

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE EPOPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA



Faculté des sciences appliquées

Département de Génie des procédés

Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Chimique

Présenté Par :

SETTAFI Mayssoune

ZATOUT Imane

Thème :

Effet de quelques paramètres climatiques et opératoires sur la performance d'un distillateur solaire à parois vitrées

M^r DOUNIT Salah

Professeur (UKM Ouargla)

Président

M^r MENNOUCHE Djamel

MCA (UKM Ouargla)

Examineur

M^r SELLAMI Med Hassen

Professeur(UKM Ouargla)

Encadreur

Année Universitaire : 2020/2021

DEDICACES

Je tiens en tout premier lieu à remercier Allah le tout puissant qui me donné ce puissance et patience pour présenter ce travail.

Je dédie ce travail à mes chères parents qui Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour exprimer à vous mon affection et mes pensées.

Mes frères et sœurs.

Pour toute ma famille.

À tous mes amis.

Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite..

REMERCIEMENTS

En premier lieu, nous remercions notre DIEU, notre Créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont aidé lors de la rédaction de ce mémoire. Nous tenons à notifier un remerciement spécial à tous mes enseignants du département de Génie des Procédés qui ont contribué à ma formation, en particulier :

notre encadreur : **Pr "SELLAMI Mohamed Hassen "** À l'université KASDI MERBAH OUARGLA. , pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué de sa substantielle dans l'analyse et l'interprétation des résultats, des corrections du manuscrit .

Nos remerciements vont aussi aux membres de jury :

M^r DOUNIT Salah .M^r MENNOUCHE Djamel

D'avoir accepté de valoriser et de juger ce modeste travail.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à cette étude, en particulier : **Dr Ridha Cherrayeet Dr Abdelhamid Labied** qui nous ont dirigé .

Un grand merci à nos amis qui ont eu confiance en nous et qui, par leur présence et leur soutien, nous ont aidée à surmonter certains moments difficiles et nous ont permis de relativiser les obstacles de la vie et nous ont encouragée. Une attention toute particulière va aux membres du Département de Génie des procédés pour l'aide technique, le travail administratif et le soutien moral qu'ils nous ont apporté.

Enfin nos remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement à la réalisation de ce travail.

RESUME

La distillation solaire est un procédé de production d'eau douce avec une énergie gratuite surtout dans les régions caractérisées par un bon ensoleillement et une réserve importante d'eau saumâtre. Notre travail vise à améliorer les paramètres qui influent sur la performance des distillateurs Solaires tels que le sens d'orientation de l'appareil, l'épaisseur du verre et la profondeur de l'eau saumâtre dans le bassin, et contrôler l'effet des conditions climatiques (température ambiante et intensité du soleil) sur le production du distillateur solaire simple à parois vitrées.

Les résultats obtenus montrent clairement que les meilleurs paramètres pour le déroulement Optimal des distillateurs solaires sont : l'orientation vers le sud, 4 mm d'épaisseur de verre et 1 cm de profondeur d'eau saumâtre dans des conditions climatiques favorables avec l'augmentation de l'intensité solaire et de la température ambiante.

Mots clés : Distillation solaire, l'intensité solaire, l'eau saumâtre, le sens d'orientation, le verre.

SOMMAIRE

DEDICACES	I
REMERCIEMENTS	I
SOMMAIRE	II
LISTE DES FIGURES	V
INTRODUCTION GENERALE.....	1
I. Connaissance Générale sur les Techniques de Dessalement.....	3
I.1. Introduction	3
I.2. Les eaux à dessaler	3
I.3.1. Les besoins et les ressources d'eau	3
I.3.2. Classification des eaux	4
I.3. Techniques de dessalement d'eau	5
I.4.1. Les procédés à membrane	5
I.4.2. Les procédés de distillation	7
II. Étude Théorique du Distillateur Solaire	9
II.1. Introduction	9
II.2. Historique	9
II.3. Les différents types de distillateurs solaires.....	10
II.2.1. Distillateurs à simple effet (SED)	10
II.2.1.1 Distillateur à pente unique.....	10
II.2.1.2 Distillateur à double pente.....	11
II.2.1.3 Distillateur solaire terre- eau	11
II.2.1.4 Distillateur sphérique à balayage.....	12
II.2.2. Distillateurs à multiples effets (MED)	12
II.2.3. Distillateur solaire à film capillaire:DIFICAP.....	12
II.4. Les paramètres influant sur le fonctionnement du distillateur	13
II.3.1 Paramètresmétéorologiques.....	13
II.3.2 Les paramètres de constructions.....	13
II.3.3.1. Couverture	13
II.3.3.2. L'inclinaison.....	13
II.3.3.3. L'absorbeur	14

II.3.3	Paramètres defonctionnement	14
II.5.	Caractéristiques de fonctionnement du distillateur	14
II.4.1.	Le rendement.....	14
II.4.2.	La production cumulée.....	15
III.	Etude expérimentale.....	17
III.1	Introduction	17
III.2	Présentation de la région d'expérimentation.....	17
III.3	Matériel et méthode.....	17
III.3.1	Distillateur solaire	17
III.3.2	les appareils de mesure utilisés dans l'expérience	19
III.3.3	Protocol expérimentaux.....	20
IV.	Résultats et discussions	23
IV.1	L'effet de l'épaisseur de verre.....	24
IV.2	L'effet de l'angle de rotation.....	25
IV.3	L'effet de profondeur d'eau	27
V.	CONCLUSION GENERALE	29
VI.	REFERENCES	30

ISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :Paramètres physico-chimiques de l'eau potable	4
Tableau 2:classification des eaux selon la salinité	5

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Procédé de dessalement par électrodialyse.....	6
Figure 2: Procédé de l'osmose inverse.....	7
Figure 3: Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire.....	9
Figure 4 : Distillateur solaire simple à pente unique.....	10
Figure 5 : Distillateur solaire simple à double pentes	11
Figure 6 : Distillateur solaire terre-eau	11
Figure 7: Distillateur solaire sphérique à balayage	12
Figure 8: différents composants de distillateur	17
Figure 9: différents composants de distillateur	18
Figure 10: Solari mètre à affichage numérique.....	19
Figure 11: Température mètre.....	20
Figure 12: Tubes Graduée.....	20
Figure 13: Variation du rayonnement solaire et température ambiante en fonction de temps.....	23
Figure 14: Différence de température (eau saumâtre –verre) pour les différents distillateurs.....	24
Figure 15: Production cumulée du distillat produit par les différents distillateurs en fonction de temps(h).....	25
Figure 16: Différence de température (eau saumâtre –verre) pour les différents distillateur	26
Figure 17: Production cumulée du distillat produit par les différents distillateurs en fonction de temps(h)	27
Figure 18: Différence de température (eau saumâtre –verre) pour les différents distillateurs.....	28
Figure 19: Production cumulée du distillat produit par les différents distillateurs en fonction de temps	28

INTRODUCTION GENERALE

L'eau couvre environ 70% de la surface de la terre. Cependant, plus de 97% de l'eau de la planète est salée ou saumâtre (eau océan et des mers). L'eau douce disponible est moins de 3% de la totalité de l'eau.

L'eau potable est une substance essentielle à la survie et au développement de l'humanité. Beaucoup de régions dans le monde souffrent du manque en eau potable, à savoir les régions arides et désertiques où l'accessibilité à l'eau de rivière devient presque impossible [1]. Cependant, à Ouargla (sud-est de l'Algérie) les eaux souterraines sont impropres à la consommation et à d'autres usages domestiques en raison des niveaux élevés de sel (5000 à 10000 ppm).

Une des solutions qui peut contribuer à l'augmentation des potentialités en eau dans le monde est le dessalement de l'eau de mer ou des eaux saumâtres[2]. Le dessalement de ces eaux par des unités classiques de traitement nécessite beaucoup d'énergie électrique et /ou calorifique. La distillation solaire s'avère donc un procédé de production d'eau douce fort économique, surtout dans les régions désertiques qui disposent d'un gisement solaire tout aussi important et qui semble beaucoup promettre. Dans ce sens, plusieurs études ont été consacrées à la distillation solaire et qui ont pour but l'amélioration de la performance du distillateur.

L'objectif de ce travail est d'optimiser les paramètres de fonctionnement de distillateur solaire tels que l'angle de rotation, l'épaisseur de verre et la profondeur d'eau dans le bassin et de voir l'effet des conditions climatiques (température ambiante et l'intensité solaire) sur le rendement du distillateur solaire à une pente

Le mémoire contient quatre chapitres :

- ❖ Le premier chapitre présente une étude théorique qui se base sur la connaissance générale sur les techniques de dessalement.
- ❖ Le deuxième chapitre contient l'étude théorique de distillateur solaire. Le troisième chapitre portera sur la conception d'un prototype de distillateur solaire choisi ainsi que la description du matériel et des méthodes expérimentales qui ont permis la réalisation pratique de cette étude.
- ❖ Finalement le dernier chapitre de ce travail est consacré à l'exploitation des résultats expérimentaux sous forme de graphes avec leur interprétation.

Connaissances Générales sur les Techniques de Dessalement

I. Connaissances Générales sur les Techniques de Dessalement

I.1. Introduction

Plus de deux milliards de personnes dans le monde n'ont pas accès à une eau suffisante et de bonne qualité à domicile (selon OMS en juillet 2017). La plupart de ces personnes vivent en Afrique et Asie. Le manque d'eau potable pose un gros problème dans les régions arides du sud et du sud-est de l'Algérie. L'eau souterraine, là où elle existe, est généralement saumâtre et ne peut pas être utilisée. Ces sources ont toujours été considérées comme la meilleure solution pour obtenir l'eau potable en quantité suffisante. Cependant, à Ouargla (sud-est de l'Algérie) les eaux souterraines sont impropres à la consommation et à d'autres usages domestiques en raison des niveaux élevés de sel (5000 à 10000 ppm).

En effet, le dessalement en général a un rôle croissant à jouer pour répondre à la demande en eau douce, il existe deux procédés de dessalement couramment utilisés tel que : la distillation thermique et la distillation membranaire (l'osmose inverse).

I.2. Les eaux à dessaler

L'eau douce est une source de vie, et toute valorisation du niveau de vie de l'être humain doit passer par la procuration de l'eau de bonne qualité, nécessaire à sa survie. Malheureusement plus d'un tiers de l'humanité, appartenant généralement aux pays du tiers monde, n'a pas assez d'eau potable.

I.3.1. Les besoins et les ressources d'eau

Les ressources mondiales en eaux sont les mers, les océans, les glaciers, les fleuves, Les eaux souterraines, et enfin les lacs, cependant l'eau douce ne représente que 2.5% de l'eau totale et sur les 2.5% d'eau douce, les lacs, les fleuves et les eaux souterraines représentent 14% soit l'équivalent de 0.35% de l'eau totale, et pour les 86% de l'eau douce qui reste sont gelés aux pôles. Les besoins en eau sont principalement répartis 4 types de consommation[3] :

- 55% de l'eau consommée sert à fournir de l'énergie (barrage hydroélectrique
- Refroidissement des centrales nucléaires, énergie géométrique, etc...).
- 18% est consommée par les particuliers
- 15% est utilisée par l'agriculture.

- 12% est consacrée par un usage industriel.

I.3.2. Classification des eaux

On peut classer les différentes eaux qui peuvent être distillées en quatre catégories :

I.3.2.1. Eau mer

L'eau des mers et des océans constitue environ 97% du volume d'eau à la surface de la terre, mais cette eau est salée et ne convient pas à usage humain, comme la boisson, l'agriculture, etc.[4]

un mélange chimique il se compose de plus de 50 corps simples tel que : le chlore (Cl) , l'azote (N) , calcium (Ca) , hydrogène (H) , oxygène (O) , il contient généralement du sel minéral , le rapport de salinité varie d'une mer à l'autre comme : la mer méditerranée (36-39 g/l) , mer rouge(40 g/l) , l'océan indien(35.5 g/l) , la mer morte (270 g/l) ,De plus le rapport de salinité varie dans le même mer d'un point à un autre.

I.3.2.2. Eau potable

Une eau potable est une eau douce inodore, incolore, insipide qui ne contient pas de produits toxiques, mais contient quelques sels minéraux avec des concentrations réglementées et qui doivent être respectées. Une eau est considérée comme potable si sa salinité totale est comprise entre 100 et 1000 ppm (partie par million), soit 0.1 et 1g/l selon l'O.M.S (Organisation Mondiale de la Santé)[5]

Tableau 1 :Paramètres physico-chimiques de l'eau potable

Paramètres	Normes de potabilité selon l'OMS (mg.l⁻¹)
Aluminium (Al ⁺³)	Maximum 0.2
Chlore (Cl ⁻)	Maximum 200
Magnesium (Mg ⁺²)	Maximum 50
Calcium (Ca ⁺²)	3

I.3.2.3. Eau saumâtre

C'est de d'eau salée no potable, le pourcentage de sel qu'elle contient varie (1-10 g.l⁻¹) , inférieure à celle de l'eau de mer ce sont souvent des eaux souterraine qui se sont chargé en sals traversant les sels leur composition dépend donc de la nature des sels traversés et parfois des eaux de surface, les principaux sels dissous sont le CaCO³, CaSO⁴ , MgCO³ , et le NaCl.Le degré de salinité est classé en trois catégories suivantes :

- Les eaux peu saumâtres $1.000 < \text{salinité} < 3.000$ ppm.
- Les eaux moyennement saumâtres $8.000 < \text{salinité} < 10.000$ ppm.
- Les eaux fortement saumâtres $10.000 < \text{salinité} < 33.000$ ppm.

Les deux premières catégories se trouvent particulièrement en Afrique du nord, en Moyen Orient et aux U.S.A.[6]

1.3.2.4. Les eaux usées

Les eaux usées regroupent les eaux résiduares domestiques (les eaux vannes et les eaux Ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines). Ils constituent donc un effluent pollué, et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout vers le Milieu naturel.

La salinité de l'eau potable est mesurée en unités mg par litre, et se répartit au tableau 2 comme suite.

Tableau 2:classification des eaux selon la salinité

Type d'eau	Salinity (mg.l⁻¹)
Eau douce	<500
Eau légèrement saumâtre	1000-5000
Eau modéré saumâtre	5000-15000
Eau très saumâtre	15000-35000
Eau de mer	35000-42000

1.3. Techniques de dessalement d'eau

Le dessalement d'eau est un procédé physique qui permet de ramener le taux de salinité d'eau brute à des valeurs conformes aux normes de potabilité d'eau, les procédés de dessalement de l'eau peuvent être classés en deux grandes familles : les procédés thermiques et la séparation par membranes ou osmose inverse[7].

1.4.1. Les procédés à membrane

Les procédés à membranes sont des procédés dont la source principale d'énergie est d'électricité, on peut envisager une séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes sélectives, Les principaux procédés à membrane utilisés dans le domaine de dessalements sont: L'électrodialyse(ED) et l'osmose inverse(OI)[8].

1.4.1.1. L'électrodialyse (ED)

L' électrodialyse est un procédé électrochimique, qui utilise la mobilité des ions d'un électrolyte soumis à un champ électrique, le dessalement étant assuré par des membranes qui

éliminent sélectivement les sels ,dans une cellule d'électrodialyse dans laquelle circule une solution saline la cathode attire les cations (Na^+) et l'anode attire les anions (Cl^-) ce qui permet d'obtenir de l'eau douce.

Parfois, un prétraitement est nécessaire avant que l'électrodialyse puisse avoir lieu. Les solides en suspension d'un diamètre supérieur à $10\ \mu\text{m}$ doivent être éliminés, sinon ils boucheront les pores de la membrane. Il existe également des substances capables de neutraliser une membrane, comme les gros anions organiques, les colloïdes, les oxydes de fer et l'oxyde de manganèse. Ceux-ci perturbent l'effet sélectif de la membrane, bien que la consommation d'énergie électrique soit alors beaucoup plus importante .

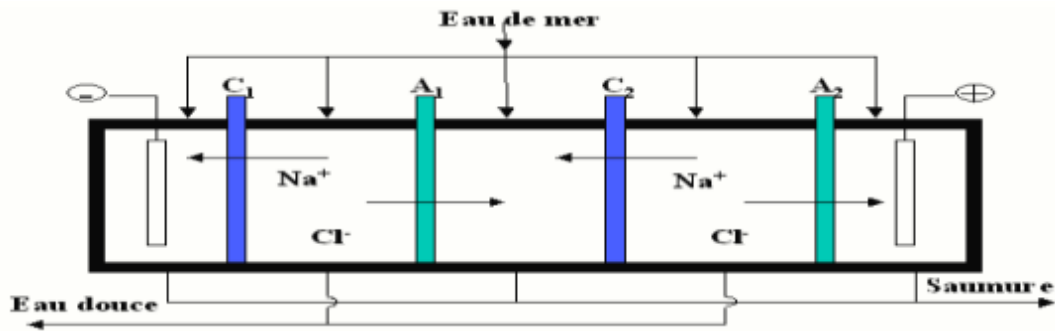


Figure 1: Procédé de dessalement par électrodialyse

1.4.1.2. Osmose inverse (OI)

L'osmose est le transfert de solvant à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de concentration. Si on considère le système constitué d'un récipient divisé en deux parties contenant d'un côté la solution concentrée et de l'autre côté de l'eau douce, il y a un flux d'eau douce qui se traduit par l'abaissement du niveau du compartiment d'eau douce et l'élévation du niveau dans la partie concentrée. La différence de niveau correspond à la pression osmotique. Si l'on applique une pression suffisamment forte sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Si on dépasse la valeur de la pression osmotique, on observe un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique : C'est le phénomène de l'osmose inverse.

Cette méthode est applicable seulement pour les eaux contenant jusqu'à 8 et même 10 g/l, Parfois, un prétraitement est nécessaire avant que l'électrodialyse puisse avoir lieu. Les solides en suspension d'un diamètre supérieur à $10\ \mu\text{m}$ doivent être éliminés, sinon ils boucheront les pores de la membrane. Il existe également des substances capables de neutraliser une membrane, comme les gros anions organiques, les colloïdes, les oxydes de fer et l'oxyde de manganèse. Ceux-ci perturbent

l'effet sélectif de la membrane.

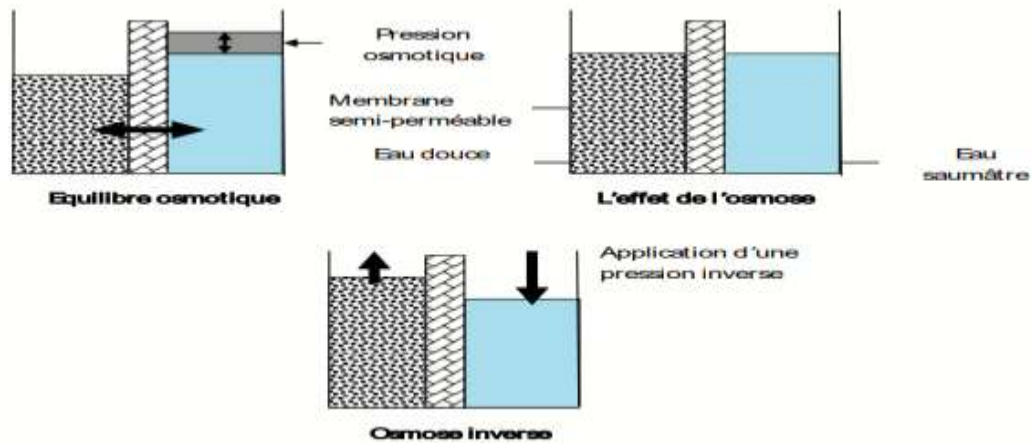


Figure 2: Procédé de l'osmose inverse

1.4.2. Les procédés de distillation

Les procédés thermiques de Dessalement de l'eau, sont principalement des procédés de distillation. Le procédé de distillation consiste simplement à évaporer l'eau qui est ensuite condensée. On cite les types suivants de la distillation :

- Distillation à simple effet.
- Distillation à multiple-effets.
- Procédés de distillation par détente successives.

Étude Théorique du Distillateur Solaire

II. Étude Théorique du Distillateur Solaire

II.1. Introduction

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 (verre..). 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[3].

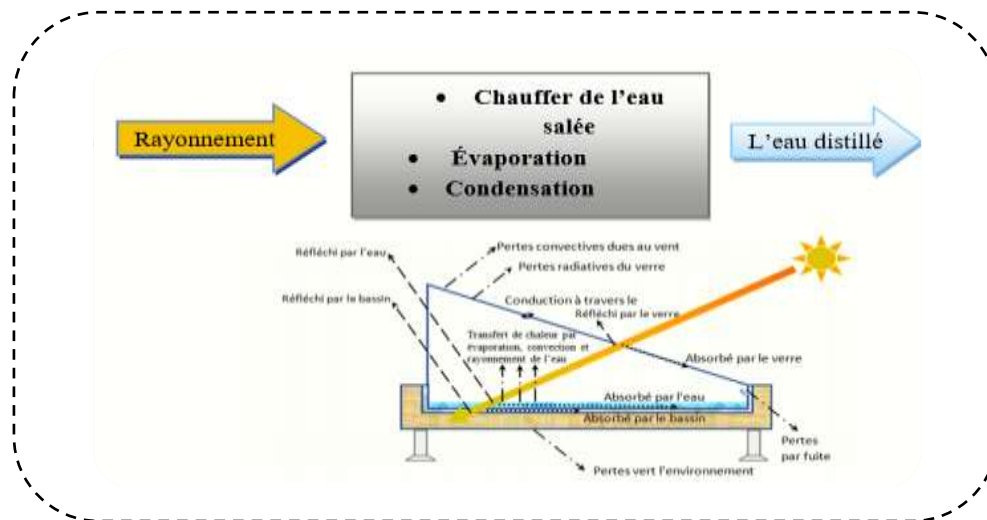


Figure 3: Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire

II.2. Historique

L'utilisation de la distillation solaire est apparue il y a plusieurs siècles .mais la plus grande réalisation est apparue en 1872 près de Las- Salinas dans le nord du Chili. Le modèle a été fabriqué par Carlos Wilson, un ingénieur suédois avec une surface vitrée de 5000m², produisant jusqu'à 20m³ d'eau douce par jour à partir d'une eau saline contenant 140gr/l. Ce système fonctionna jusqu'en 1910 à cause d'un problème d'accumulation rapide des sels dans le bassin, nécessitant un nettoyage régulier du distillateur. La distillation solaire connut une période creuse entre 1880 et la première guerre mondiale. En 1920, Kaush utilisa des réflecteurs en métal pour concentrer les rayons solaires ; il en résulte l'apparition de nouveaux appareils (types toit, couverture en V, plateau incliné...etc.).[9]

II.3. Les différents types de distillateurs solaires

Il existe plusieurs types de distillateurs solaires, Tous les types de distillateurs solaires possèdent le même principe de fonctionnement (production de la vapeur, transfert à un condenseur puis condensation), mais ils peuvent être différents en termes de performance, de conception et de matériaux utilisés. On cite les types suivants :

II.2.1. Distillateurs à simple effet (SED)

C'est le distillateur le plus utilisé dans le monde. Généralement ce type est simple à construire et à maintenir mais son efficacité reste inférieure à celle d'un distillateur à multiple effets[10].

II.2.1.1 Distillateur à pente unique

C'est un distillateur à capteur unique incliné d'un angle (β), il est appelé aussi distillateur simple, il est très souples vue son simple entretien et la facilité de son démontage et de son assemblage[8].

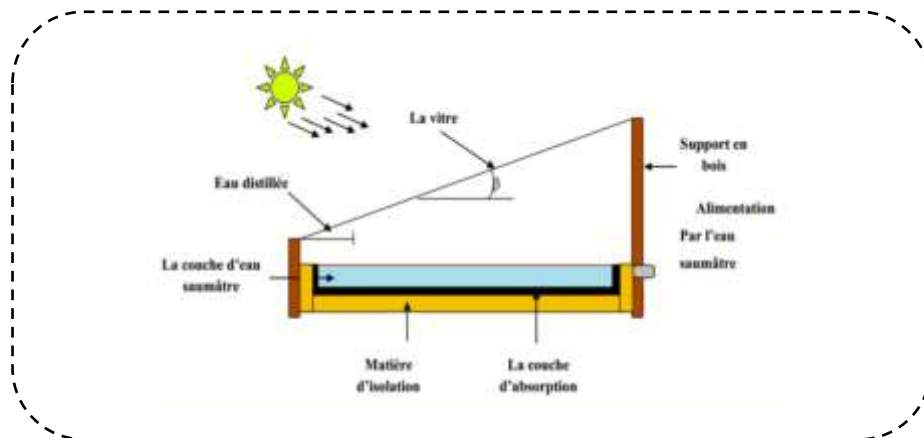


Figure 4 :Distillateur solaire simple à pente unique

II.2.1.2 Distillateur 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[11].

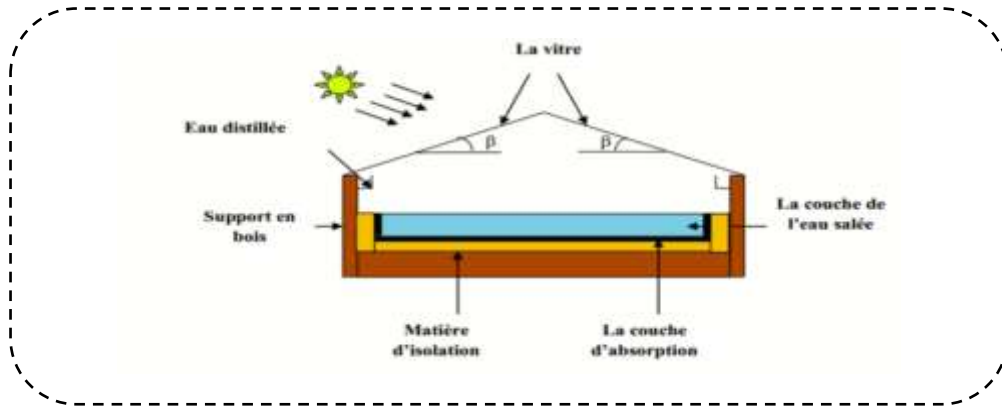


Figure 5 :Distillateur solaire simple à double pentes

II.2.1.3 Distillateur solaire terre- eau

De grandes quantités d'humidité sont accumulées dans la terre durant la saison froide, de même dans les zones arides. Pour exploiter cette hydrologie naturelle, on utilise le distillateur solaire terre-eau ou eau-eau. Il est similaire à celui de l'effet de serre, sauf que le sol remplace le bassin noir[12, 13].

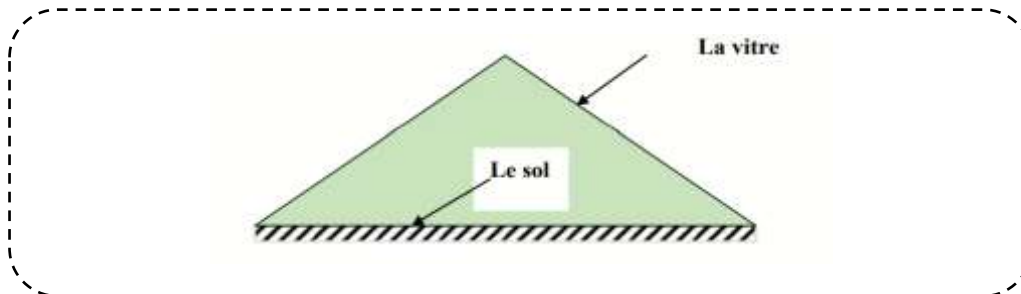


Figure 6 :Distillateur solaire terre-eau

II.2.1.4 Distillateur sphérique à balayage

Ce distillateur est constitué d'une sphère en plexiglas ou autre matériau plastique transparent reposant sur des supports, à l'intérieur de laquelle est placé un bac contenant l'eau saline. La condensation s'effectue sur la demi-sphère supérieure et le condensat est recueilli à la base de la demi-sphère inférieure. L'un des inconvénients de ce type de distillateur est que la surface horizontale de la solution intercepte moins de radiation solaire que les surfaces inclinées[10, 13] .

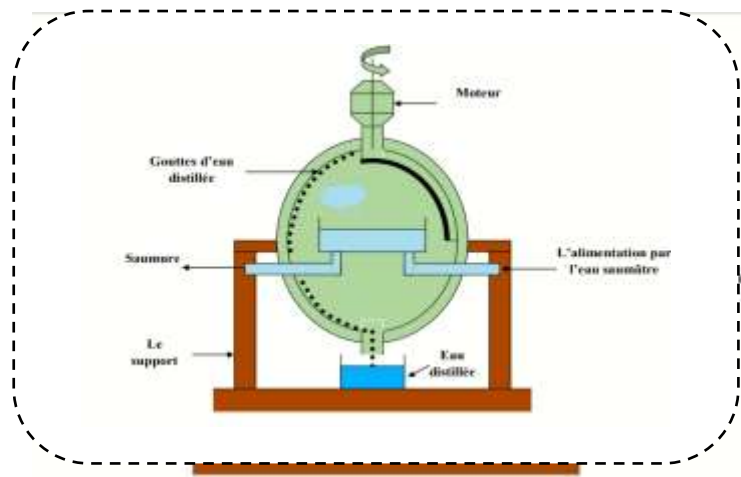


Figure 7:Distillateur solaire sphérique à balayage

II.2.2. Distillateurs à multiples effets (MED)

Le distillateur solaire à multi effets est constitué de plusieurs évaporateurs, mais il contient plusieurs modèles qui sont les suivants[8] :

- Distillateur solaire à plusieurs bassins.
- Distillateur solaire incliné à cascade.

II.2.3. Distillateur solaire à film capillaire:DIFICAP

On distingue deux type sont les suivants[14]:

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

II.4. Les paramètres influant sur le fonctionnement du distillateur

II.3.1 ⁱParamètres météorologiques

II.3.1.1 La radiation solaire

La production en eau du distillateur solaire dépend essentiellement de l'intensité de la radiation solaire.

II.3.1.2 La vitesse du vent

La vitesse du vent est liée à la convection forcée qui se produit au niveau des vitres. Elle influe proportionnellement sur les températures des vitres, donc elle conduit à une augmentation de l'écart entre les températures de l'eau salée et celle de la vitre, ce qui contribue à l'élévation du taux d'évaporation de l'eau[15].

II.3.1.3 La température ambiante

La production en eau augmente légèrement quand la température de l'air augmente.

II.3.2 Les paramètres de constructions

II.3.3.1. Couverture

La couverture verrière intervient essentiellement par sa nature qui peut être en verre ou en plastique. Elle a deux rôles à jouer : d'une part c'est un filtre sélectif de rayonnement solaire (le rayonnement émis ou réémis par l'intérieur du bassin à température basse qui ne la traverse pas) et d'autre part, c'est une surface de condensation de la vapeur d'eau : une bonne mouillabilité est nécessaire pour éviter la condensation en gouttelettes qui ont tendance à retomber dans le bassin et qui réfléchissent une partie importante du rayonnement incident. Pour assurer le ruissellement de l'eau condensée vers la gouttière (collecteur).

II.3.3.2. L'inclinaison

Son inclinaison par rapport à l'horizontale, pour déterminer la quantité d'énergie solaire introduite dans le distillateur et pour minimiser la distance entre la saumure et la vitre, l'angle d'inclinaison doit faire l'objet d'un choix judicieux. L'inclinaison influe aussi sur les équations des bilans énergétiques des différents constituants du distillateur. Elle dépend du fonctionnement du distillateur durant l'année.

II.3.3.3. L'absorbeur

La surface absorbante peut-être construite de plusieurs matériaux (bois, métal, béton, matière synthétique ou en verre ordinaire). Le choix de la matière de la surface absorbante ou bac noir dépend de son inertie thermique, de la résistance à l'oxydation par l'eau et les dépôts minéraux.

II.3.3 Paramètres defonctionnement

II.3.3.1. épaisseur de verre

A la face du capteur, et comme le rayonnement solaire doit arriver vers l'absorbeur, L'épaisseur du verre a une grande relation et un rôle dans l'absorption de l'intensité soleil et ainsi affectant sur le rendement .

II.3.3.2. l'angle de rotation

La direction du distillateur joue un rôle majeur dans la réception du soleil et affecte ainsi le rendement .

II.3.3.3. la profondeur d'eau

Profondeur de l'eau à distiller joue un grand rôle dans la production, cette dernière est d'autant plus importante que l'épaisseur est faible, cependant plus l'épaisseur est grande plus la distillation dure

II.5. Caractéristiques de fonctionnement du distillateur

Plusieurs grandeurs sont définies afin de caractériser la production d'eau de tels distillateurs.[16]

Un distillateur solaire est caractérisé essentiellement par les grandeurs suivantes :

II.4.1. Le rendement

C'est la quantité d'eau produite par unité de surface du 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. Il exprime la production journalière du distillateur par m² de la surface de l'eau saline(L/j.m²).

$$\eta_i = \frac{m_i L}{G_i \times A}$$

m_i : production d'eau distillée (kg.s⁻¹)

L: chaleur latente (J.kg⁻¹)

G: l'intensité solaire (W.m⁻²)

A: surface de distillateur (m²)

II.4.2. *Le rendement cumulé*

Le rendement cumulé est la probabilité qu'une unité puisse passer par la totalité du procédé sans présenter de défauts. Le rendement cumulé global est le produit des différents rendements synthétiques globaux obtenus à chaque étape du procédé.

$$\eta_{cumulé} = \frac{\sum m_i L}{\sum G_i \times A}$$

∑m_i : production cumulé d'eau distillée (kg.s⁻¹)

L: chaleur latente (J.kg⁻¹)

∑G: l'intensité solaire cumulé (W.m⁻²)

A: surface de distillateur (m²)

Etude expérimentale

III. Etude expérimentale

III.1 Introduction

La distillation solaire dans les régions arides et désertiques est l'une des solutions particulières pour résoudre le problème de manque en eau potable. La recherche des techniques d'amélioration de la moyenne journalière des distillateurs solaires est l'une des préoccupations majeures du laboratoire (GP)/ Université KasdiMerbah/ Ouargla.

III.2 Présentation de la région d'expérimentation

Les conditions climatiques font que la ville d'Ouargla (latitude 31,95 nord, longitude est 5,40 et altitude 141 m) en le sud d'Algérie, bénéficie d'un climat sec et aride, caractérisé par un ensoleillement exceptionnel, vu sa localisation géographique et son éloignement de la côte méditerranéenne. Le plus souvent, la ville d'Ouargla a un taux d'insolation très important et la moyenne annuelle de l'irradiation globale mesurée sur un plan horizontal d'environ 3500 h par an et génère environ 2 650 kWh/ (m² / an).

III.3 Matériel et méthode

III.3.1 Distillateur solaire

Le distillateur solaire utilisé dans notre expérience est d'une conception très simple avec dimensions (40*60*5) cm² et l'angle d'inclinaison 30°. Il s'agit de distillateur à simple effet de serre et à simple pente; il présente l'avantage d'être facile à construire et surtout à maintenir.

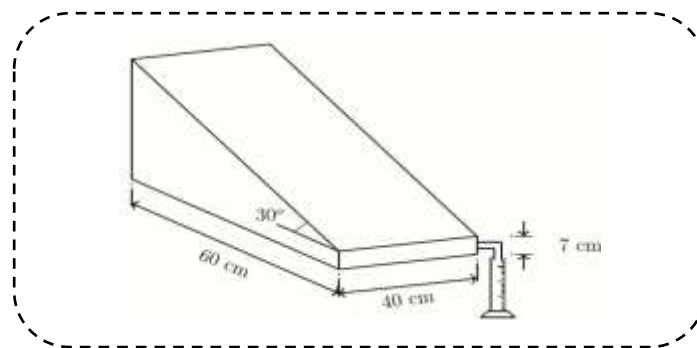


Figure 8:différents composants de distillateur

III.3.1.1 Les différents composants de distillateur

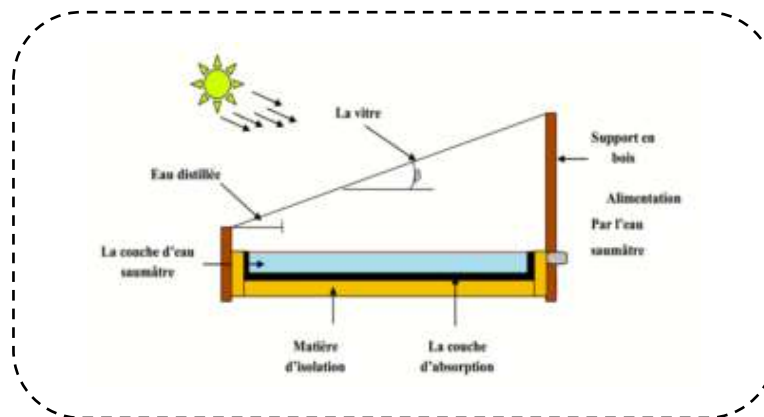


Figure 9:différents composants de distillateur

a. Bac absorbant

Le rôle du bac absorbant est d'absorber le maximum de rayonnement solaire global et transmettre la chaleur produite par cette absorption vers la saumure, c'est pour cette raison qu'il est peint en noir mat. Il est obtenu par soudage et est essentiellement en allumage. L'absorbeur a un coefficient de conduction thermique faible.

b. Couverture verrière (verre)

Pour sa simplicité et son bas coût, on a utilisé du verre ordinaire. Car ce type de distillateur ne nécessite pas des techniques avancées, On a choisi un verre ordinaire pour sa bonne conductivité thermique ; sa bonne Transmission du rayonnement visible et sa mouillabilité. Pour assurer une bonne étanchéité entre la vitre et les autres constituants du distillateur on a utilisé de la silicone.

c. L'isolation thermique

Généralement, l'isolation thermique du distillateur est en laine de verre ou en polystyrène expansé. L'épaisseur varie de 3 à 6cm. Il faut que les produits utilisés résistent aux températures de fonctionnement.

d. Couverture extérieure

Le coffre du distillateur renferme les différents éléments actifs. Il devra donc assurer une protection efficace aux agents atmosphériques. Le coffre du distillateur est réalisé en bois.

e. Cuve de récupération du distillat

Pour la récupération du distillat on a utilisé une éprouvette graduée.

f. Les tuyauteries

Ce sont des tuyaux en plastique, de diamètre 10 à 15mm pour lier les différentes parties du distillateur et afin de transporter l'eau sans prendre en considération sa qualité (l'eau saumâtre- l'eau distillée).

g. Le réservoir d'alimentation en eau saumâtre

Ce réservoir a pour but d'alimenter le bassin de chaque distillateurs jusqu'à un niveau constant, le réservoir est équipé d'un thermomètre pour mesurer la température d'eau salée.

III.3.2 les appareils de mesure utilisés dans l'expérience

a.Mesure du rayonnement solaire

Le rayonnement global reçu sur distillateur solaire est mesuré en ($W.m^{-2}$) à l'aide d'un solarimètre .



Figure 10: Solari mètre à affichage numérique

b.Mesures des températures

La mesure des températures s'effectue à l'aide des thermocouples de type K dans plusieurs endroits du distillateur solaire à effet serre



Figure 11:Température mètre

c. Tubes Graduée

Pour la mesure de la quantité de l'eau distillée obtenue pendant chaque heure.



Figure 12:Tubes Graduée

d. Station de météo cobra 3

les stations météorologiques au sol permettent de mesurer le température et l'humidité de l'air , la pression atmosphérique , la vitesse de vent .

III.3.3 Protocol expérimentales

L'expérience a été menée à l'université KasdiMerbahOuarglaLaboratoire (GP),ou nous avons conçu trois distillateurs solaire de même dimension et changé certaines propriétés .(la profondeur d'eau et l'épaisseur de verre,l'angle de rotation)

Expérience 1 : l'effet de l'angle de rotation

- Profondeur d'eau est fixée en trois distillateurs.
- L'épaisseur de verre est fixée en trois distillateurs.
- Changer l'orientation des distillateurs.

Expérience 2:l'effet de profondeur d'eau

- L'épaisseur de verre et l'orientation la même dans les trois distillateur,
- Profondeur d'eau change (dis1 « 1cm » dis 2 « 2cm » dis 3 « 3cm »)

Expérience 3: l'effet de l'épaisseurde verre

- L'épaisseur de l'eau est fixée en les trois, la même orientation .l 'épaisseur de verre change (dis1 « 3mm »dis2 « 4mm »dis3 « 5mm »)
- La durée de travail journalier est neuf heures (9:00 à 17:00 h) , Dans les expériences précédent la mesure est fait chaque heur , à été installé deux thermocouple , le 1^{er} sur le verre et l'autre dans l'eau dans le bassin (température de l'eau est presque la même de Température l'absorbeur en raison de la faible quantité d'eau) pour mesure les températures de l'eau et de verre aussi nous avons mesuré :

1. Le rayonnement solaire global en ($W.m^{-2}$)
2. La vitesse de vent en ($m.s^{-1}$)
3. La température ambiante en ($^{\circ}C$)
4. La mesure du débit d'eau distillée en (ml)

Résultats et discussions

IV. Résultats et discussions

Dans cette partie, nous allons exposer les résultats expérimentaux obtenus pendant les Expériences effectuées.

-Lafigure 13 présente la variations des paramètres météorologiques (températures ambiante,et rayonnement solaire) en fonction du temps. Le 05 avril 2021

D'après les résultats on remarque que :

l'intensité solaire commence à augmenter la matinée jusqu'au milieu de la journée où elle atteindra son maximum qui est de 670W/m^2 , enregistré entre 12h00 et 13h00, puis elle diminue à 189 W/m^2

la température ambiante , augmentation tout au long de la journée jusqu'à atteindre la valeur maximale à 35.44°C est aux alentours de 15h00 puis diminue à 35.31 .

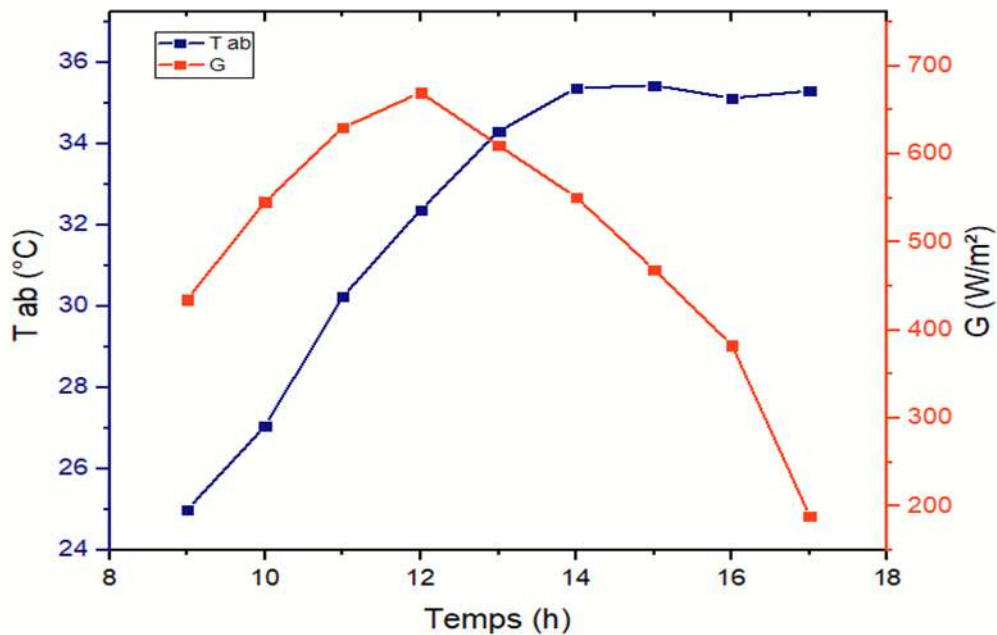


Figure 13: Variation du rayonnement solaire et de la température ambiante en fonction de temps

IV.1 L'effet de l'épaisseur de verre

Nous avons choisi la journée 05 avril 2021 qui est caractérisée par un ciel clair toute la journée.

Nous avons utilisé 3 distillateurs avec des épaisseur de verre différents (3mm, 4mm et 5mm).

La figure présente la variation des températures (Teau, Tverre) en fonction de temps des trois distillateurs. On remarque une augmentation de la température d'eau jusqu'à sa valeur maximale (62.9, 63.25 ; 62.95 °C) entre 13 :00 et 14 :00, puis elle est diminuée jusqu'à (44.6°C , 43.7°C , 48°C) pour les (distillateur 1(3mm), distillateur 2 (4mm), distillateur 3 (5mm)) respectivement.

On observe une variations sur les valeur de températures du verre (25°C -40°C) cette variation à cause de l'intensité solaire d'une part et d'autre part l'énergie transmise à travers le verre .

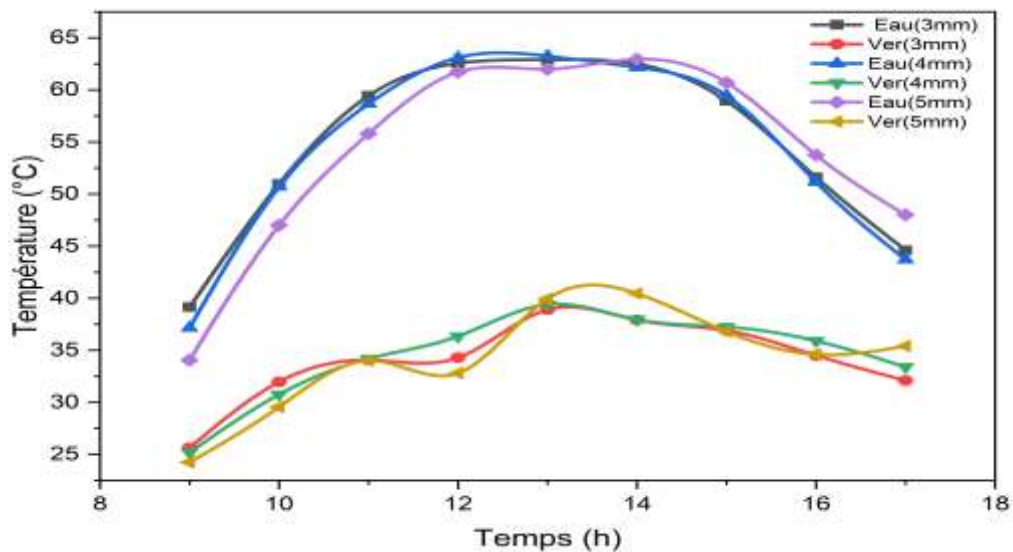


Figure 14: Différence de température (eau - verre) pour les différents distillateurs

La figure 15 représente la variation de la production cumulée en fonction de temps :

On remarque une augmentation de la production cumulée dans les trois distillateurs (épaisseur de verre: 3mm, 4mm, 5mm) avec des valeurs maximales de cumul à la fin de la journée qui sont (2.57, 3.03 et 2.55 kg/m²) respectivement. On constate que la meilleure production est celle du distillateur 2 (4mm) parce que l'énergie transmise à travers le verre est suffisante pour chauffer modérément l'eau ce qui conduit au processus d'évaporation, autrement dit il y a un écart entre la température de verre et la température de l'eau.

mais pour le distillateur 1 (3mm) où le rayonnement solaire entrant est intense, ce qui conduit à un surchauffage interne et par conséquent le verre est trop chauffée ce qui retarde le phénomène de condensation.

Concernant le distillateur 3 (5mm) l'intensité solaire transmise est insuffisante, et donc l'eau ne se réchauffe pas suffisamment pour accélérer l'évaporation.

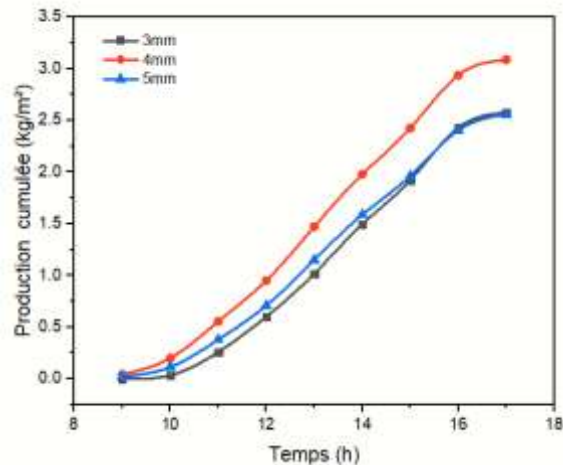


Figure 15: Production cumulée du distillat produit par les différents distillateurs (3mm, 4mm et 5mm) en fonction de temps (h)

IV.2 L'effet de sens de rotation

Cette expérience a été réalisée le 05/04/2021

Figure 16 présente la variation des températures (eau, verre) en fonction de temps. Dans les trois distillateurs de direction différentes (est, sud, ouest) on remarque :

Une augmentation des températures d'eau jusqu'à les valeurs maximales (55.9, 57.4 et 57.9 °C) entre 12:00 et 14:00 en raison du réchauffement rapide d'eau puis elles diminuent jusqu'à les (37.7°C, 40.7°C, 42.8°C) respectivement en raison de l'augmentation de l'énergie d'évaporation et de la diminution du flux solaire, on observe une variation importante pour les distillateurs est, ouest au cours de la journée par contre il y a une légère variation pour le distillateur orienté vers le sud à cause de la captation facile du rayonnement solaire par rapport aux autres distillateurs.

On observe que les valeurs de la température du verre (34.8°C , 39.4°C , 39.9°C) ont augmentées la matinée à cause de l'absorption du rayonnement solaire incident direct,puiselles diminuent jusqu'aux valeurs (27.6°C , 29°C et 30.1°C .) respectivement.

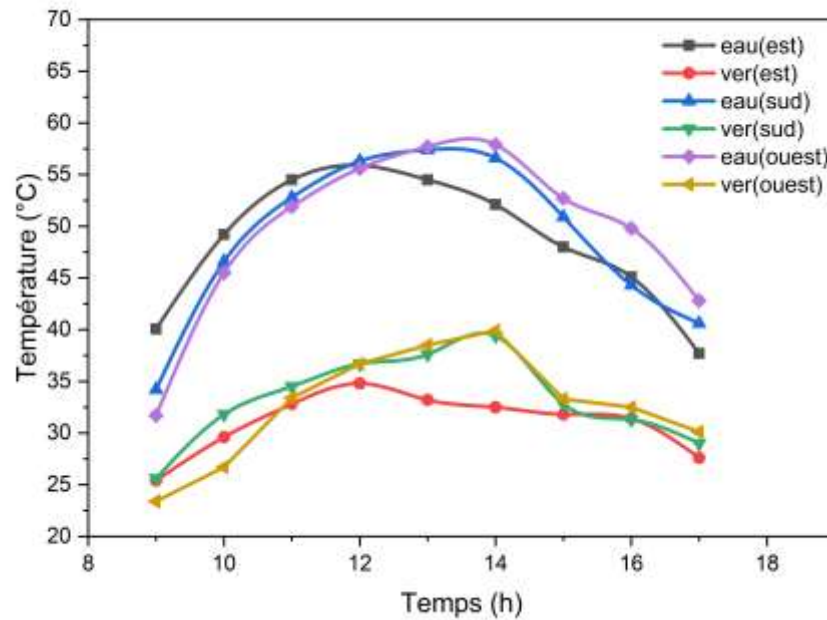


Figure 16: Différence de température (eau saumâtre –verre) pour les différents distillateur

La Figure17 représentela variation de laproduction cumulée en fonction de temps :

On remareque une augmentation de laproduction cumulée pour les trois distillateurs jusqu'à la valeur de 3.1 kg/m² à la fin de la journée pour le distillateur dirigé vers le Sud et les valeurs de : 2.2 kg/m² et 2.18 kg/m² pour les distillateurs (l'Est et l'Ouest) respectivement .La meilleure production est celle de distillateur de l'orientation (Sud) , on conclu que l'orientation vers le Sud est la milledre orientation si on instale le système solaire dans l'hémisphère nord avecune amélioration de 45.7 % parrapport aux directions Est et Ouest.

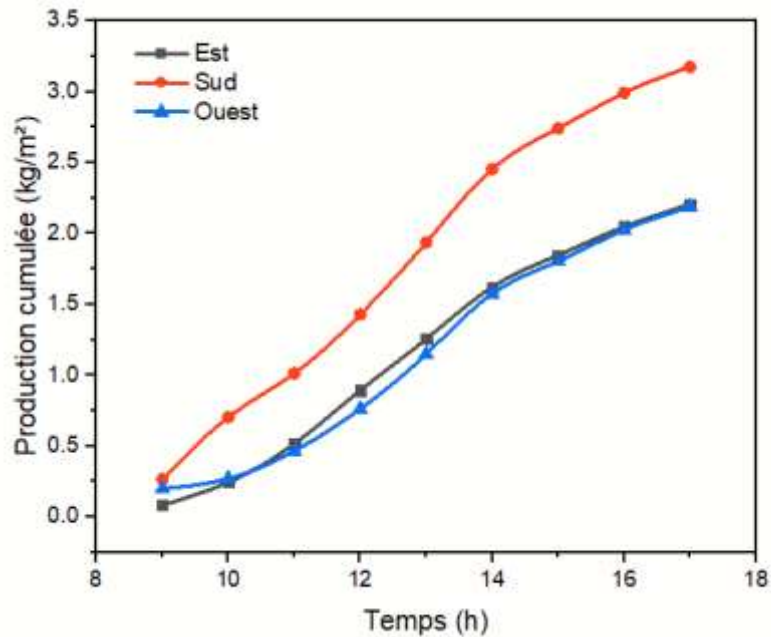


Figure 17: Production cumulée du distillat produit par les différents distillateurs en fonction de temps(h)

IV.3 L'effet de la profondeur d'eau

Cette expérience a été réalisée le 11/02/2021

La Figure 18 montre la variation de température d'eau et de verre (Teau, Tverre) au cours de la journée pour les trois distillateurs (1cm, 2cm et 3cm) d'eau saumâtre.

Les températures d'eau augmentent jusqu'à des valeurs maximales (54.25, 58.8 ; 51.5 °C) entre 12:00 et 14 :00 puis elles diminuent jusqu'aux valeurs (37.3°C , 46.7°C , 35.8°C) respectivement . La valeur maximale de la température de l'eau est obtenue avec le distillateur à profondeur d'eau très petite en raison de la quantité d'eau dans le bassin qui nécessite une quantité d'énergie très petite pour surchauffer que les autres profondeurs d'eau .

On observe que les valeurs de la température du verre (38.5°C , 37.2°C , 37.4°C) sont augmentées au matin ensuite elles diminuent jusqu'aux valeurs (31.4°C , 31.5°C , 31.3°C) respectivement. La différence entre les trois températures est négligeable à cause de la profondeur de l'eau dans le bassin dans les trois distillateurs qui est proche et à cause de l'épaisseur du verre identique pour les 3 distillateurs .

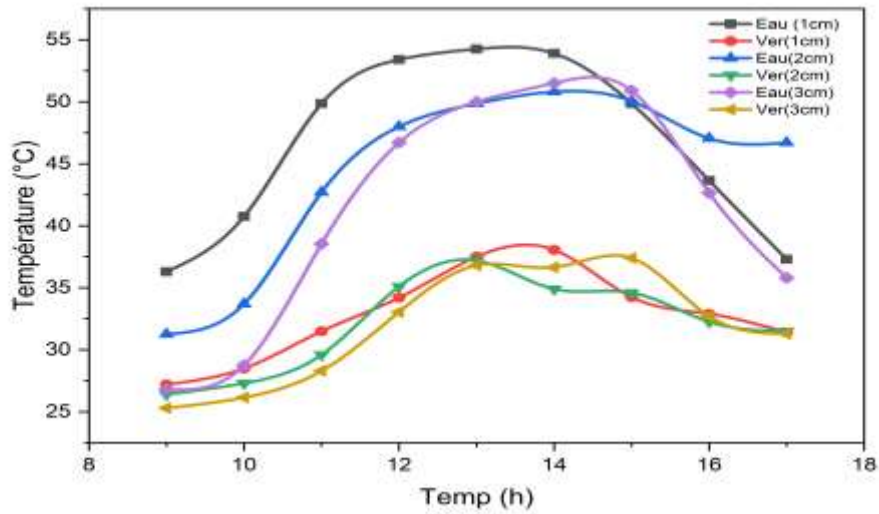


Figure 18: Différence de température (eau saumâtre –verre) pour les distillateurs à différentes profondeurs

La figure19 représente la variation de la production cumulée en fonction de temps :

On observe une augmentation de production cumulée pour les trois distillateurs (profondeur d'eau 1cm, 2cm ,3cm) correspondant aux valeurs (1.98,1.77 et 1.68) kg/m^2 respectivement . les graphes montrent que le distillateur avec une profondeur d'eau de 1cm est le meilleur de point de vue production par rapport aux autres distillateurs à cause de l'évaporation très rapide.

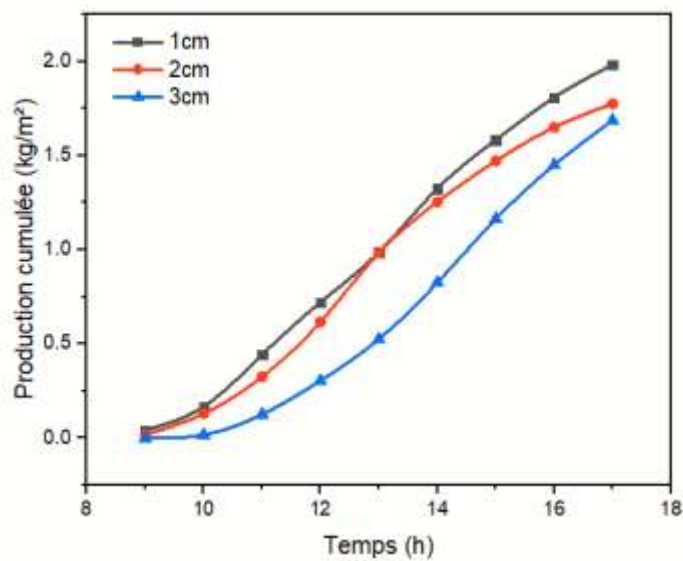


Figure 19: Production cumulée du distillat produit par les différents distillateurs en fonction de temps

V. CONCLUSION GENERALE

Le problème d'approvisionnement en eau potable devient de plus en plus crucial, du fait des aléas climatiques persistants, de la croissance démographique et de l'élévation du niveau de vie. Une des solutions pour pallier le manque d'eau potable sont les procédés de dessalement des eaux en particulier la distillation solaire.

L'objectif principal de ce travail se base sur une étude expérimentale pour optimiser les paramètres qui influent sur le rendement de distillateur solaire tels que le sens d'orientation de l'appareil, l'épaisseur de verre et la profondeur d'eau dans le bassin et voir l'effet des conditions climatiques (la température ambiante et l'intensité solaire) dans les zones arides et semi arides telles que la région de Ouargla.

Nous avons découvert lors la recherche bibliographique que la distillation solaire est l'une des meilleures solutions pour obtenir de l'eau potable. Pour profiter le maximum du gain il faut travailler avec des conditions optimisées expérimentalement.

D'après les résultats obtenus on peut dire que :

- Les distillateurs solaires sont la technique la plus disponible et la plus abordable.
- les meilleures conditions de fonctionnement du distillateur dans des conditions climatiques où l'intensité solaire et la température ambiante sont élevés,
- Le meilleur rendement a été obtenu si on utilise une petite profondeur de l'eau saline (1cm) où la production totale d'eau distillée augmente considérablement à mesure que la profondeur de l'eau saline diminue.
- Pour augmenter la performance du distillateur solaire il est nécessaire de prendre l'épaisseur du verre égale à 4 mm qui s'avère l'optimum.
- Concernant l'orientation, pour capter le maximum de rayonnement solaire il faut orienter le distillateur solaire vers le sud en face du soleil.

Il ya plusieurs paramètres influent sur le rendement du distillateur solaire tels que des paramètres météorologiques (incontrôlable) d'une part, d'autre parts il existe d'autres paramètres qui peuvent être contrôlés et modifiés tels que : l'épaisseur de l'isolant, le type de l'absorbeur et la géométrie de conception de distillateur solaire.

VI. REFERENCES

1. Ali Ouar, M.A., et al., Experimental yield analysis of groundwater solar desalination system using absorbent materials. *Groundwater for Sustainable Development*, 2017. 5: p. 261-267.
2. Omara, Z., A. Kabeel, and A. Abdullah, A review of solar still performance with reflectors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017. 68: p. 638-649.
3. Fedali, S., Modélisation et conception d'un distillateur solaire des eaux saumâtres a bas coût pour les communautés rurales, 2008, Université de Batna 2.
4. Spanton, P.I. and A.A. Saputra, Analysis of sea water pollution in coastal marine district tuban to the quality standards of sea water with using storet method. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 2017. 10(1): p. 103-112.
5. Rahmani, R., Rendement d'un distillateur solaire à film capillaire à plusieurs étages, effet de certains paramètres thermo physiques sur le rendement. 2007.
6. Maurel, A., Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non convensionnement en eau douce.
7. Boye, H., Eau, énergie, dessalement et changement climatique en Méditerranée. Sophia Antipolis: Plan Bleu, 2008.
8. Sellami, M.H, Etude et amélioration des techniques de distillation solaire dans la région Sud-Est Algérien (Ouargla), 2014, Thèse de Doctorat: Sciences Physiques, Physiques Energétique. Université
9. Boukerzaza, N., étude de l'effet des pertes thermiques sur les caractéristiques de fonctionnement d'un distillateur solaire. 2005.
10. Boutebila, H., Etude et conception d'un distillateur solaire à usage agricole. 2012.
11. MANDI, B., Analyse thermo énergétique d'un procédé de dessalement d'eau.
12. Abdine, B.E., Amélioration De La Capacité De l'absorbeur d'un Distillateur Solaire Simple Par l'ajout d'une Couche De Sable. 2012.
13. Khechekhouche, A., Etude expérimentale d'un distillateur solaire plan pour une communauté saharienne. 2016.
14. Sacia, K., Etude et amélioration des techniques de distillation solaire dans la région sud algérien (Ouargla). 2011.
15. Ismail, T., Etude d'un distillateur solaire à cascade. Mémoire de magister Université Mentouri Constantine, 2010.
16. Abdelhamid, L., Nano-fluides et distillation solaire deseaux saumâtres , perspectives et défis .2021.

Résumé

La distillation solaire est un procédé de production d'eau douce avec une énergie gratuite surtout dans les régions caractérisées par un bon ensoleillement et une réserve importante d'eau saumâtre. Notre travail vise à améliorer les paramètres qui influent sur la performance des distillateurs Solaires tels que le sens d'orientation de l'appareil, l'épaisseur du verre et la profondeur de l'eau saumâtre dans le bassin, et contrôler l'effet des conditions climatiques (température ambiante et intensité du soleil) sur le production du distillateur solaire simple à parois vitrés.

Les résultats obtenus montrent clairement que les meilleurs paramètres pour le déroulement Optimal des distillateurs solaires sont le sens d'orientation vers le sud, 4 mm d'épaisseur de verre et 1 cm de profondeur d'eau dans des conditions climatiques favorables avec l'augmentation de l'intensité solaire et la température ambiante.

Motes clés : Distillation solaire, distillateur solaire, l'intensité solaire, l'eau saumâtre, l'angle D'orientation, le verre.

Abstract

Solar distillation is a process of producing fresh water with free energy, especially in good sunshine and a large reserve of brackish water regions . Our work aims to improve the parameters that influence the performance of solar stills such as the orientation of the device, the thickness of the glass and the depth of brackish water in the basin. Also to control the effect of climatic conditions (ambient temperature and the sun intensity) on the production of the simple solar still with glass walls.

The results showed clearly that the best parameters for the Optimal unwinding of solar stills are the angle of rotation towards the south, 4 mm thick glass and 1 cm depth of water, under favorable climatic conditions with increased temperature. solar intensity and ambient temperature, these parameters can be different from a place to another.

Key words: Solar distillation, solar still, solar intensity, brackish water, Orientation angle, glass

المخلص

التقطير الشمسي هو عملية إنتاج مياه عذبة وصالحة للشرب باستخدام طاقة مجانية ، خاصة في المناطق التي تتميز بأشعة مسالغالية والغنية بالمياه المالحة . يهدف عملنا إلى تحسين المعلمات التي تؤثر على أداء اللقطات الشمسية وتتمثل في اه الجهاز ، وسمك الزجاج ، وعمق المياه المالحة في الحوضتأثير الظروف المناخية (درجة الحرارة المحيطة والشدة من الشمس) على كفاءة الطاقة الشمسية البسيطة ذات الجدران الزجاجية أظهرت النتائج التي تم الحصول على عليها بوضوح أن المعايير الأمثل نظرات الشمسية هي زاوية الدوران باتجاه الجنوب ، زجاج بسمك 4 مم وعمق 1 سم من الماء في ظل ظروف مناخية مواتية مع زيادة درجة كثافة الشمس ودرجة حرارة المحيط، هذه المعلمات التي يمكن أن تختلف من مكان إلى آخر

الكلمات المفتاحية: التقطير الشمسي ، المقطر الشمسي . كثافة الشمس، المياه المالحة، زاوية التوجيه، الزجاج .