire.

Les résultats obtenus ont montré que la production, l'efficacité interne et globale du distillateur solaire accroît avec l'irradiation solaire et l'augmentation de l'écart des températures ambiantes et les températures de l'eau.

L'efficacité optique obtenue expérimentalement par la méthode du bilan global(0.839) et comparée à la valeur théorique (0.85) est en bon accord, si on prend en considération toutes les erreurs.

Suite aux différentes expériences menées sur notre distillateur effet de serre de type chapelle, nous avons constaté que pour améliorer son rendement et le rendre performant, il faudra:

- Un gain en chaleur peut être apporté par un préchauffage de l'eau d'alimentation par un capteur plan.
- Augmenter l'angle d'inclinaison pour accélérer la condensation.
- Afin d'augmenter l'absorption, on recommande d'utiliser soit du verre d'épaisseur supérieur à 3mm ou bien de verre armé ou du plexiglas.
- Réduire les pertes thermiques pour cela, on propose d'effectuer une isolation du bas du bac avec la laine de verre.

## Chapitre III : Résultats Théoriques et discussions

### III.1.Introduction :

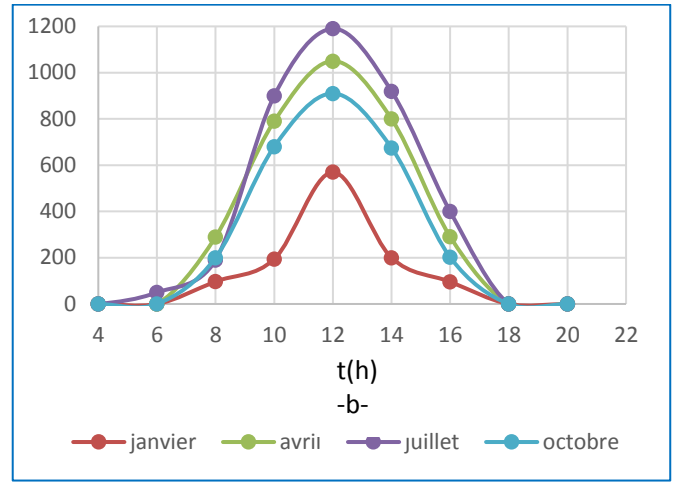
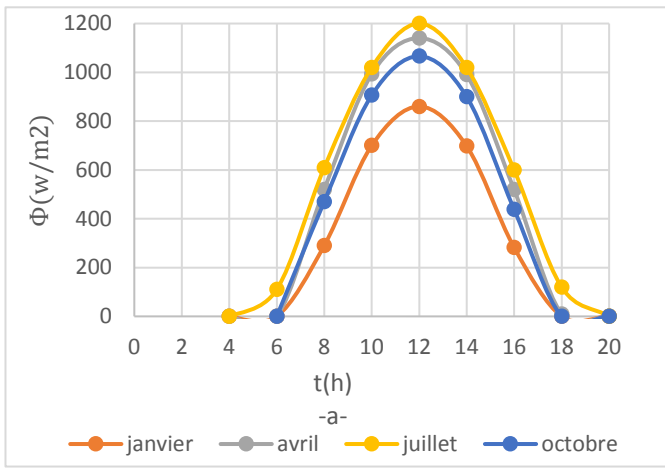
Ce chapitre comporte la comparaison des résultats théoriques et expérimentales [1], publiés dans Le 2ème Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables (Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012).

Les données de notre étude sont portées sur la région d'Adrar, située au Sud-ouest algérien et ayant les coordonnées géographiques : latitude ( $27^{\circ}.88$ ) Nord, longitude ( $0^{\circ}.17$ ) Ouest, et un décalage horaire d'une heure.

Cependant, il est vrai que les conditions météorologiques ne sont pas tout à fait identiques le long de la même saison. D'ailleurs le début de la saison ne ressemble pas à sa fin, mais la projection sur toute la saison serait pour autant plus profitable dans la simulation.

On peut voir sur la figure (III.1) et figure (III.2) la variation théorique et expérimentale du rayonnement solaire presque proche, reçu par un plan selon la saison. Il est plus intense au premier juillet tandis qu'il est moins intense au premier janvier. De même, la durée d'insolation est plus longue dans la période estivale alors qu'elle est plus courte dans la période hivernale.

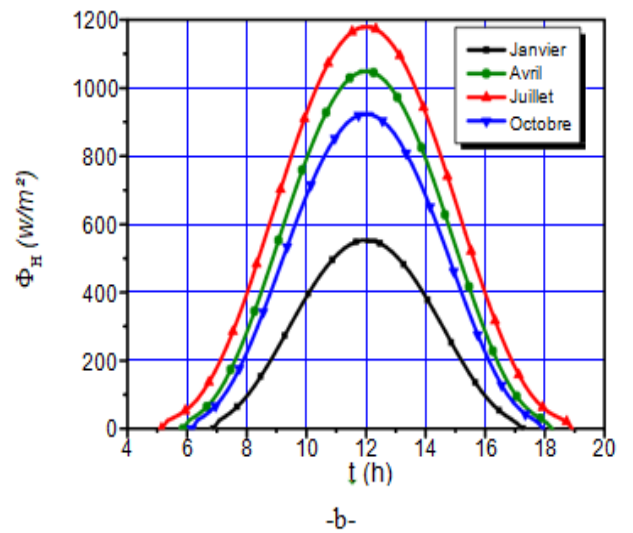
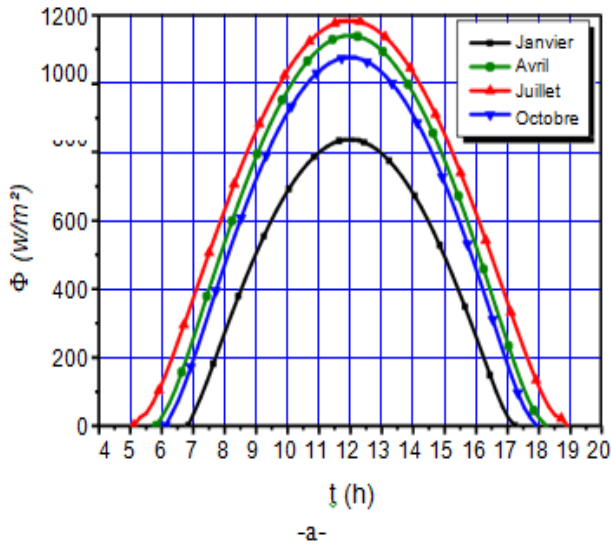
L'inclinaison du plan a une grande influence sur l'intensité du rayonnement globale surtout en période du solstice d'hiver. Il est évident qu'en hiver, le plan incliné est en général beaucoup mieux que le plan horizontal. Cela s'interprète par le fait que la déclinaison du soleil est positive en été et négative en hiver, ce qui fait que les rayons solaires sont, en hiver, à peine perpendiculaires sur un plan incliné alors que ce n'est pas le cas pour le plan horizontal sur lequel les rayons sont presque rasants.



**Figure (III.1) : Courbes théorique Variation temporelle du rayonnement solaire**

**a-pour un plan incliné (10°)**

**b-pour un plan horizontal**



**Figure(III.2) : Courbes expérimentales Variation temporelle du rayonnement solaire [1]**

**a-pour un plan incliné (10°)**

**b-pour un plan horizontal**

- Dans les figures (III.1) et (III.2) la variation théorique et expérimentale du et rayonnement solaire reçu par une surface plan selon la saison. Il est plus intense au premier juillet tandis qu'il est moins intense au

premier janvier. De même, la durée d'insolation est plus longue dans la période estivale alors qu'elle est plus courte dans la période hivernale.

### **III.2 Discussion des résultats figure (III.1) et figure (III.2) :**

- On va voir dans les Courbes au-dessus que le flux thermique dans les mois (janvier avril juillet et octobre) sont variée par rapport le temps dans les deux cas : plan incliné ( $10^\circ$ ) et plan horizontal.

Dans le temps : 5 h de matin le flux croissant jusqu'à 12 h (valeur max)

Dans le temps : 12 h de matin le flux décroissant jusqu'à 19 h (valeur min)

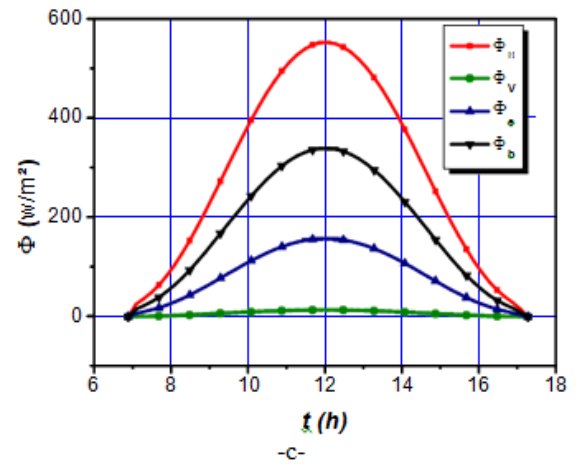
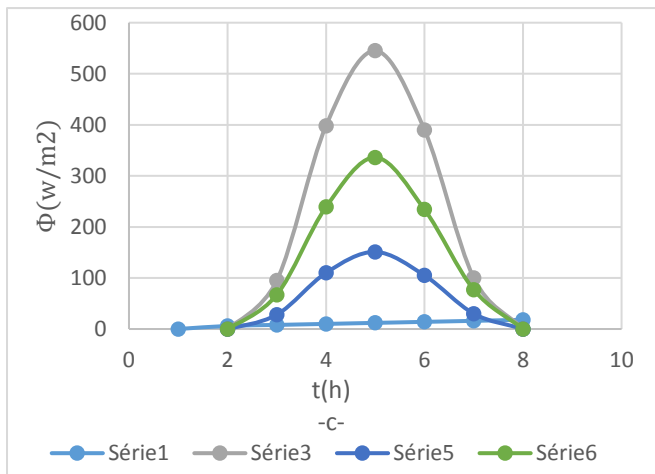
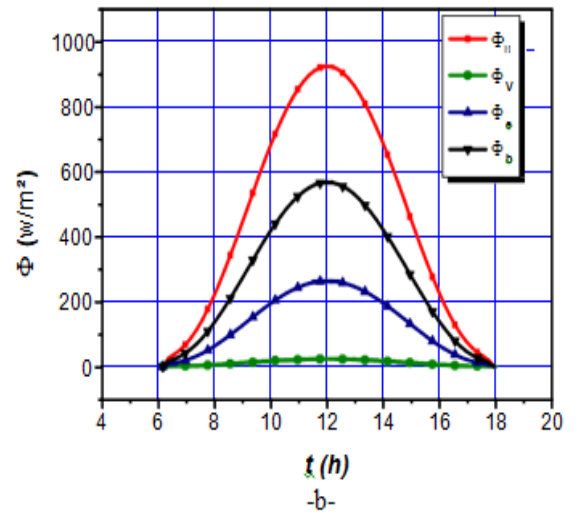
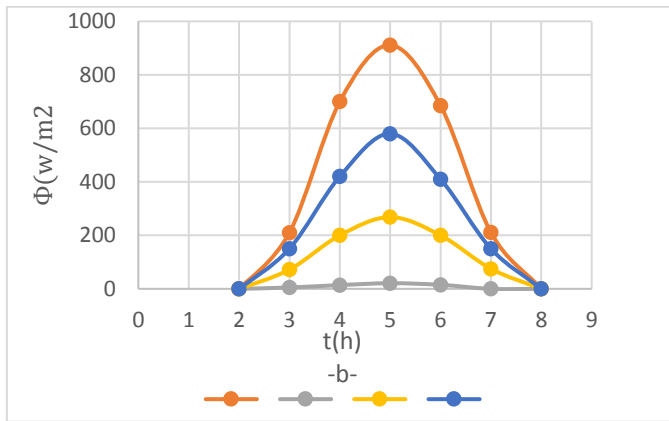
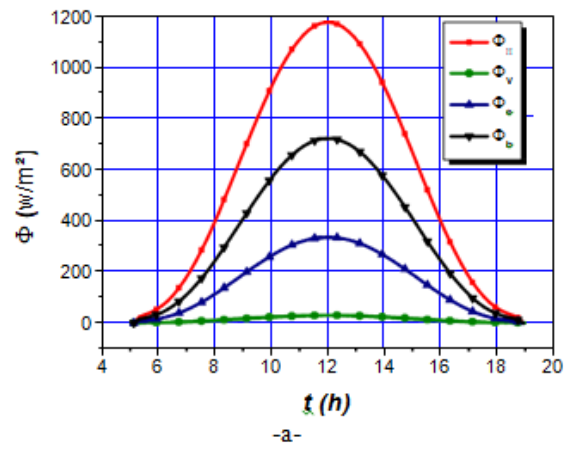
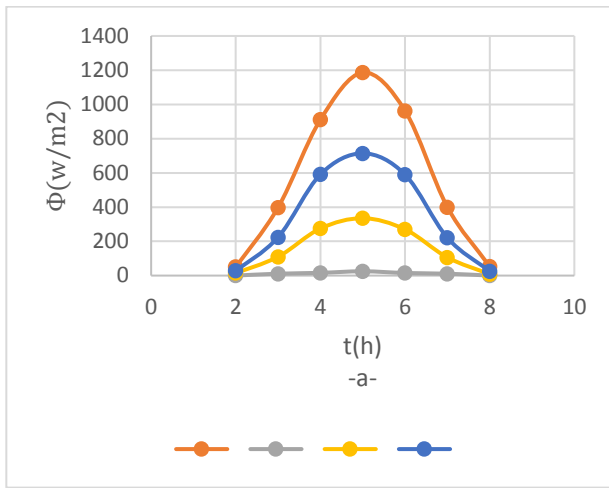
- On peut voir sur la figure (III.1) et figure(III.2) donne les mêmes résultats dans les courbes.

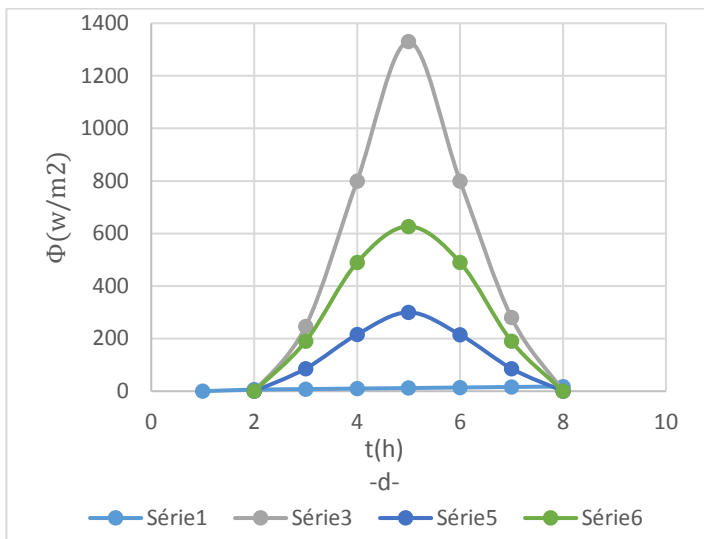
### **III.3 Variation temporelle des puissances absorbées:**

Les figures -a-, -b- et -c- et -d- montrent l'évolution temporelle du rayonnement solaire globale reçu par mètre carré de surface plane horizontale (pendant une journée) selon les jours de calcul. Nous observons aussi une symétrie par rapport au midi solaire, d'où l'insolation est plus intense de 10 h 00 à 16h00 (les puissances atteint leur maximum à midi) tandis qu'elles soient moins intenses à la fin de la journée.

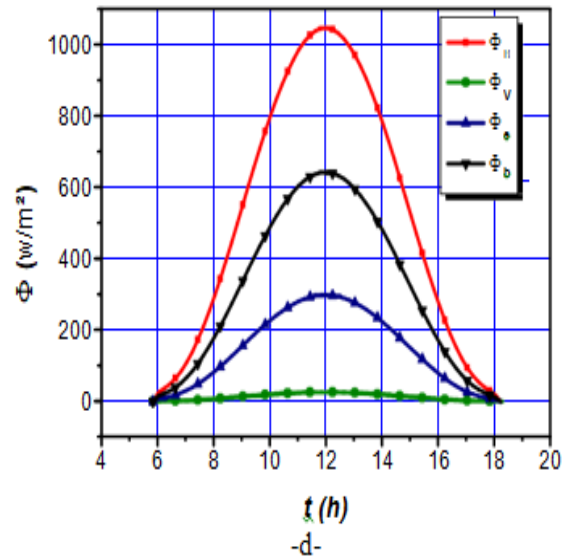
La puissance absorbée par la vitre n'est pas considérable, elle reste toujours inférieure à celle absorbée par la saumure et le bac absorbant. Ceci est dû à ses caractéristiques géométriques et optiques. Par contre la puissance absorbée par le bac absorbant est la plus élevée: elle est largement supérieure à celle de la saumure en raison de la caractéristique de l'absorbant.

Nous pouvons constater aussi que la durée du jour varie d'une saison à l'autre, elle est courte en hiver long en été.





**Courbes théoriques**



**Courbes expérimentales**

**Figure (III.3) : Courbes Théorique et Expérimental [1] : Variation temporelle des puissances absorbées pour les 4 saisons.**

**A -Juillet, b-Octobre, c-Janvier, d -Avril**

### III.4 Discussion des résultats de la variation temporelle des puissances.

On voit bien dans les Courbes théoriques et expérimentales sont presque identique et que le flux thermique ( $\Phi_{II}$ ,  $\Phi_V$ ,  $\Phi_b$ ,  $\Phi_S$ ) sont variée par rapport le temps. Dans les mois (Janvier avril octobre juillet).

Nous observons aussi une symétrie par rapport au midi solaire, d'où l'insolation est plus intense de 10h00 à 16h00 (les puissances atteint leur maximum à midi) tandis qu'elles soient moins intenses à la fin de la journée. Dans le temps : 5 h de matin le flux thermique ( $\Phi_{II}$ ,  $\Phi_b$ ,  $\Phi_S$ ) croissant jusqu'à 12 h (valeur max) dans le temps : 12h de matin le flux décroissant jusqu'à 19 h (valeur min) le flux  $\Phi_V$  est constant par rapport le temps (h).

Alors La puissance absorbée par la vitre n'est pas considérable, elle reste toujours inférieure à celle absorbée par la saumure et le bac absorbant. Ceci est dû à ses caractéristiques géométriques et optiques. Par contre la puissance absorbée par le bac absorbant est la plus élevée : elle est largement supérieure à celle de la saumure en raison de la caractéristique de l'absorbant.

### III.5 Variation temporelle des différentes températures de distillateur:

Les figures théoriques et expérimentales figure (III.4) et figure (III.5) sont presque identiques et présentent l'évolution temporelle de la température de chaque composant du distillateur ( $T_{vi}$ ,  $T_{ve}$ ,  $T_e$ ,  $T_b$ ,  $T_i$ ,  $T_{ie}$ ) pendant les jours. On remarque, en premier lieu, que les températures augmentent proportionnellement avec le temps et atteignent une valeur maximale pour chaque élément. Cette valeur varie d'une saison à l'autre, on constate le long de l'intervalle du temps que les températures ne dépassent pas 100°C en juillet, de l'ordre de 80°C en Avril et Octobre et elle est d'environ 52°C en Janvier. Nous pouvons observer que les températures du bac absorbant et la face interne de l'isolant (celle en contact directe avec l'absorbeur) sont les plus élevées. La température de la saumure augmente progressivement, elle est proche de celle du bac mais reste inférieure à celle du bac absorbant. Cette dernière est chauffée sur tout par la convection (convection naturelle) et d'un degré moindre par la conduction.

**donc :**

$T_{vi}$  : température de vitre intérieur.

$T_{ve}$  : température de vitre extérieure.

$T_e$  : température extérieure.

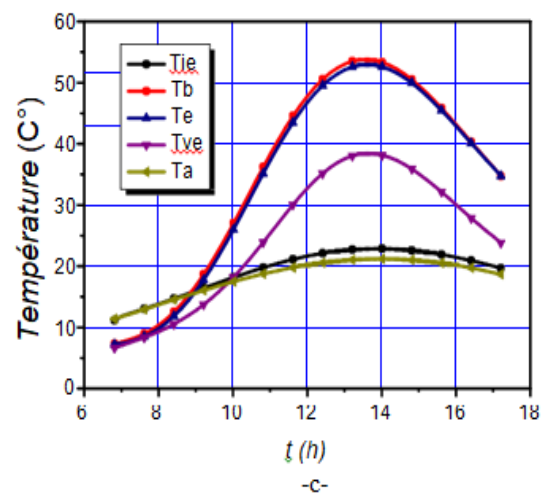
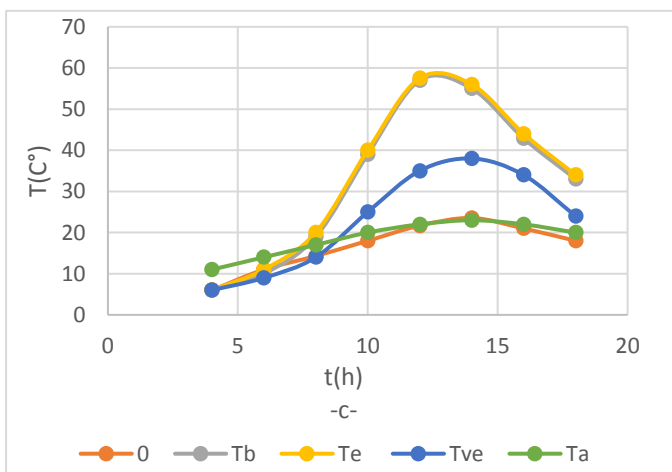
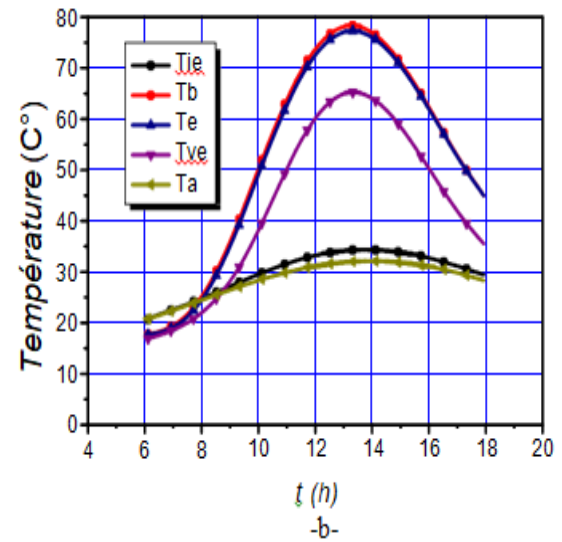
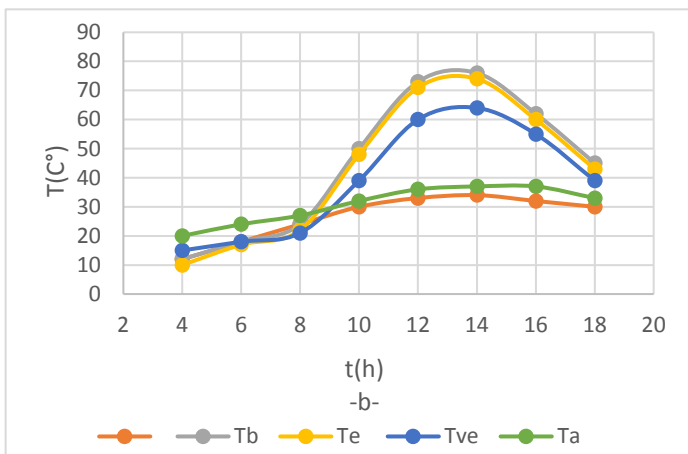
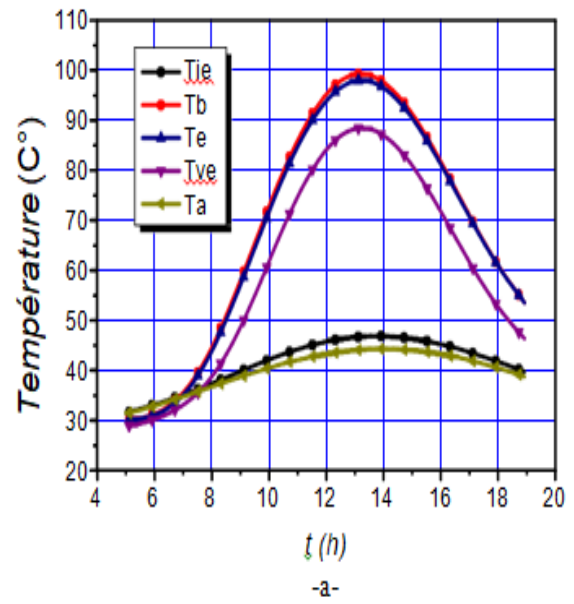
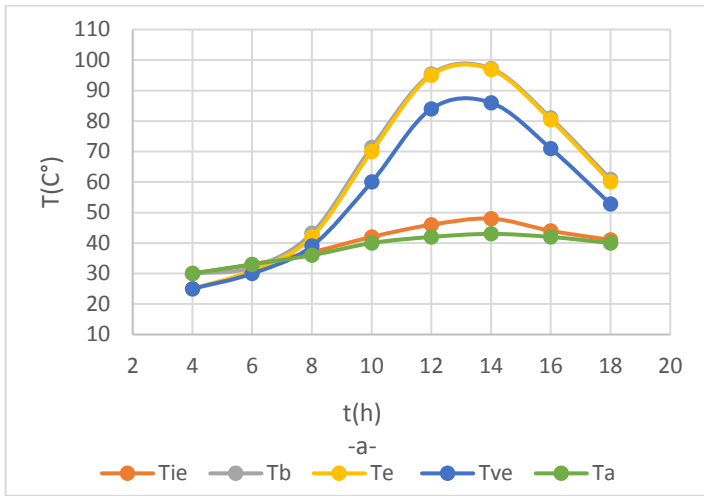
$T_b$  : température du bac

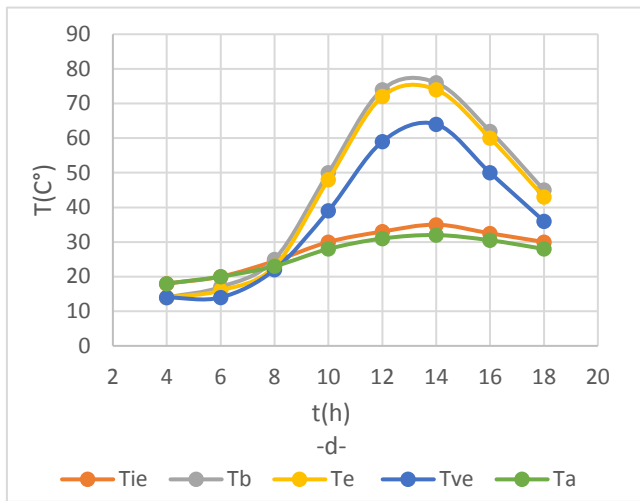
$T_i$  : température intérieur.

$T_{ie}$  : température du saumure.

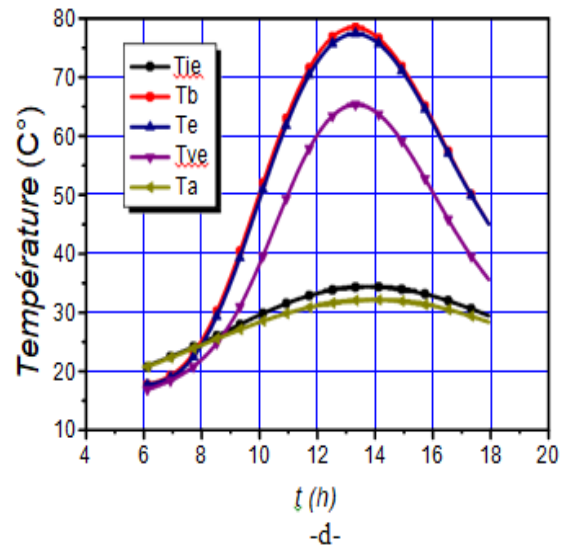
La faiblesse de la température de la vitre par rapport à celle de l'eau s'explique par l'échange convectif avec l'ambiance, ceci permet à la vapeur d'eau de se condenser sur la face intérieure de la vitre. La température intérieure de la vitre  $T_{vi}$  est légèrement supérieur à la température de la face extérieure ; ceci s'explique par la quantité importante du flux reçu par la face intérieure (la chaleur cédée par la surface d'évaporation par rayonnement, évaporation et convection naturelle) tandis que la face extérieure est

soumise à l'action du vent. La température la plus basse est celle de l'isolant de la face arrière: la conductivité thermique est très faible.





**Courbes théoriques**



**Courbes expérimentales**

**Figures (III.4.5): Courbes Théorique et Expérimental [1] les Variation temporelle des différentes températures de distillateur pour les 4 saisons.  
a- Juillet, b- Octobre, c- Janvier, d- Avril**

### III.6 Discussion des résultats de la variation temporelle des différentes températures de distillateur.

On voit que les Courbes au-dessus théoriques et expérimentales que la température ( $T_{ie}$ ,  $T_e$ ,  $T_b$ ,  $T_{ve}$ ,  $T_a$ ) sont variée par rapport au temps.

Dans le temps : 6 h de matin la température ( $T_e$ ,  $T_b$ ,  $T_{ve}$ ) croissant jusqu'à 13 h (valeur max).

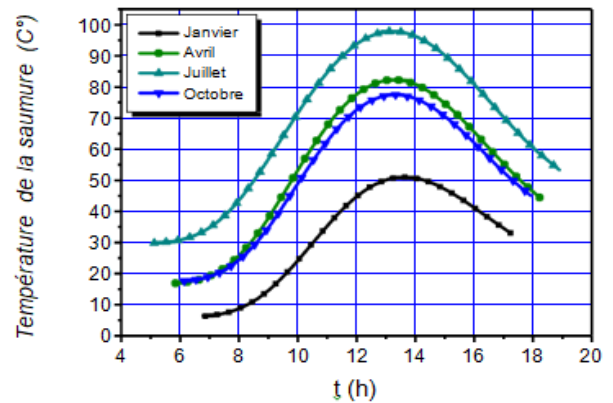
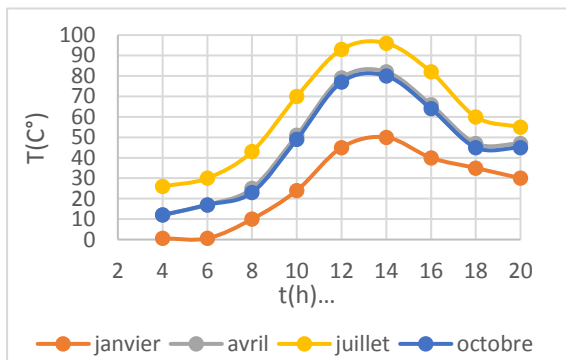
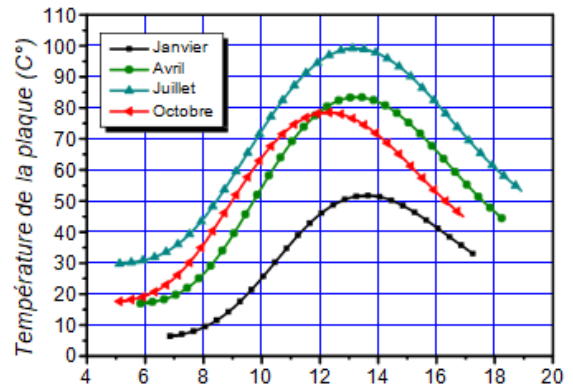
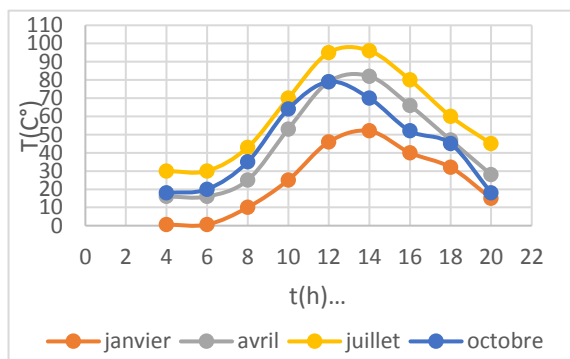
Dans le temps : 13 h de matin le flux décroissant jusqu'à 19 h (valeur min)

La température  $T_{ie}$  et  $T_a$  est constant par rapport le temps.

On remarque, en premier lieu, que les températures augmentent proportionnellement avec le temps et atteignent une valeur maximale pour chaque élément voir figure (III.4.5).

### III.7 Variation temporelle des différentes températures Variation temporelle températures de l'eau et de la plaque du distillateur:

Les figures théoriques et expérimentales figure (III.6) et figure (III.7) sont presque identiques et présentent l'évolution temporelle de la température de la saumure et plaque du distillateur ( $T_b$ ,  $T_{ie}$ ). On remarque, en premier lieu, que les températures augmentent proportionnellement avec le temps et atteignent une valeur maximale pour chaque élément. Cette valeur varie d'une saison à l'autre, on constate le long de l'intervalle du temps que les températures ne dépassent pas  $100^\circ\text{C}$  en juillet, de l'ordre de  $80^\circ\text{C}$  en Avril et Octobre et elle est d'environ  $52^\circ\text{C}$  en Janvier. Nous pouvons observer que les températures du bac absorbant et la face interne de l'isolant (celle en contact directe avec l'absorbeur) sont les plus élevées. La température de la saumure augmente progressivement, elle est proche de celle du bac mais reste inférieure à celle du bac absorbant. Cette dernière est chauffée sur tout par la convection (convection naturelle) et d'un degré moindre par la conduction.



-b-

**Courbes théoriques**

**Courbes expérimentales**

**Figure (III .6.7) : Courbes Théorique et Expérimental Variation temporelle températures de l'eau et de la plaque du distillateur pour les 4saisons [1].**

-a-plaque absorbante.

-b- la saumure.

### **III.8 Discussion des résultats figure (III.6.7)**

Dans les Courbes théoriques et expérimentales au-dessus en voit bien que la température dans les mois (janvier avril juillet et octobre) sont variée par rapport le temps on va voir :

Dans le temps : 6 h de matin la température croissant jusqu'à 13 h (valeur max).

Dans le temps : 13 h de matin le flux décroissant jusqu'à 19 h (valeur min).

Nous avons remarqué que la température de la plaque et de la saumure varie pour chaque saison de l'année, elle est néanmoins plus élevée sur tout en moi de juillet.

### **III.9 Quantité de l'eau distillée:**

La production horaire de l'eau distillée pour un distillateur simple à effet de serre est représentée dans la figure -a- et la production journalière sur la figure -b-. On remarque que la production varie pour chaque saison elle est considérable pour le mois de juillet d'environ (5,55 litres/m<sup>2</sup>/jour), pour le mois d'Avril et d'Octobre elle est moyenne comprise entre (3 et 4 l/m<sup>2</sup>/jour). Par contre, en moi de janvier la production journalière d'eau distillée est de (1,1 l/m<sup>2</sup>/jour). La production d'eau distillée, en période estivale est très importante par rapport à celle de la période hivernale.

Les variations de la quantité d'eau distillée en fonction du temps (production horaire et production cumulée) pour chaque jour de calcul sont représentées sur les figures -a-, -b- et -c- et -d-. L'analyse de ces résultats montre une forte concordance avec la théorie.

Tous les résultats discutés dans ce paragraphe sont récapitulé dans le tableau (III.1) et tableau (III.2).

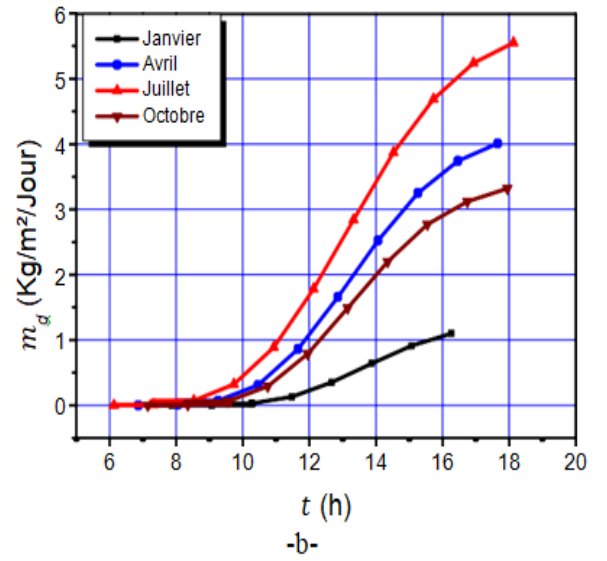
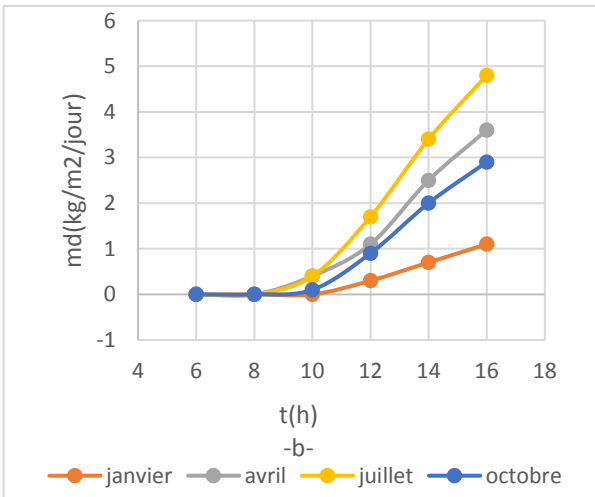
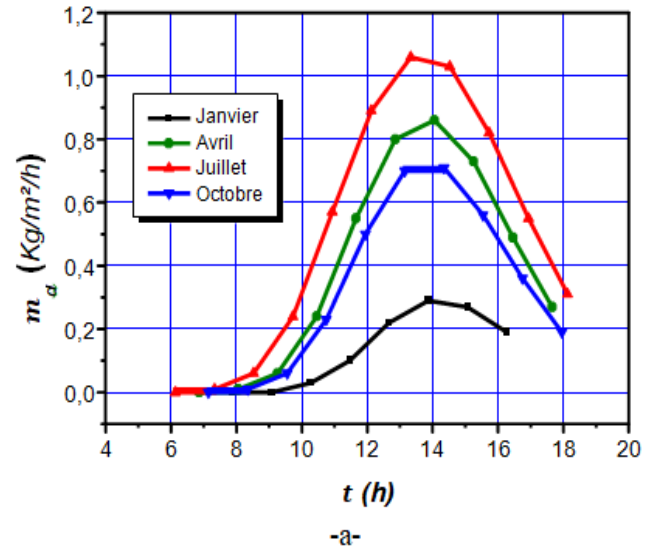
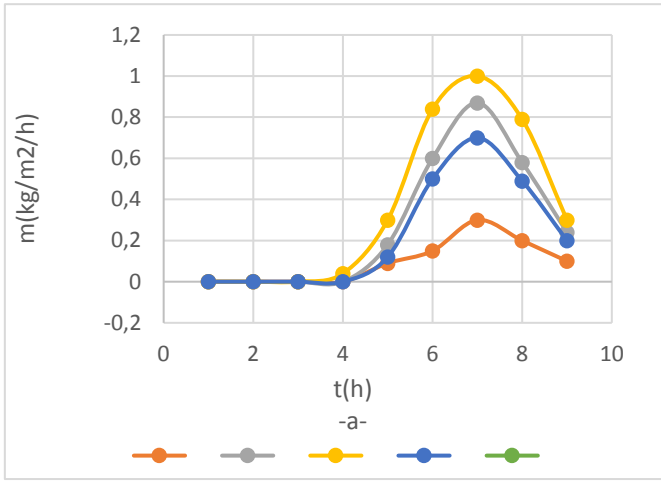
	1 <sup>er</sup> Jan	1 <sup>e</sup> Avr	1 <sup>er</sup> Jui	1 <sup>er</sup> Oct
Te (°C)	52.3	83.9	101	79.04
T <sub>Vi</sub> (°C)	37.98	74.14	94	69
(T <sub>e</sub> -T <sub>Vi</sub> ) (°C)	14.7	10.6	7.3	10.5
m <sub>d</sub> (L / joure /m <sup>2</sup> )	1.25	4.33	5.63	32.41

**TABLEAU (III.1): Résultat théoriques de Températures (T<sub>e</sub> et T<sub>Vi</sub>) et quantité de l'eau distillée Pour 4 saisons.**

	1 <sup>er</sup> Jan	1 <sup>e</sup> Avr	1 <sup>er</sup> Jui	1 <sup>er</sup> Oct
Te (°C)	51	83	99	78
T <sub>Vi</sub> (°C)	37	73	92	68
(T <sub>e</sub> -T <sub>Vi</sub> ) (°C)	14	10	7	10
m <sub>d</sub> (L / joure /m <sup>2</sup> )	1.10	4.01	5.55	3.32

**TABLEAU (III.2): Résultat expérimentale de Températures (T<sub>e</sub> et T<sub>Vi</sub>) et quantité de l'eau distillée Pour 4 saisons.**

La figure (III.5) illustre l'évolution annuelle de la production journalière. Elle est importante pour plus de 8 mois par année (entre le mois de Mars et le mois d'Octobre). Les températures de différents composant de distillateur ainsi que la production journalière suit l'évolution du rayonnement solaire. D'où les maximas et se trouvent là où le rayonnement solaire est maximal.



### Courbes théoriques

### Courbes expérimentales

**Figure (III.8) : Courbes Théorique et Expérimental [1] les Variation temporelle de la production de distillat pour les 4 saisons.**

**a- production horaire,**

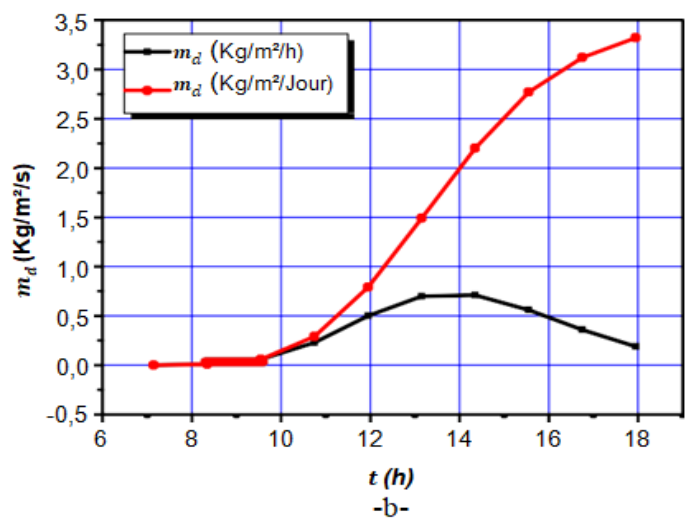
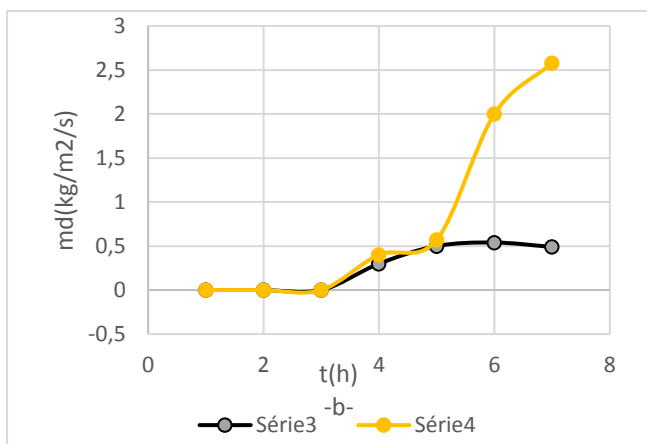
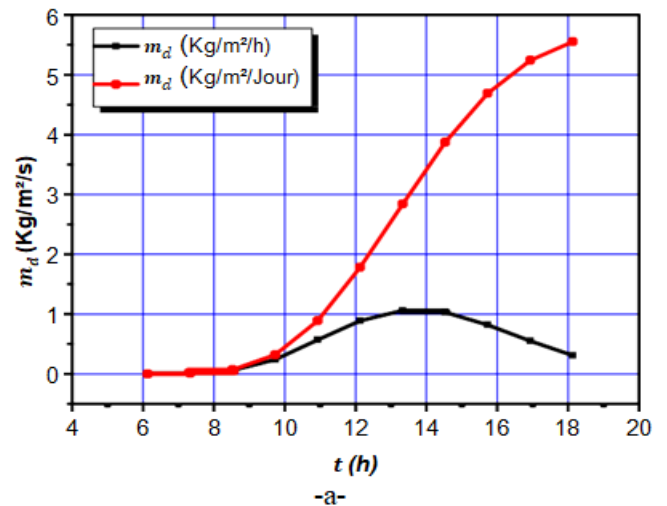
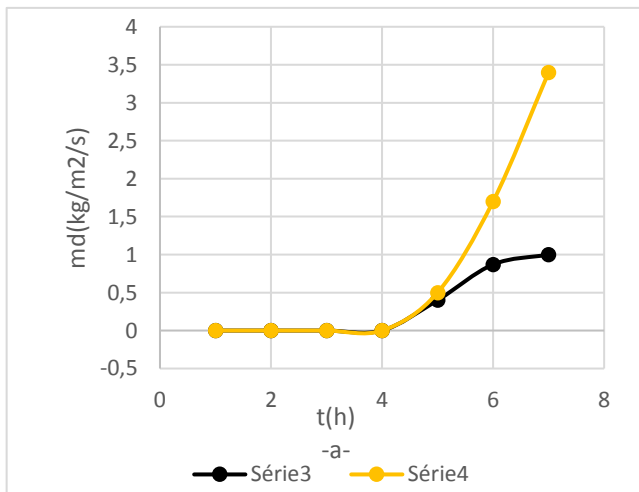
**b- production journalière**

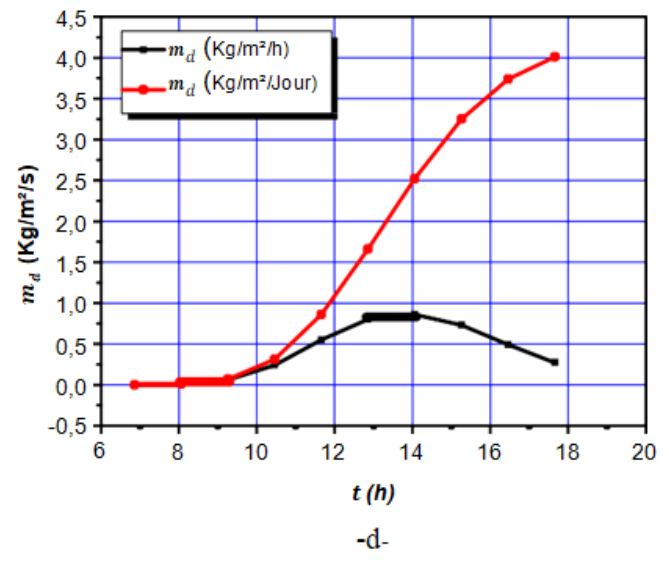
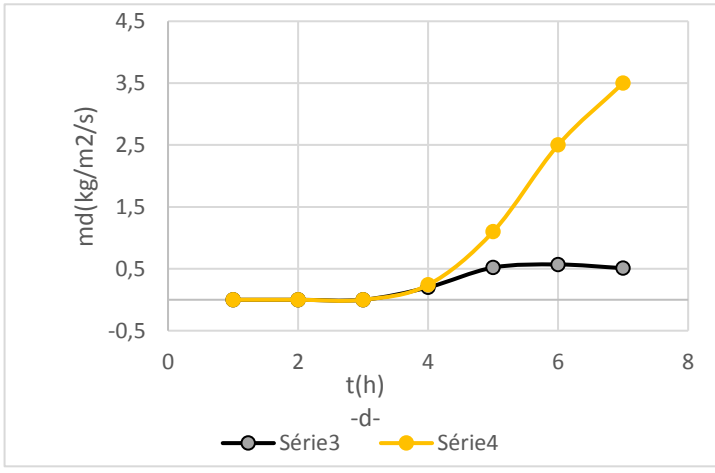
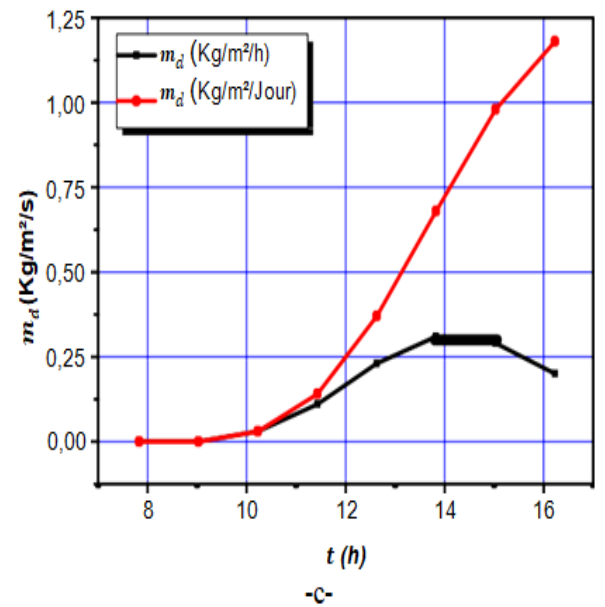
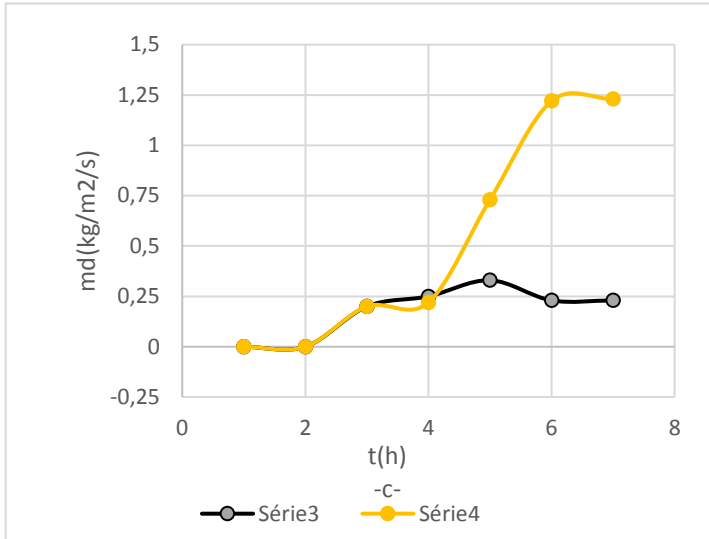
### III.10 Discussion des résultats de la variation temporelle de la production de distillat.

D'après les courbes théoriques et expérimentales on constate que la quantité d'eau distillée liée par les températures de différent composant de distillateur ainsi que la production journalière suit l'évolution d'une cloche du rayonnement solaire. D'où les maximal se trouvent là où le rayonnement solaire est maximal dans les deux cas théorique ou expérimentales :

**La production journalière :** La quantité d'eau distillée est croissante à tout le jour.

**Production horaire :** La quantité d'eau distillé croissante (6 h jusqu'à 14 h) et décroissant (14 h jusqu'à 18 h) comme il est montre sur les courbes théoriques et expérimentales.





**Courbes théoriques**

**Courbes expérimentales**

**Figure (III.9) : Courbes Théorique et Expérimental [1] les Variation temporelle de la production de distillat pour les 4 saisons.**

**A -Juillet, b-Octobre, c-Janvier, d -Avril**

## **Conclusion :**

Le travail présenté concerne une comparaison de l'étude théorique et expérimentale en régime transitoire d'un distillateur solaire plan à effet de serre [1] sont presque identique et par différentes figures montrent que les systèmes présente une meilleure production journalière surtout pendant la période estivale avec une moyenne production pour les deux périodes automnale et printanière. Cependant une faible quantité a été donnée par les système pour la période hivernale.

Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence l'effet de l'irradiation globale sur la production journalière. Il apparaît en particulier qu'une augmentation de l'irradiation globale qui reste le paramètre le plus influant, conduit à un accroissement de la production journalière de distillat.

## Conclusion générale

L'objectif principal de ce travail a été basé sur l'étude théorique de la distillation solaire en se basant sur les données expérimentales [1] à effet de serre afin d'obtenir de l'eau distillée qui pourra pallier les besoins en eau potable d'une communauté saharienne. Pour faire cette étude il fallait construire des distillateurs solaires les plus simples et les moins chers puis essayer d'améliorer leurs productivités.

La production d'un distillateur dépend étroitement aussi bien de la quantité de chaleur qu'il reçoit, que de la différence qui existe entre la température de l'eau à l'intérieur du bassin et celle de la couverture transparente sachant que la distance entre la saumure et la surface de condensation doit être raisonnable.

L'amélioration de la production est d'autant plus assurée par l'augmentation de la température de l'eau et de l'absorbeur tout en diminuant la température extérieure de la couverture. Plusieurs techniques ont eu lieu dans des recherches scientifiques, parmi lesquelles l'accélération de la vitesse de l'air circulant sur la face externe de la couverture ou le refroidissement de la couverture transparente elle-même. Tous ces procédés restent à réaliser avec de moindres coûts.

L'utilisation de ces distillateurs dans les zones rurales et désertiques à forte insolation solaire reste demandée, afin de résoudre certains problèmes posés par le manque d'eau douce dans ces régions.

Pour avoir un bon fonctionnement des deux appareils, et l'obtention d'un bon rendement, il est fortement nécessaire de leur fournir une bonne maintenance pour assurer une durée de vie plus longue.

## Référence bibliographique

- [1] Zarrit Rida. Thème : (Etude d'un distillateur solaire à effet de serre) . Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables. Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, Ghardaïa –Algérie 15,16 et 17 Octobre 2012.
- [2] Abderrahmane Khechekhouche et Guehef Chouaib, Etude expérimentale d'un distillateur solaire plan pour une communauté saharienne, Mémoire de MASTER ACADEMIQUE, Université Echahid Hamma Lakhder d'El-oued, 25/05/2016.
- [3] tabet ismail, etude d'un distillateur solaire a cascade, memoire de magister, universite mentouri constantine, 06 /07/2010.
- [4] MOUNGAR Houcine, Évaluation Et Amélioration Des Performances D'une Installation De Distillation Solaire, THESE de DOCTEUR EN SCIENCES, Université Aboubakr Belkaid – Tlemcen, 03/07/ 2018.
- [5] Zéghamri Leila et Haida Abdelkrim, Etude analytique et expérimentale des deux configurations d'un capteur plan destiné au chauffe-eau solaire : application au climat d'Adrar, MEMOIRE DU DIPLOME DE MASTER, Université d'Adrar, 09 /06 /2015.
- [6] MANDI BENAÏSSA, Analyse thermo énergétique d'un procédé de dessalement d'eau de mer par voie solaire, MEMOIRE DE MAGISTER, UNIVERSITE TLEMCE NABOUBEKR BELKAID, Année universitaire : 2012-2013.
- [7] BOUALATI yamina, Investigation sur la performance d'un distillateur solaire, Mémoire de MAGISTER, UNIVERSITE DE OUARGLA, 04 / 05/ 2004.
- [8] Halloufi Ouahid, ETUDE DE LA PERFORMANCE D'UN DISTILLATEUR SOLAIRE PAR UN SYSTEME DE PRE-CHAUFFAGE SOLAIRE DE L'EAU SAUMATRE, MEMOIRE DE MAGISTER, UNIVERSITE MENTOURI CONSTANTINE, 2010.
- [9] Docteur Merad née Mesri Mokhtaria et Professeur Cheknane Ali Avec la participation de M. Rougab Ilyes, Introduction au gisement solaire algérien Théorie et applications, Université Amar Telidji – Laghouat
- [10] NASRI Bahous, Etude Expérimentale et optimisation d'un système de dessalement solaire en milieu saharien, Thèse de Doctorat, Université Ahmed Draïa Adrar, 10/11/2019.
- [11] boukerzaza Nassima, etude de l'effet des pertes thermiques sur les caractéristiques de fonctionnement d'un distillateur solaire, memoire de magistere, université mentouri de Constantine,

- [12] Djelloul Benatiallah, Etude et simulation de flux solaire avec intégration d'un système d'information géographique (S.I.G) pour la wilaya d'Adrar, Mémoire de Magister, UNIVERSITE AFRICANE AHMED DRAIA ADRAR, Année Universitaire 2013 / 2014.
- [13] Yousfi Fatiha, Etude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque appliqué à un site saharien (région d'Adrar), Mémoire de Master en Physique Energétique, UNIVERSITE d'ADRAR, Mai 2018.
- [14] Mr. Messaoud HAMOUDA, Détermination du gisement solaire par imagerie satellitaire avec intégration dans un système d'information géographique pour le sud d'Algérie, Thèse de Doctorat en science, UNIVERSITE AFRICANE AHMED DRAIA ADRAR, 21/10/2019.
- [15] Mouâd Benbekhti, etude de la distillation des eaux saumâtres par énergie solaire, mémoire de master en hydraulique, université abou-bekr belkaid –tlemcen, 2012/2013.
- [16] Hamrat Oussama, Influence du débit de refroidissement sur les performances d'un distillateur solaire actif avec chambre de condensation séparée, approche expérimentale, thèse master, Université de KHEMIS MILIANA, 2016/2017
- [17] Fedali saida, modelisation et conception d'un distillateur solaire des eaux saumâtres a bas coût pour les communes rurales, mémoire de magistere, université de batna, année universitaire 2007/2008.
- [18] H. Boutebila, Etude et conception d'un distillateur solaire à usage agricole, Thèse doctorat, Université Mentouri Constantine, 2012.
- [19] ZEROUALI MEKKI, contribution a l'optimisation des performances d'un distillateur solaire, thèse magistere en physique, université hadj lakhdar – batna, 9 /12/ 2012.
- [20] A. Chaker, G. Menguy, Efficacité interne d'un distillateur solaire sphérique, Rev Energ Ren. Numéro special 10ème Journée International de Thermique (2001) 53–5853.
- [21] R.S. Hansen, C.S. Narayanan, K.K. Murugavel, Performance analysis on inclined solar still with different new wick materials and wire mesh, Desalination. 358 (2015) 1–8.
- [22] P. Hunkyun, Low-Cost Multi-Effect Solar Still: Alternative Appropriate Technology for Personal Desalination, in: T. Yonar (Ed.), Desalination, IntechOpen,Rijeka,2017.doi:10.5772/intechopen.68365.
- [23] M. Zerouki, Y. Marif, M. Belhadj, N.E. Settou, Simulation et expérimentation d'un distillateur solaire à film capillaire dans le sud Algérien, Ann. Sci. Technol. 4 (2012) 46– 57.
- [24] M.A.S.Malik,G.M.TiwariandA.Kumar,'*SolarDistillation*',PergamonPressLtd.,1982.
- [25] P.I. Cooper, '*Solar Distillation, Solar Energy Progress in Australia and New Zealand*'. In:Publicationofthe AustralianandNew ZealandSectionofSolarEnergy, Vol.8,p. 45,1969.

- [26] A.deliou . N.Bessas . Z belgroun . H . aburideh . A Lounis et A . chikouche : thème ( etude exprimental des caracteristiques d' un distillateur solaire a effet de serre )  
UnitédeDéveloppementdesEquipementsSolaires, 'UDES' RouteNationaleN°11, B.P.3  
65Bou-Ismaïl, WilayadeTipaza, AlgérieLaboratoire des Sciences et  
Génies des Matériaux, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, 'U  
STHB', B.P.32 El Alia, Alger, Algérie
- [27] K.G. Trofimov, '*The Use of Solar Energy in the National Economy*', Uzbek SSR State Press, Tashkent, 1930.
- [28] A. Chaker et N. Boukerzaza, '*Caractéristiques de Fonctionnement d'un Distillateur Solaire*', 12<sup>èmes</sup> Journées Internationales de Thermique (JITH), Tome 2, pp. 53 - 56, Tanger, Maroc, Nov. 2005.
- [29] M.H.Kerrouche, C.Kerssi, O.Bellache et A.Hamid, '*Etude Comparative entre Deux Distillateurs Solaires, l'Un Type Cascade, l'Autre Chapelle*', Revue Internationale d'Héliotechnique, 2000.
- [30] R.V. Dunkle, '*Solar Water Distillation: The Roof Type still and a Multiple Effect Diffusion Still*', Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Victoria, Australia, pp.895- 902, 1961.
- [31] S. Satcunanathan and H.P. Hansen, '*An Investigation of Some of Parameters Involved in Solar Distillation*', Solar Energy, Vol.14, p.353-363, 1973.

## Résumé

Le monde souffre actuellement d'une pénurie d'eau potable, en raison de la demande croissante et de la rareté des ressources naturelles en eau. Pour éviter ce problème et répondre aux besoins mondiaux en eau, les technologies de dessalement sont utilisées, y compris l'utilisation de distillats solaires qui dépendent des énergies renouvelables (énergie solaire) pour la production d'eau Potable cela se fait en chauffant l'eau avec la lumière du soleil, et la vapeur qui en résulte est condensée et stockée pour une utilisation future, c'est l'une des solutions qui permettra de financer les villes à consommation d'eau limitée.

Dans ce travail, on a fait une étude théorique des transformations thermiques qui se produisent au sein du double distillat solaire par différentes méthodes analytiques (mathématiques) et les comparer avec les résultats expérimentaux donnés pour le même distillat.

Mots clés : distillation solaire, étude théorique, transformations thermiques.

### ملخص

العالم حاليا يعاني من ندرة في المياه الصالحة للشرب وذلك بسبب تزايد الطلب عليه وندرة الموارد الطبيعية المائية ولتفادي هذا المشكل وتلبية احتياجات العالم من الماء يتم الاعتماد على تقنيات في تحلية المياه ومن بينها استعمال المقطر الشمسي الذي يعتمد على الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية) في انتاج المياه الصالحة للشرب ويتم هذا عن طريق تسخين الماء بواسطة أشعة الشمس ويتم بعد ذلك تكثيف البخار الناتج وتخزينه للاستخدام في المستقبل وهو أحد الحلول التي ستسمح بتمويل القرى او المدن ذات الاستهلاك المحدود للماء.

في هذا العمل سنقوم بدراسة نظرية لتحويلات الحرارية الحاصلة داخل المقطر الشمسي المزودج بعدة طرق تحليلية ومقارنتها بنتائج تجريبية

الكلمات المفتاحية: المقطر الشمسي، دراسة نظرية، التحويلات الحرارية

### Abstract

The world currently suffers from a shortage of drinking water, due to the growing demand and scarcity of natural water resources. To avoid this problem and meet the world's water needs, we depend on desalination technologies, including the use of solar distillates that rely on renewable energy (solar energy) for producing water Potable. This operation done by heating the water with sunlight and the resulting steam is condensed and stored for future use it is one of the solutions that will allow financing towns or cities with limited water consumption.

In this work, we will study a theoretical study of the thermal transformations that occur within the double solar distillate by various analytical (mathematical) methods and compare them with the experimental results given for the same distillate.

Keywords: solar distillation, theoretical study, thermal transformations.