



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



Université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued

Faculté de la Technologie

Mémoire de Fin d'Etude

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine: Sciences et Technologies

Filière: Génie des Procédés

Spécialité: Génie Chimique

Département: Génie des procédés et pétrochimies

Présenté par:

Guitoubi Fatiha

Bouras Assia

Thème

**L'influence d'un capteur solaire
sur le procédé de la distillation
solaire à simple effet**

Soutenu le 30 /05/2017

Devant le Jury:

Mr	Chaabia Nacer	Président	Université d'El Oued.
Mr	Boudouh Issam	Examineur	Université d'El Oued.
Mr	khechkhouche Abderrahmane	Rapporteur	Université d'El Oued.
Mr	Salemi Saïd	co-Encadreur	Université d'El Oued

2016/2017

Remerciements

Tout d'abord, merci pour le grand DIEU qui m'avons donnés la volonté et le courage pour parachèvement ce travail.

Nous exprimons nos remerciements les plus chaleureux à Mr. Abderrahmane Khechekhouche pour son soutien moral et scientifique ainsi que pour ses précieux conseils tout le long du travail.

Nous remercions le Mr. Chaabia Nacer pour avoir accepté de présider le jury ainsi que messier Boudouh Issam d' avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions également tous les étudiants de génie chimique.

Nous remercions tous les enseignants du département de génie chimique.

Dédicace

NOUS DÉDIONS CE TRAVAIL À NOS CHERS PARENTS

À NOS FRÈRES ET À NOS SŒURS

À NOS ÉPOUX ET NOS ENFANTS

Sommaire

Table de matière	Page
Remerciements	I
Dédicace	II
Sommaire.....	III
Nomenclature	VI
Liste des figures.....	VIII
Liste des Tableaux.....	X
Introduction générale	01
 Chapitre I : Généralité sur la distillation solaire	
I.1 Introduction.....	03
I.2. Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire	03
I.2.1.Types de distillateurs solaires	04
I.2.1.1 Distillateurs à simple effet (SED).....	04
I.2.1.2. Distillateur à pente unique.....	05
I.2.1.3.Distillateur à double pentes.....	05
I.2.1.2.4.Distillateur solaire terre-eau.....	05
I.2.1.2.5.Distillateur sphérique à balayage.....	06
I.2.1.2.6.Distillateur solaire incliné à cascades.....	06
I.2.1.2.7.Distillateur solaire à film capillaire.....	07
I.2.1.2.8.Distillateur incliné à matière poreuse noire	08
I.2.1.2.9.Distillateur vertical	08
I.2.1.2.10.Distillateurs à multi effets.....	09
I.3 Les paramètres influents sur un distillateur solaire.....	11
I.3.1.Paramètres météorologiques.....	11
I.3.1.1 L'intensité du rayonnement solaire.....	11
I.3.1.2 Température ambiante.....	11
I.3.1.3 La vitesse du vent	11
I.3.2 Paramètres géométriques	11
I.3.2 .1 Inclinaison.....	11
I.3.2 .2 L'absorbeur	12
I.3.2 .3 La couverture	12

I.4 .Conclusion.....	12
II.1.Introduction.....	12

Chapitre .II : Etude théorique et conception d'un distillateur solaire

II.1.Introduction	14
II.2.Etude théorique d'un distillateur solaire.....	14
II.2.1.Modélisation mathématique d'un distillateur	14
II.2.1.1.Bilan du vitrage	15
II. 2.1.2.Bilan de l'eau	16
II. 2.1.3. Bilan du bassin inférieur	16
II. 2.1.4. Bilan de l'isolant.....	16
II. 2.1.5.le Débit du condensât	16
II. 2.1.6.Coefficients d'échanges thermiques	17
II. 2.1.6.1. Par rayonnement eau-vitre	17
II. 2.1.6.2. Par convection eau-vitre	17
II. 2.1.6.3. Par vaporisation	17
II. 2.1.6.4. Par rayonnement vitre – milieu ambiant	18
II. 2.1.6.5.Par convection vitre – milieu ambiant	18
II. 2.1.6.6.Par convection bassin - eau	18
II. 2.1.6.7.Par plane horizontale	19
II.3.Réalisation d'un distillateur solaire	21
II.3.1.Matériels nécessaire.....	21
II.3.2.Les étapes de la réalisation	24
II.4.Conclusion.....	28

Chapitre .III : Etude théorique et conception d'un distillateur solaire

III.1 Introduction	29
III.2 Méthode et expérience.....	29
III.2.1.Condition de l'expérience.....	29
III.2.2.Dimension du distillateur.....	29
III.2.3.Emplacement des capteurs	29
III.2.4.Simulation du distillateur amélioré.....	30
III.3. Etape de préparation.....	32
III.4.Instrumentations de mesures	34
III.4.1.Les composants de la carte électronique Arduino	34

III.4.2.Les applications compatibles avec l'Arduino.....	36
III.4.2.1. capteur LM35	36
III.4.2.2. Lampe de LED	36
III.4.2.3. Afficheur	36
III.4.2.4. Décodeur	37
III.4.2.5. Potentiomètre.....	37
III.4.2.6.L'écran LCD alphanumérique	37
III.4.2.7.Télécommande Arduino	38
III.5.Conclusion.....	43
Chapitre IV: Résultat et discussion	
IV.1.Introduction.....	44
IV.2.Etude économique	44
IV.3.Résultats de préparation.....	44
IV.4.Résultats graphiques.....	46
IV.4.1.Rayonnement solaire.....	46
IV.4.2.Température ambiante.....	46
IV.4.3.Température de la vitre extérieure.....	46
IV.4.4.Température de l'eau du distillateur.....	47
IV.4.5.Température de la vitre intérieure.....	48
IV.4.6.Evolution de la productivité de l'eau distillée.....	49
IV.5.Discussion des résultats.....	50
IV.4.1.L'effet de l'écart de température 'saumure-vitre' sur la production	50
IV.4.2.L'effet de l'irradiation globale sur la production	51
IV.4.3.L'effet de la température de la saumure sur la production.....	52
IV.5.Conclusion	53
Conclusion générale	54
Résumé	55

Nomenclature

Symbole	Désignation	Unité
M_d	Débit massique de l'eau distillée	Kg/s
Q_{evp}	Flux de chaleur utilisé pour l'évaporation de l'eau	W/m ²
L_v	Chaleur latente de vaporisation	J/kg.
G	Rayonnement solaire global	W/m ²
S	Surface du vitrage	M ²
Q_{eau}	Flux thermique effectivement reçu par la masse d'eau	W/m ²
Q	Quantité d'eau saumâtre entrante dans le distillateur	kg
η_i	L'efficacité interne	%
η_v	Coefficient de transmission de la vitre	/
η_e	Coefficient de transmission de l'eau	/
α_e	Coefficient d'absorption de l'eau	/
α_f	Coefficient d'absorption du fond du distillateur	/
α_t	Coefficient d'absorption fictif du distillateur	/
F.P.B	Les facteurs de performance brute	/
F.P.H	Les facteurs de performance horaire	/
Q_{re_vi}	Flux thermique par rayonnement entre le film d'eau et le vitrage	W/m ²
Q_{ce_vi}	Flux thermique par convection entre le film d'eau et le vitrage	W/m ²
Q_{evap}	Flux thermique par évaporation-condensation entre le film d'eau et le vitrage Flux	W/m ²
$Q_{rve\ ciel}$	Flux thermique perdu par la vitre par rayonnement vers l'extérieur	W/m ²
Q_{cv_a}	Flux thermique perdu par convection par la vitre vers l'extérieur	W/m ²
λ_v	Conductivité thermique de la vitre	W/m.°C
δ_v	Épaisseur de la vitre	m
$Q_{c.b_e}$	Flux thermique par convection entre le fond du bac et le film d'eau	W/m ²
Pe	Puissance absorbée par la nappe d'eau, elle est négligeable pour l'eau de mer	W
Q_{cd}	Flux thermique perdu par conduction du bac	W/m ²
$Q_{c.d.b_iso.i}$	Flux thermique par conduction entre le bac et l'isolant thermique	W/m ²
M	Masse du condensât	kg
T_e	Température de l'eau	°C
T_v	Température de la vitre	°C
$Q_{r.e_v}$	Coefficient de transfert de chaleur par rayonnement entre le film d'eau et la vitre	W/m ² .°C
ε_{eff}	Émissivité effectif	/
ζ	Constante de Steffan – Boltzman	W/m ² .K ⁴
ε_e	Émissivité de la vitre	/
ε_v	Émissivité de l'eau	/
$h_{c.e_v}$	Coefficient de transfert de chaleur par convection entre le film d'eau et le vitrage	W/m ² .°C
h_{evap}	Coefficient de transfert par évaporation-condensation entre le film d'eau et le vitrage	W/m ² .°C
P	La pression de la vapeur d'eau	Pa
$h_{r.v_ciel}$	Coefficient de transfert de chaleur par rayonnement par la vitre vers l'extérieur	W/m ² .°C
T_{ciel}	Température du ciel	°C
T_a	Température ambiante	°C

V	Vitesse du vent	(m/s)
h_{c,b_e}	Coefficient de transfert de chaleur par convection entre le fond du bac et le film d'eau.	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
λ_f	Conductivité thermique du fluide (eau)	$W/m \cdot ^\circ C$
Gr	Nombre de GRASHOF	/
Pr	Nombre de PRANDLT	/
β	Coefficient d'expansion volumétrique de l'eau.	$1/K$
λ	Longueur du bac absorbant.	m
ρ	La masse volumique de l'eau.	Kg/m^3
g	L'accélération.	m^2/s
μ	La viscosité dynamique.	$Kg/m.s$
T_b	Température du bac.	$^\circ C$
T_i	Température de l'isolant.	$^\circ C$
λ_b	Conductivité thermique du bac.	$W/m \cdot ^\circ C$
δ_b	Épaisseur du bac.	m
λ_{iso}	Conductivité de l'isolant.	$W/m \cdot ^\circ C$
δ_{iso}	Épaisseur de l'isolant.	m
$h_{iso, e a}$	Coefficient de transfert de chaleur par convection entre l'isolant et l'air extérieur.	$W/(m^2 \cdot K)$
U_I	Coefficient global de pertes thermiques de l'isolant.	$W/(m^2 \cdot K)$
C_p	Chaleur spécifique.	$J/(kg \cdot K)$

Liste des figures

Chapitre I

Figure	Titre	page
Fig. I.1	Distillateurs à simple effet (SED)	4
Fig. I.2	Distillateur solaire simple à pente unique	5
Fig. I.3	Distillateur solaire simple à double pentes	5
Fig. I.4	Distillateur solaire terre-eau	6
Fig. I.5	Distillateur solaire sphérique à balayage	6
Fig. I.6	Distillateur solaire incliné à cascades	7
Fig. I.7	Distillateur solaire à film capillaire (DIFICAP)	8
Fig. I.8	. Distillateur incliné à matière poreuse noire	8
Fig. I.9	Schéma d'un distillateur solaire vertical	9
Fig.1.10 .a	croquis d'un distillateur à multiples effets	10
Fig.1.10.b	Distillation à multiples effete	10

Chapitre.II

Figure	Titre	page
Figure II.1	Bilan énergétique d'un distillateur solaire	15
Fig.II.2	Distillateur solair réalisée	21

Chapitre III

Figure	Titre	page
Fig. III.1	Dimensionnement du distillateur	29
Fig. III.2	L'emplacement des capteurs	30
Fig. III.3	La carte électronique Arduino	34
Fig.III.4	Les composants de la carte Arduino	35
Figure III.5	Le programme Arduino	36
Fig.III.6	Capteur thermique LM35	37
Fig.III.7	lampe LED	37
Fig.III.8	Afficheur	37
Fig.III.9	Décodeur BCD	38
Fig.III.10	Potentiomètre	38
Figure III.11	Écran LCD alphanumérique	38
Figure III.12	Kit-télécommande à distance.	39

Chapitre IV

Figure	Titre	page
Fig.IV.1	En plein experience	45
Fig.IV.2	le champ d'écoulement du fluide chaud	45
Fig.IV.3	Evolution théorique du rayonnement solaire	46
Fig.IV.4	Evolution de la température ambiante (El oued)	46
Fig.IV.5	Evolution de la température de la vitre extérieure des deux distillateurs	47
Fig.IV.6	Evolution de la température de l'eau dans des deux distillateurs	48
Fig.IV.7	Evolution de la température de la vitre intérieure des deux distillateurs	49
Fig.IV.8	Evolution de la productivité d'eau des deux distillateurs	49
Fig.IV.9.a	La production de l'eau en fonction de la différence de température entre l'eau et la vitre intérieure	50
Fig.IV.9.b	La production de l'eau en fonction de la différence de température entre l'eau et la vitre intérieure	51
Fig.IV. 10	La production d'eau en fonction des radiations solaires	51
Fig.IV.11.a	La variation de la production en fonction de la température d'eau.	52
Fig.IV.11.b	La variation de la production en fonction de la température d'eau.	52

Liste des Tableaux

Chapitre II

Tableau	Titre	Page
Tableau II.1	Matériels de construction du distillateur solaire plan	22-23-24
Tableau II.2	Les étapes de construction du distillateur solaire	25-26-27-28

Chapitre III

Tableau	Titre	Page
Tableau. III.1	Procédé de la simulation	31
Tab.III.2	Les étapes de préparation	34-33-32
Tab.III.3	Installation de la carte Arduino avec le programme Matlab.	-41-40-39 43-42

Chapitre IV

Tableau	Titre	Page
Tab .IV.1	Comparaison entre un distillateur solaire et distillateur électrique	44
Tab.IV.2	conditions de l'expérience	44
Tab.IV.3	Tableau de comparaison	45

Introduction générale

Parmi les ressources énergétiques renouvelables, l'énergie solaire apparaît comme un candidat potentiel qui peut approvisionner l'humanité en besoins énergétiques à cause de l'épuisement des combustibles fossiles et les préoccupations environnementales. Habituellement, l'énergie solaire est utilisée dans trois catégories de conversion, à savoir dans les chauffages d'espaces, la production d'électricité par les cellules photovoltaïques et les systèmes de conversion thermique.

Sur le plan mondial, la demande en eau potable de bonne qualité est de plus en plus forte. En effet, la population augmente rapidement et les besoins en eau de l'industrie et de l'agriculture sont de plus en plus élevés. Pour satisfaire cette demande, le dessalement est aujourd'hui pratiqué avec succès dans de nombreux pays du Moyen-Orient, Afrique du Nord, dans le sud et l'ouest des États-Unis et l'Europe du Sud pour répondre aux besoins industriels et domestiques. L'approvisionnement en eau potable est un problème croissant pour la plupart des régions du monde. Ces jours-ci, dans un certain nombre de pays, dont l'Inde occidentale des îles, le Koweït, l'Arabie Saoudite, le Mexique, l'Algérie et l'Australie, ce type d'unités de distillation existent.

Actuellement la distillation solaire est l'objet de plusieurs laboratoires de recherches dans le monde et chaque équipe de recherche essaye de faire des études pour améliorer le rendement des systèmes de distillations en jouant sur les paramètres géométriques et météorologiques.

Malgré la diversité de la recherche et les différentes techniques utilisées, les chercheurs ont le même objectif c'est l'amélioration de la productivité des distillateurs solaires.

La production du distillateur dépend du gradient de température qui existe entre la température de l'eau dans le bassin et la couverture transparente. Donc plusieurs techniques sont testées pour l'augmentation de la température l'eau dans le bassin et à l'abaissement de la température de la couverture transparente.

L'objectif principal de ce travail est de réduire le problème de notre wilaya qui est le manque de l'eau potable. Les habitants de la Wilaya d'El-oued achètent de l'eau potable notre but c'est de construire un système énergétique amélioré pour produire l'eau potable. Ce système sera construit et amélioré au niveau du laboratoire d'énergétique et énergies renouvelables de la faculté de technologie de l'université d'El oued. Le distillateur solaire a simple effet est un dispositif très simple a fabriquer pas cher, ses composantes sont disponibles dans les marchés ; le problème c'est que son rendement est très faible par rapport aux autres types de distillateurs. Dans ce travail, qui basé sur l'amélioration ont utilisant un préchauffage solaire

(capteur solaire), et nous le comparons avec un système sans préchauffage, et ensuite nous étudions l'effet de ce couplage sur la performance du distillateur. La question qui se pose,

- Est-ce que le préchauffage influe positivement ou négativement sur la distillation ?

Ce mémoire comprend quatre chapitres ;

Une Introduction générale

Le premier chapitre : est consacré à la présentation de la connaissance générale sur les techniques de dessalement surtout celles qui utilisent l'énergie solaire comme une source d'énergie, ainsi qu'un bref historique sur la distillation solaire, et une recherche bibliographique concernant les différents types de distillateurs.

Le deuxième chapitre : nous présentons les différentes équations gouvernantes le fonctionnement du système, ainsi que les coefficients intervenant dans ce système.

Le troisième chapitre : est consacré à l'étude de couplage distillateur – capteur

Le quatrième chapitre : nous présentons les résultats sous forme des graphes avec leurs interprétations pour les deux systèmes sans et avec préchauffage.

Une conclusion générale de ce mémoire reprend les principaux résultats de nos travaux de recherche.

Chapitre I

Généralité sur la distillation solaire

I.1 Introduction

Un distillateur solaire simple est le procédé de dessalement le plus ancien et le plus simple.

Il utilise l'énergie du soleil pour distiller l'eau, il est un bassin isolé dont le fond est noirci par une peinture spéciale, Enfermant une quantité d'eau salée, à parois adiabatiques, couvert par un plat vitreux transparent. Sous l'action du flux solaire G , transmis par la couverture transparente, l'eau s'échauffe et une partie de celle-ci s'évapore. La vapeur produite se condense sur la face intérieure de la vitre et le condensât est récupéré par un gobelet. Un appoint d'eau compense le distillat. Afin de réduire les pertes de chaleur vers l'extérieur, les parois latérales et inférieures sont isolées.

I.2. Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire

La distillation solaire est un phénomène naturel, elle a le même principe du phénomène réel qui se déroule dans la nature, où le rayonnement solaire incident sur la mer (l'océan, le lac, ou la rivière.....) échauffe l'eau, cette dernière s'évapore et s'élève en haut, puis elle se transporte par l'intermédiaire du vent jusqu'à ce qu'elle arrive à un endroit plus froid elle se condense et donne de la pluie. Cependant, l'homme a reproduit en un modèle miniaturisé, le cycle naturel, ce modèle est appelé distillateur solaire. Le distillateur solaire simple est un bassin isolé dont le fond est noirci par une peinture spéciale, enfermant une quantité d'eau salée, à parois adiabatiques, couvert par du verre transparent.

L'énergie solaire entrant par la couverture verrière est absorbée par l'eau et le bassin, et élève leur température causant ainsi l'évaporation. La température de la couverture verrière qui baigne dans l'air atmosphérique étant inférieure à celle du mélange air-vapeur d'eau, il se produit une condensation de la vapeur d'eau sur la surface interne de la couverture inclinée. L'eau distillée produite s'écoule suivant un film mince pour être recueillie séparément.

Une grande partie des radiations solaires, directes et diffuses, est absorbée par le fond noir. De petites quantités d'énergie sont perdues par réflexion à la surface du verre et à la surface de l'eau. L'énergie absorbée par la base est presque totalement transférée à l'eau et seulement une petite fraction est perdue au sol par conduction à travers la structure de soutien. L'énergie qui est transférée de l'eau au couvercle de verre c'est essentiellement par la vapeur d'eau qui s'évapore de l'eau et qui perd sa chaleur de vaporisation en se condensant. De la chaleur est aussi transférée de l'eau au couvercle par convection libre de l'air pris sous le couvercle. Le verre du couvercle absorbe une partie de la chaleur émise par la surface de l'eau, et absorbe aussi une petite partie des rayons solaires incidents. Cette chaleur absorbée par le couvercle est perdue à l'atmosphère

par convection et radiation. Le distillateur simple est réputé par sa faible efficacité, mais au point de vue expérience il est flexible vue la facilité de son montage, démontage et entretien. C'est la raison pour laquelle nous l'avons utilisé comme prototype d'essais.

I.2.1.Types de distillateurs solaires

Il existe plusieurs types de distillateurs solaires utilisant le même principe de fonctionnement, mais ils peuvent être différents en termes de conception et en termes de matériaux utilisés. Par rapport à l'état physique de la saumure dans le bassin.

I.2.1.1 Distillateurs à simple effet (SED)

Ce sont les distillateurs les plus utilisés dans le monde, le distillateur est constitué d'un bassin peint en noir pour capter le maximum de radiation solaire, rempli d'eau et couvert d'une vitre transparente aux rayons; cette dernière est inclinée pour que la vapeur condensée dans sa face intérieure coule vers une gouttière qui placée en bas, généralement ce type est simple à construire et à maintenir mais son efficacité reste inférieure à celle d'un distillateur à multiple effets. [1, 2]. Dans ce type on peut citer :

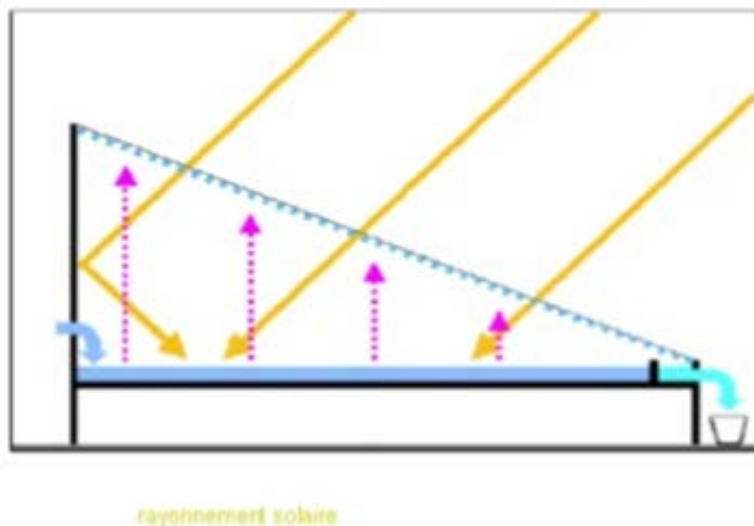


Fig .I.1 Distillateurs à simple effet (SED)

I.2.1.2. distillateur à pente unique:

C'est un distillateur à capteur unique incliné d'un angle 10° , il est appelé aussi distillateur simple.

C'est le prototype (Figure 1.2) utilisé durant nos expériences, généralement sa production est faible comparée avec les autres types de distillateurs à multiple effets, mais il est très souples vue son simple entretien et la facilité de son démontage et de son assemblage. [3]

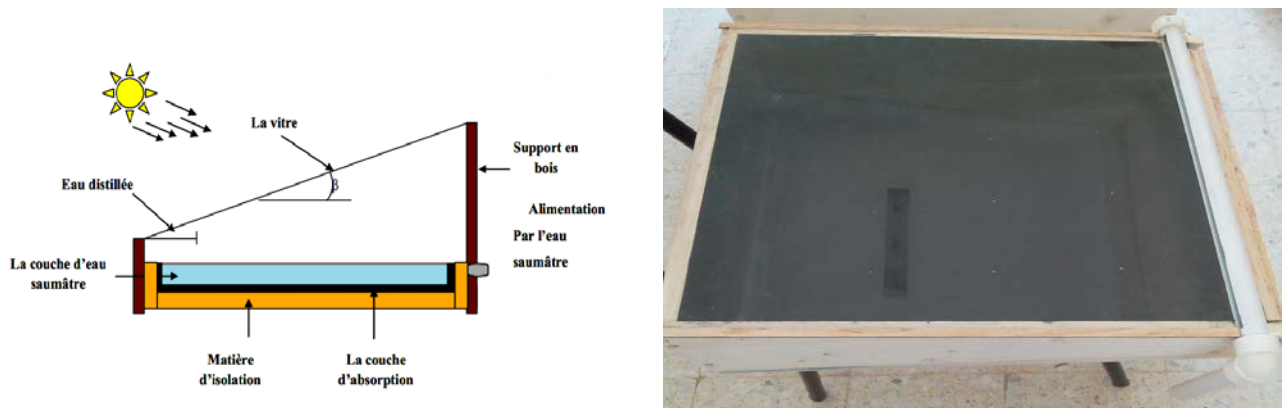


Fig. I.2. Distillateur solaire simple à pente unique

I.2.1.3. Distillateur à double pentes:

C'est un distillateur simple mais à double couvertures verrières où chacune d'elles est inclinée d'un angle 10° , son avantage est d'exposer l'un de ses cotés au soleil et l'autre à l'ombre pour accélérer la condensation [3] (Figure 1.3).

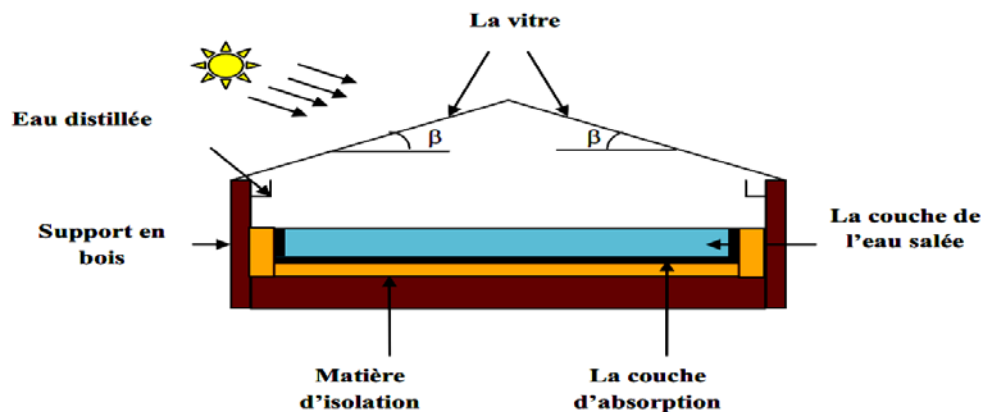


Fig. I.3. Distillateur solaire simple à double pentes

I.2.1.4. 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 (figure I.4). Il est similaire à celui de l'effet de serre, sauf que le sol remplace le bassin noir.



Fig. I.4. Distillateur solaire terre-eau

I.2.1.5. Distillateur sphérique à balayage:

C'est un distillateur en plexiglas (figure I.5), composé de trois parties principales; une demi-sphère supérieure qui transmet le rayonnement solaire d'une part et joue le rôle de surface de condensation d'autre part, une demi-sphère inférieure qui récupère le distillât et un bac horizontal en métal noirci contenant l'eau à distiller qui se trouve dans le plan médian.

Un essuie-glace entraîné par moteur électrique, permet de maintenir la surface de condensation au rayonnement, et d'assurer un drainage rapide des gouttelettes. Le principe de fonctionnement est similaire à celui du distillateur plan. [4].

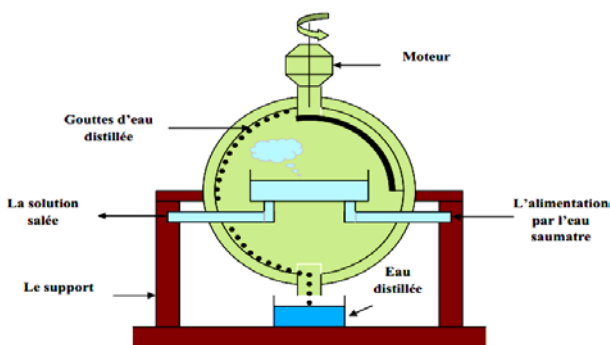


Fig. I.5. Distillateur solaire sphérique à balayage

I.2.1.6. Distillateur solaire incliné à cascades:

Un distillateur solaire à cascades figure I.6 est constitué d'une capacité étanche sur montée d'une vitre. 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. [5]

Cet appareil présente deux avantages: la lame d'eau est très faible et l'orientation par rapport au rayonnement incident se rapproche d'avantage de l'optimum.

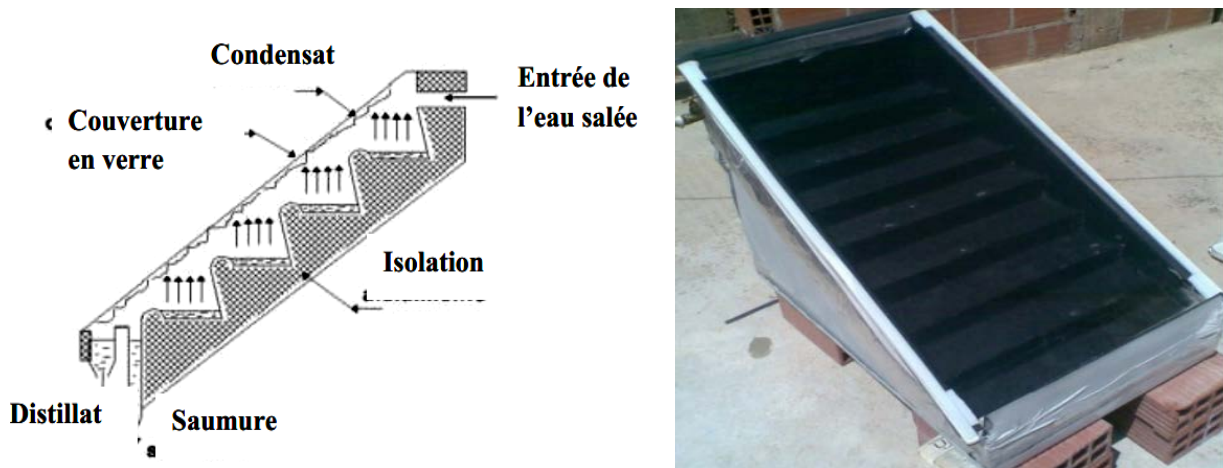


Fig. I.6. Distillateur solaire incliné à cascades

I.2.1.7. Distillateur solaire à film capillaire

Le distillateur est incliné d'un angle (réglable), l'eau salée entre avec un débit très réduit en mouillant un tissu placé au verso d'une plaque métallique noircie et exposée aux rayonnements solaires.

L'eau chauffée à travers la plaque, s'évapore et se condense sur la plaque inférieure en libérant sa chaleur de condensation à l'étage inférieure et ainsi de suite. [6]

Ce distillateur (figure I.7), est composé des éléments suivants : le capteur – évaporateur, le condenseur et l'alimentation. La première cellule capte le rayonnement solaire qui passe à travers la couverture. La vapeur se condense sur la paroi opposée et la chaleur dégagée par cette condensation permet l'évaporation du film qui ruisselle sur l'autre face de cette même paroi.[7]

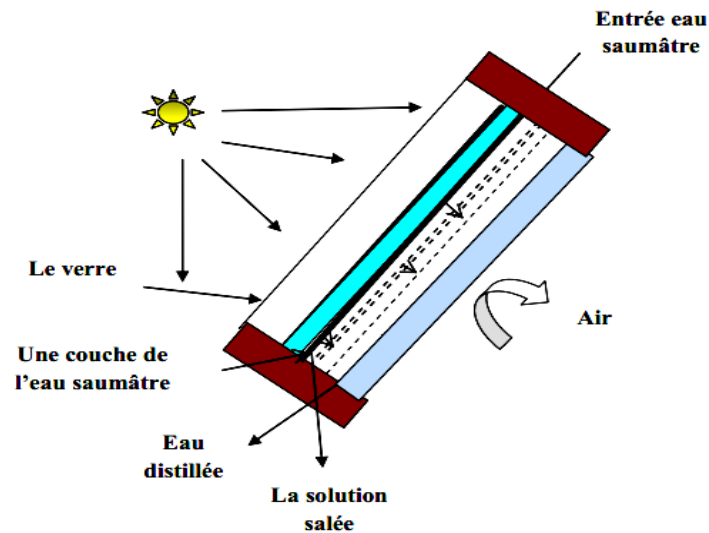


Fig. I.7. Distillateur solaire à film capillaire (DIFICAP)

I.2.1.8. Distillateur incliné à matière poreuse noire

Il est appelé aussi distillateur à mèche (figure I.8), où l'eau d'alimentation coule lentement à travers une garniture poreuse, qui absorbe le rayonnement. La mèche peut être inclinée de sorte que l'eau d'alimentation, en faible quantité, présente un meilleur angle avec le soleil. Elle est également chauffée plus rapidement et à une température élevée. Ces distillateurs sont considérés plus efficaces que ceux à bassin [8]

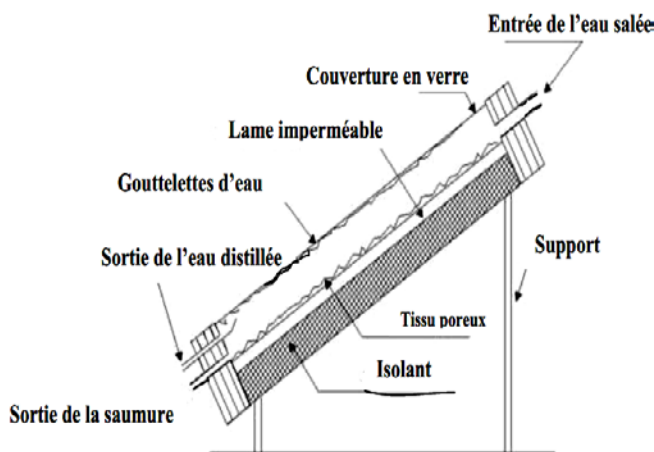


Fig. I.8 Distillateur incliné à matière poreuse noire

I.2.1.9. Distillateur vertical

Le distillateur solaire vertical est composé (figure I.9) [9] :

- D'un capteur solaire permettant la captation du rayonnement solaire.
- D'un compartiment d'évaporation.
- D'un compartiment de condensation.

La figure I.9, présente le principe de fonctionnement du distillateur vertical. Le distillateur est alimenté par 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 l'entrée du distillateur est régulé 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 les deux ouvertures (8) réalisées dans une 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 la gouttière (figure I.9) fabriquée en dessous de la plaque de condensation.

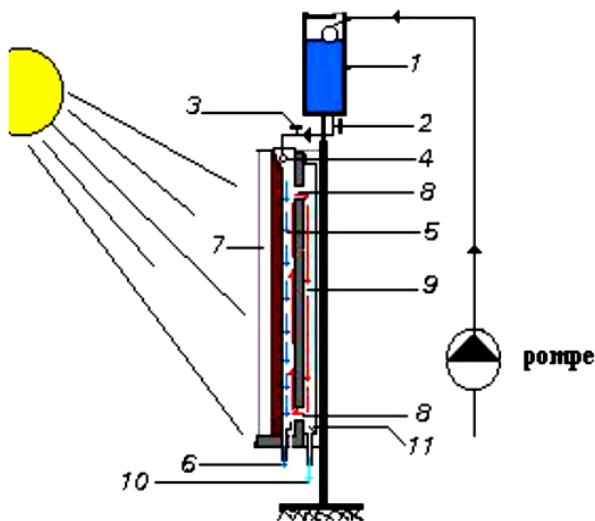


Fig. 1.9. Schéma d'un distillateur solaire vertical

I.2.1.10. Distillateurs à multi effets

Le distillateur solaire à multi effets (figure I.10 et (figure I.11), est constitué de plusieurs évaporateurs placés en série et opérant à dépressions décroissantes; l'effet de tête et l'effet de queue. Dans ce qui suit, nous allons décrire brièvement la conception et le fonctionnement de quelques uns [6].

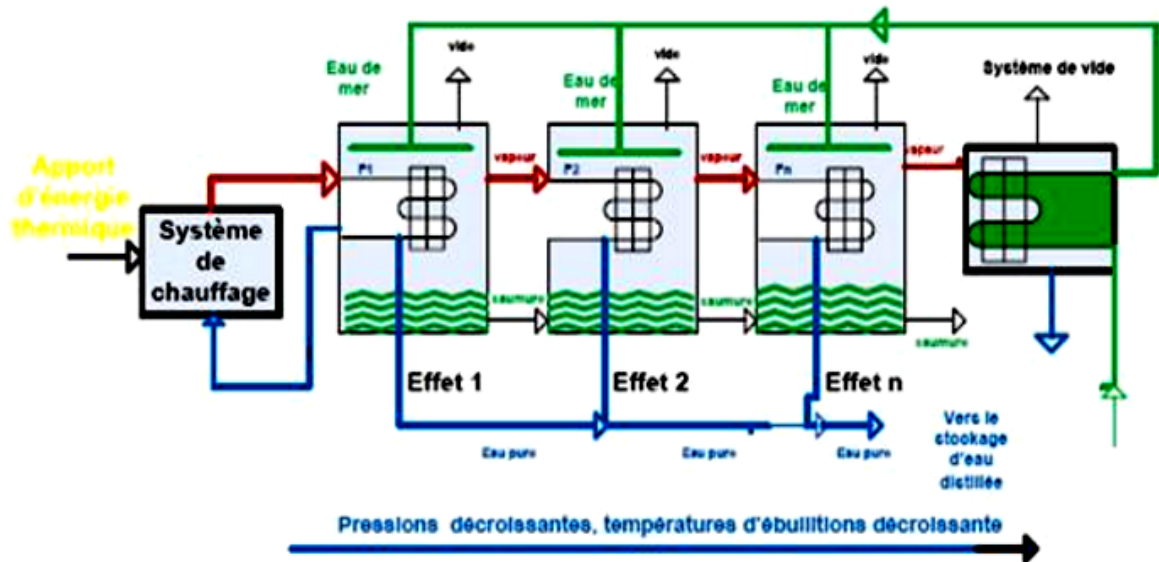


Fig.1.10.a. croquis d'un distillateur à multiples effets



Fig.1.10.b. Distillation à multiples effets

Le dispositif (fig. 1.10.b.) est disponible dans l'unité de recherche URME a ENIT université El Manar Tunis, Tunisie.

I.3 Les paramètres influents sur un distillateur solaire

On peut classer les paramètres qui influent sur le fonctionnement du distillateur comme suit:

I.3.1. Paramètres météorologiques

I.3.1.1 L'intensité du rayonnement solaire

Le rayonnement solaire incident est le paramètre le plus important ; la production d'eau distillée dépend du rayonnement solaire global. C'est le facteur essentiel dans cette étude. C'est une énergie rayonnante d'onde de courte longueur (0.17 à 4 μm)

Plusieurs études montrent que l'irradiation globale reste le paramètre le plus influent sur les caractéristiques de fonctionnement d'un distillateur solaire

I.3.1.2 Température ambiante

- I. Remarque que la productivité du distillateur augmente légèrement avec augmentation de la température ambiante

I.3.1.3 La vitesse du vent

Si la vitesse du vent augmente au-dessus du distillateur, il y a diminution de la température de la vitre et par conséquent, une légère augmentation de la productivité. Dans notre partie expérimentale n'a pas tenu compte de la vitesse du vent parce que notre distillateur se trouvait dans un endroit protégé par de hauts arbres.

I.3.2 Paramètres géométriques

Ils concernent tous les éléments composant le distillateur solaire, tels que la couverture, l'absorbeur, l'isolant et la saumure dont la construction nécessite une attention particulière.

I.3.2 .1 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 saumure et vitre, l'angle d'inclinaison doit faire l'objet d'un choix judicieux. L'inclinaison influe d'autre part sur les équations des bilans énergétiques des différents constituants du distillateur. Les expressions seront données dans le chapitre suivant [8-10]

I.3.2 .2. L'absorbeur :

Les testes menés par certains chercheur ont montre que 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 [11]

I.3.2 .3 La couverture :

La couverture sert de surface de condensation, Il faut qu'elle soit non hydrophobe, mouillable [12] , et résiste aux attaques du vent et des particules solides. [13] et Baum et Bairamov [14] ont montré que la distance entre la couverture et la saumure ne doit pas être grande pour ne pas augmenter la couche tampon qui ne participe pas au transfert thermique à l'intérieur du distillateur solaire .S. Satcunanathan et H. Phansen [15] ont constaté que cette couche influe sur la performance La couverture intervient essentiellement par [8-10]

- Sa nature,
- Sa mouillabilité par l'eau,
- Sa transparence au rayonnement solaire,
- Son opacité au rayonnement infrarouge des grandes longueurs d'ondes,
- Sa résistance aux attaques du vent et des particules solides,
- Le nombre de vitres dans le cas où la couverture est vitrée,
- Son inclinaison par rapport à l'horizontal.
- L'influence de la variation de l'épaisseur du vitrage sur la distillation solaire

I.4.Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre les différents types de distillateurs solaires, leurs principes de fonctionnement et les paramètres influents sur un distillateur solaire.

Nous avons choisi un seul type de distillateur solaire à effet de serre pour qu'il soit l'objet de notre étude dans les chapitres qui suivent. Nous avons choisi le distillateur solaire **à pente unique (ou à simple pente)**.

Les raisons du choix sont :

- Le bas coût du système
- La facilité de construction
- La facilité de maintenance

Donc, les deux distillateurs seront conçus au niveau du laboratoire de transfert de chaleur et énergies renouvelables, l'université Hamma Lakhdar d' El oued pour couvrir notre étude expérimentale qui sera forcée par une simple étude de simulation.

Le chapitre qui suit explique les étapes de construction et il est renforcé par des photos en couleurs et des explications.

Chapitre II

**Etude théorique et conception
d'un distillateur solaire**

II.1.Introduction

Une étude théorique est indispensable pour comprendre les modélisations mathématiques appliquées dans ce domaine, nous avons adoptées un ensemble d'hypothèses mentionnée ci-dessous et qui attendent une vérification sérieuse:

- La température de chaque composant du système est uniforme.
- Le transfert de chaleur est unidimensionnel.
- Flux de chaleur transitoire.
- La condensation se fait uniquement sur la couverture et elle est homogène.
- Les parois latérales sont supposées adiabatiques.
- La vitesse du vent est constante.
- Les propriétés physiques des matériaux sont considérées constantes.
- Pertes de vapeur d'eau négligée.

Ce chapitre comprend aussi une partie de réalisation d'un distillateur solaire à effet de serre illustrée par des photos en couleurs et bien sûr par des explications facilitant ainsi pour tout amateur, étudiant et chercheur de construire son propre prototype, sans oublier de signaler les astuces de fabrication ce qui aide à éviter la perte d'argent et le mauvais fonctionnement du distillateur.

On a réalisé un distillateur au niveau du laboratoire de mécanique et de l'hydraulique, faculté de la technologie de l'université Hamma Lakhder d'El oued, sud-est d'Algérie

II.2.Etude théorique d'un distillateur solaire

II.2.1.Modélisation mathématique d'un distillateur

La Modélisation mathématique d'un distillateur solaire simple en forme de serre, illustre les différents échanges de chaleur qui se produisent dans un distillateur solaire. Elle est fondée sur quatre bilans (bilan du vitrage, bilan de l'eau, bilan de l'isolant et le débit du condensât). En régime transitoire, les équations régissant le bilan thermique au niveau de chaque partie du distillateur, s'écrivent comme suit :

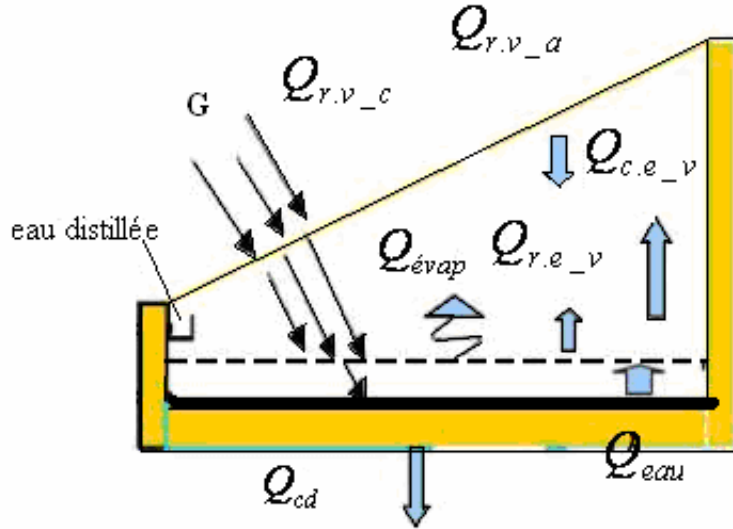


Figure II.1. Bilan énergétique d'un distillateur solaire

II.2.1.1. Bilan du vitrage

La quantité de la chaleur reçue par la vitre est évacuée par la conductivité à travers celle-ci, soit :

- A la face extérieure :

$$\frac{M_v C_{p_v}}{2 \cdot A_v} \frac{dT_{ve}}{dt} = \left(\frac{\lambda_v}{\delta_v} \right) (T_{vi} - T_{ve}) - Q_{r.v.e_ciel} - Q_{c.v._a} + \frac{P_v}{2} \quad (II.1)$$

- A la face intérieure :

$$\frac{M_v C_{p_v}}{2 \cdot A_v} \frac{dT_{vi}}{dt} = - \left(\frac{\lambda_v}{\delta_v} \right) (T_{vi} - T_{ve}) + Q_{r.e_vi} + Q_{c.e_vi} + Q_{évap} + \frac{P_v}{2} \quad (II.2)$$

$Q_{ré_vi}$: Flux thermique par rayonnement entre le film d'eau et le vitrage.

Q_{ce_vi} : Flux thermique par convection entre le film d'eau et le vitrage.

$Q_{évap}$: Flux thermique par évaporation-condensation entre le film d'eau et le vitrage.

Q_{rve_ciel} : Flux thermique perdu par la vitre par rayonnement vers l'extérieur.

Q_{cv_a} : Flux thermique perdu par convection par la vitre vers l'extérieur.

λ_v : Conductivité thermique de la vitre.

δ_v : Épaisseur de la vitre.

II. 2.1.2.Bilan de l'eau

$$\frac{M_e C_{pe}}{A_e} \frac{dT_e}{dt} = Q_{c.b_e} - Q_{c.e_v} - Q_{evap} - Q_{r.e_v.i} + P_e \quad (II.3)$$

$Q_{c.b_e}$: Flux thermique par convection entre le fond du bac et le film d'eau.

P_e : : Puissance absorbée par la nappe d'eau, elle est négligeable pour l'eau de mer

II. 2.1.3.Bilan du bassin inférieur

$$\frac{M_b C_{pb}}{A_b} \frac{dT_b}{dt} = P_b - Q_{c.b_e} - Q_{c.d.b_iso.i} \quad (II.4)$$

Q_{cd} : Flux thermique perdu par conduction du bac.

II. 2.1.4.Bilan de l'isolant

Nous utilisons un isolant thermique, pour réduire les pertes de chaleur à travers la base, le côté intérieur du distillateur reçoit la chaleur perdue de l'absorbeur et le coté extérieur cède de la chaleur vers l'extérieur par rayonnement et par convection, d'où l'équation:

- Au niveau de la face intérieure :

$$\frac{M_i C_{pi}}{2 .A_i} \frac{dT_{iso.i}}{dt} = Q_{c.d.b_iso.i} - \left(\frac{\lambda_i}{\delta_i} \right) (T_{iso.i} - T_{iso.e}) \quad (II.5)$$

$Q_{c.d.b_iso.i}$: Flux thermique par conduction entre le bac et l'isolant thermique.

- Au niveau de la face extérieure :

$$\frac{M_i C_{pi}}{2 .A_i} \frac{dT_{iso.e}}{dt} = \left(\frac{\lambda_i}{\delta_i} \right) (T_{iso.i} - T_{iso.e}) - Q_{r.iso_soll} - Q_{c.iso_a} \quad (II.6)$$

II. 2.1.5.le Débit du condensât

$$\frac{dM_c}{dt} = h_{\text{evap}} \frac{T_e - T_v}{L_v} \quad (\text{II.7})$$

M : Masse du condensât.

L_v : Chaleur latente de vaporisation.

T_e : Température de l'eau.

T_v : Température de la vitre

h_{evap} : Coefficient de transfert de chaleur par convection entre le film

II. 2.1.6.Coefficients d'échanges thermiques

II. 2.1.6.1.Par rayonnement eau-vitre

$$Q_{r.e_v} = h_{r.e_v} (T_e - T_{v.i}) \quad (\text{II.8})$$

$Q_{r.e_v}$: Coefficient de transfert de chaleur par rayonnement entre le film d'eau et la vitre.

$$h_{r.e_v} = \varepsilon_{\text{eff}} \cdot \sigma \cdot (T_e^2 - T_{v.i}^2) \cdot (T_e + T_{v.i}) \quad (\text{II.9})$$

ε_{eff} : Émissivité effectif.

σ : Constante de Steffan – Boltzman.

$$\varepsilon_{\text{eff}} = \left[\frac{1}{\varepsilon_e} + \frac{1}{\varepsilon_v} - 1 \right]^{-1} \quad (\text{II.10})$$

ε_e : Émissivité de l'eau

ε_v : Émissivité de la vitre.

II. 2.1.6.2.Par convection eau-vitre

$$Q_{c.e_v} = h_{c.e_v} (T_e - T_v) \quad (\text{II.11})$$

$$h_{c.e_v} = 0.884 \left[T_e - T_v + \frac{(T_e - T_v)(T_e + 273.15)}{268.9 \times 10^3 - P_e} \right]^{1/3} \quad (\text{II.12})$$

$h_{c.e_v}$: Coefficient de transfert de chaleur par convection entre le film d'eau et le vitrage.

II. 2.1.6.3. Par vaporisation

$$Q_{\text{evap}} = h_{\text{evap}} (T_e - T_{v,i}) \quad (\text{II.13})$$

h_{evap} : Coefficient de transfert de chaleur par évaporation-condensation entre le film d'eau et le vitrage.

$$h_{\text{evap}} = 16.273 \times 10^3 h_{c.e.v} \frac{(P_e - P_{v,i})}{(T_e - T_{v,i})} \quad (\text{II.14})$$

La pression de la vapeur d'eau est estimée par la relation suivante

$$P = 133.32 \exp \left(18.6686 - \frac{4030.1824}{T + 273.15} \right) \quad (\text{II.15})$$

D'autre part un polynôme du troisième degré en fonction de la température :

$$P = 0.148 \cdot T - 0.3653 \times 10^{-2} \cdot T^2 + 0.11242 \times 10^{-3} \cdot T^3 \quad (\text{II.16})$$

II. 2.1.6.4. Par rayonnement vitre – milieu ambiant

$$Q_{r.v.\text{ciel}} = h_{r.v.\text{ciel}} (T_{v,e} - T_{\text{ciel}}) \quad (\text{II.17})$$

$h_{r.v.\text{ciel}}$: Coefficient de transfert de chaleur par rayonnement par la vitre vers l'extérieur.

$$h_{r.v.\text{ciel}} = \varepsilon_v \cdot \sigma (T_{v,e}^2 - T_{\text{ciel}}^2) \cdot (T_{v,e} + T_{\text{ciel}}) \quad (\text{II.18})$$

T_{ciel} : Température du ciel.

La température du ciel est donnée par deux relations approximatives, l'une par respectivement:

$$T_{\text{ciel}} = T_a - 6 \text{ ou } T_{\text{ciel}} = T_a - 12 \quad (T_a: \text{Température ambiante})$$

En général, on utilise l'expression :

$$T_{\text{ciel}} = 0.0552 \cdot (T_a^{1.5}) \quad (\text{II.19})$$

II. 2.1.6.5. Par convection vitre – milieu ambiant

$$Q_{c.v.a} = h_{c.v.a} (T_{v,e} - T_a) \quad (\text{II.20})$$

Coefficient de transfert de chaleur par convection entre la vitre et l'extérieur.

Le coefficient d'échange par convection entre la face externe de la vitre et l'air est donné par la relation suivante

$$h_{c.v_a} = 5.7 + 3.8 V \quad (II.21)$$

V : est la vitesse du vent (m/s).

II. 2.1.6.6.Par convection bassin - eau

$$Q_{c.b_e} = h_{c.b_e} (T_b - T_e) \quad (II.22)$$

$h_{c.b_e}$: Coefficient de transfert de chaleur par convection entre le fond du bac et le film d'eau.

$$h_{c.b_e} = \frac{Nu \cdot \lambda_f}{L} \quad (II.23)$$

λ_f : Conductivité thermique du fluide (eau).

Dans ce type de problème, les corrélations expérimentales aboutissent à des relations de la forme :

$$Nu = c (Gr Pr)^n \quad (II.24)$$

Avec Gr : Nombre de GRASHOF et Pr : Nombre de PRANDLT

Ou c et n sont des constantes dépendant de la géométrie du système et de la nature de l'écoulement (laminaire ou turbulent).

II. 2.1.6.7.Par plane horizontale

Gradient de T vers le haut :

- L'écoulement est toujours laminaire et on a :

Si $Gr < 10^5 \Rightarrow Nu = 1$

L'échange thermique entre la saumure et le bac absorbant se fait uniquement par conduction.

$$\text{Si } 10^5 < Gr < 2.10^7 \Rightarrow Nu = \frac{\lambda_e}{L} 0.54 \cdot (Gr Pr)^{0.25} \quad (II.25)$$

$$\text{Si } Gr > 2.10^7 \Rightarrow Nu = 0.14 \cdot (Gr Pr)^{0.33} \quad (II.26)$$

Nombre de GRASHOF :

$$Gr = \frac{\beta \cdot g \cdot \rho^2 \cdot L^3 \cdot \Delta T}{\mu^2} \quad (II.27)$$

β : Coefficient d'expansion volumétrique de l'eau en (K^{-1}).

λ : Longueur du bac absorbant en (m).

ρ : La masse volumique de l'eau en (Kg/m^3).

g : L'accélération en (m^2/s).

μ : La viscosité dynamique en ($Kg/m.s$).

Nombre de PRANDLT :

$$Pr = \frac{\mu_e \cdot Cp_e}{\lambda_e} \quad (II.28)$$

Les pertes thermiques du bassin par conduction thermique à travers l'isolation est données comme suit :

$$Q_{cd.b_{iso.i}} = K_b \times (T_b - T_{iso.i}) \quad (II.29)$$

T_b : Température du bac.

T_i : Température de l'isolant.

Avec :

$$K_b = \frac{\lambda_b}{\delta_b} \quad (II.30)$$

λ_b : Conductivité thermique du bac.

δ_b : Épaisseur du bac.

- Par conduction Isolant-bassin :

$$Q_{cd.iso.i_b} = \frac{\lambda_b}{\delta_b} (T_b - T_i) \quad (II.31)$$

- Par conduction à travers l'isolant

$$K_i = \frac{\lambda_{iso}}{\delta_{iso}} (T_{iso.i} - T_{iso.e}) \quad (II.32)$$

λ_{iso} : Conductivité de l'isolant.

δ_{iso} : Épaisseur de l'isolant.

- Par conduction à travers l'isolant

$$Q_{c.iso.i-a} = h_{iso.e_a} \times (T_{iso.e} - T_a) \quad (II.33)$$

$h_{iso.e_a}$: Coefficient de transfert de chaleur par convection entre l'isolant et l'air extérieur.

- Par conduction à travers l'isolant

$$h_{r.e_v} = \varepsilon_{iso} \cdot \sigma \cdot (T_{sol}^2 - T_{iso.e}^2) \cdot (T_{iso.e} + T_{sol.i}) \quad (II.34)$$

II.3.Réalisation d'un distillateur solaire

Le distillateur solaire que nous avons choisi pour notre expérience à une conception très simple. Il s'agit d'un distillateur à simple effet de serre; il a comme avantage la facilité de construire et surtout de maintenir.

La forme de ce distillateur est montrée dans la figure II.2 :

Il se compose des éléments suivants :

- Un coffre en bois.
- Une couverture verrière.
- Une tuyauterie d'accumulation.
- Une tuyauterie de circulation.
- Un réservoir de collection de l'eau distillée.



Fig. II.2. Distillateur solaire réalisée

II.3.1. Matériels nécessaires

Les composants de ce type de distillateur sont choisis selon les besoins constructifs (dimensions proportionnelles à la taille de futur système) et selon la disponibilité sur le marché. Ces composants sont résumés dans le tableau II.1.

Tableau II.1. Matériels de construction du distillateur solaire plan

Photo	Nom	Quantité	Dimension
	Coffre en bois : Planchettes de bois	05	L=50 cm H1 = 14 cm H2 = 07 cm 55 cm x 55 cm
	Couvercle : Morceau de verre	01	55 cm x 55 cm Epaisseur de préférence E = 3 mm ou E = 4 mm ou E = 5 mm
	Tuyau PVC avec filtrage à l'extrémité	01	L = 60 cm Diam = 25 mm
	Coude 90° Avec deux tubes PVC (filtrage à l'extrémité)	02	Diam = 25 mm Diam = 25 mm L = 10 cm
	Tube de silicone	01	

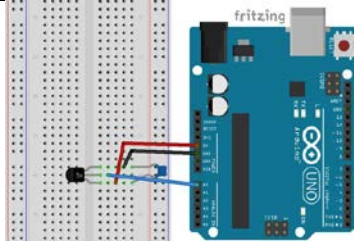
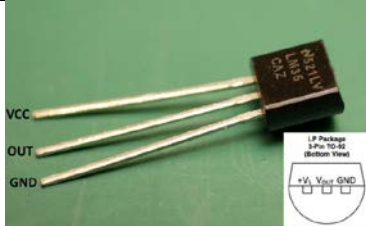
	Colle de bois, des clous, des vises ...etc	01	
	Logiciel Matlab 13		
	La carte Arduino	01	
	Capteurs de température LM35	06	
	Les composantes du système de préchauffage	01	
	Capteur solaire	01	

	Table de support	01	
---	------------------	----	--

II.3.2.Les étapes de la réalisation

Il est assez facile, aujourd'hui, de préparer un distillateur solaire à effet de serre grâce à la disponibilité du matériel nécessaire à la construction dans les marchés algériens (voir tableau 2.1). Pour un fonctionnement correct de notre système il faut prendre en considération la disposition, l'emplacement et l'ouverture du tube de collection car tout le système se base sur cette étape qui est très délicate. Pour cette raison nous assistons à bien expliquer ces étapes afin d'éviter les erreurs.

Notre système n'a pas besoin d'une couche d'isolation de polyester car l'épaisseur du coffre en bois est de 2.5 cm et l'épaisseur du verre est de 0.5 cm, c'est-à-dire l'épaisseur totale est de l'ordre de 3 cm. Ce qui est suffisant pour résister au transfert de chaleur à travers la paroi du distillateur.

L'avantage de ce système c'est toute quantité produite de distillât est instantanément transférée au revoir, ce qui laisse dire que la pression est assez grande concernant le rendement pour chaque heure.

Un autre avantage, que la quantité produite n'est pas exposée au distillation ce qui se diffère des autres systèmes similaires, où l'eau distillée est collectée dans le distillateur lui-même et il est exposé à la même radiation solaire, la pression et la température comme l'eau salé ce qui veut dire que le rendement du système n'est pas exact.

L'intervalle idéal de l'angle d'inclinaison du vitrage est de 10° d'après les recherches de Mr. H. Tanaka publié dans le journal Solarenergy [3.4] en 2010 ce qui disponible dans notre exemple. Cette recherche montre toute augmentation de l'inclinaison engendre une diminution de production de l'eau distillée. Elle montre aussi que toute augmentation du volume entre la couche d'eau Sallée et le vitrage influe négativement sur le rendement.

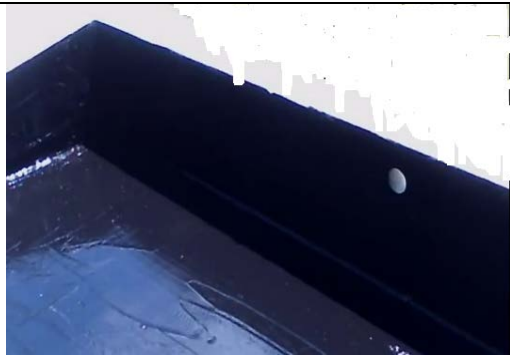
Ce qui intéressent les chercheurs c'est l'amélioration des systèmes, ce qui aussi notre objectif dans ce travail qui est en parallèle avec un autre : c'est la pureté des eaux collectées pour l'usage humain. L'eau collectée est transformée à des eaux potables, c'est pourquoi nous avons utilisé un bassin de verre en évitant le contact avec des produits chimiques qui se trouve dans les peintures et évitant aussi le contact avec la corrosion des absorbeurs métalliques utilisé généralement dans les distillateurs solaires ordinaires.

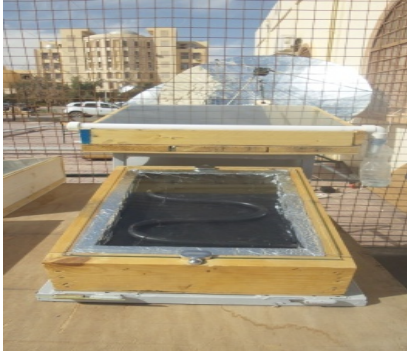
Dans notre construction, pour avoir des résultats assez exacts, précis et sains, nous avons évité tous ses défauts. Il est vrai que l'étape du tube collecteur est fatigante mais elle est très importante (voir tableau II.2) donc il faut faire attention.

Tableau II.2. Les étapes de construction du distillateur solaire

Photo	Explication
	Coffre du distillateur Le coffre est conçu de 04 planchettes de 14 cm x 7 cm x 2.5 cm découpés en morceaux assemblés à l'aide d'une colle spéciale bois et fixés avec des vis. La 5 ^{ème} planche de 65 cm x 56 cm est pour le fond du distillateur.
	Construction du coffre en bois Les quarts planches sont raccordées et il reste à rejoindre la base du coffre.
	Le foyer du tube de collection Deux trous (demi-cercles) sont forés sur les deux planchettes latérales. Le tube de collection sera placé dans ses deux foyers

	L'emplacement du tube Le tube de collection est placé dans les trous parallèlement à la planchette de face, minimisant au maximum l'espace qui se trouve entre la planchette et le tube. Une très légère inclinaison du tube vers le côté de la sortie est favorable.
	L'emplacement du verre Le tube est en place en fait glisser le verre (couverture) jusqu'au tube de collection
	Traçage du tube En trace la limite du verre sur le tube de telle façon que 1/3 du tube sera en haut et le 2/3 sera au-dessous du verre (voir l'étape de l'emplacement du verre dans le tube)
	Ouverture du tube Cette opération est très difficile et il faut être très précis car la flexibilité du tube ne vous donne pas une bonne maîtrise de coupe.
	L'emplacement du verre dans le tube Après l'ouverture du tube, glisser le verre dans le tube en assurant qu'il y a un espace suffisant au-dessous du verre pour que les gouttelettes de l'eau condensée puissent passer librement dans le canal du tube.

	Préparation du tube collecteur Bouché le bout du tube collecteur l'un des deux côtés avec de la colle et un bouchant de même nature.
	Le but du distillateur et le coude L'autre bout du tube collecteur sera lié à un coude de 90° permettant ainsi à l'eau distillée de s'écouler vers le réservoir Un tube ou tuyau sera collecté à l'autre sortie du coude pour faciliter l'écoulement entre le coude et le réservoir.
	Peinture intérieure du distillateur Le distillateur doit être teinté par une peinture noire comme le montre la photo. De préférables deux couches pour l'homogénéité de la peinture noire sur la surface intérieure du distillateur.
	Trou d'alimentation de l'eau salée Un trou d'alimentation sera fait à l'une des planchettes (latérale ou de face) pour alimenter le distillateur avec des eaux salées en utilisant un entonnoir est un morceau de tuyau. Ce trou doit être fermé pendant le processus de la distillation



Finalement

A la fin nous serons ce distillateur prêt à fonctionner.

II.4.Conclusion

Nous avons essayé de voir et de comprendre la modélisation mathématique employée dans les différents parties de notre distillateur solaire plan à effet de serre et cette modélisation sera interprétée plus loin dans le chapitre quatre, par des courbes.

Dans cette partie, nous avons vu et réalisé les différentes étapes de l'exécution d'un distillateur en connaissant l'emplacement de chaque constituant, puis nous avons détaillé les avantages de notre système par rapport aux autres systèmes similaires.

Chapitre III

Expérience et instrumentation de mesure

III.1 Introduction

Les étapes de la préparation de l'expérience seront traitées dans ce chapitre ainsi qu'une nouvelle technologie aura été utilisée pour mesurer les températures. Cette méthode c'est la carte Arduino qui remplace les instruments de mesure classiques comme les thermocouples.

III.2 Méthode et expérience

III.2.1. Condition de l'expérience

Les expériences ont été faites au mois de mai 2017 au niveau du laboratoire de l'énergie et énergie renouvelable de l'université d'El Oued. Les prélèvements sont faits automatiquement chaque demi-heure par le micro-ordinateur sauf le prélèvement de la quantité d'eau qui a été fait manuellement.

III.2.2. Dimension du distillateur

Dans notre étude on a besoin de quatre distillateurs similaires avec les mêmes dimensions pour tester l'effet de l'épaisseur du vitrage d'un distillateur solaire dans les mêmes conditions. La figure III.1 représente les dimensions des distillateurs utilisés dans notre travail.

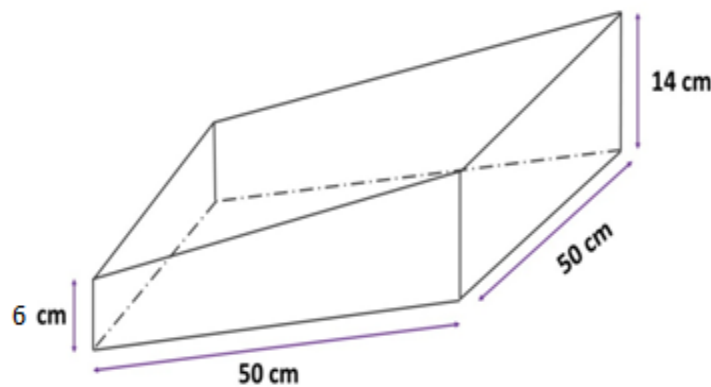


Fig. III.1. Dimensionnement du distillateur

III.2.3. Emplacement des capteurs

Les mesures des températures sont faites par des capteurs dont l'emplacement est comme suit

- Température de la face intérieure de la vitre.
- Température de la face extérieure de la vitre.
- Température de l'eau à distiller.
- Température ambiante.

La figure III.2 montre clairement l'emplacement des capteurs sur le dispositif et le raccordement avec la carte électronique Arduino

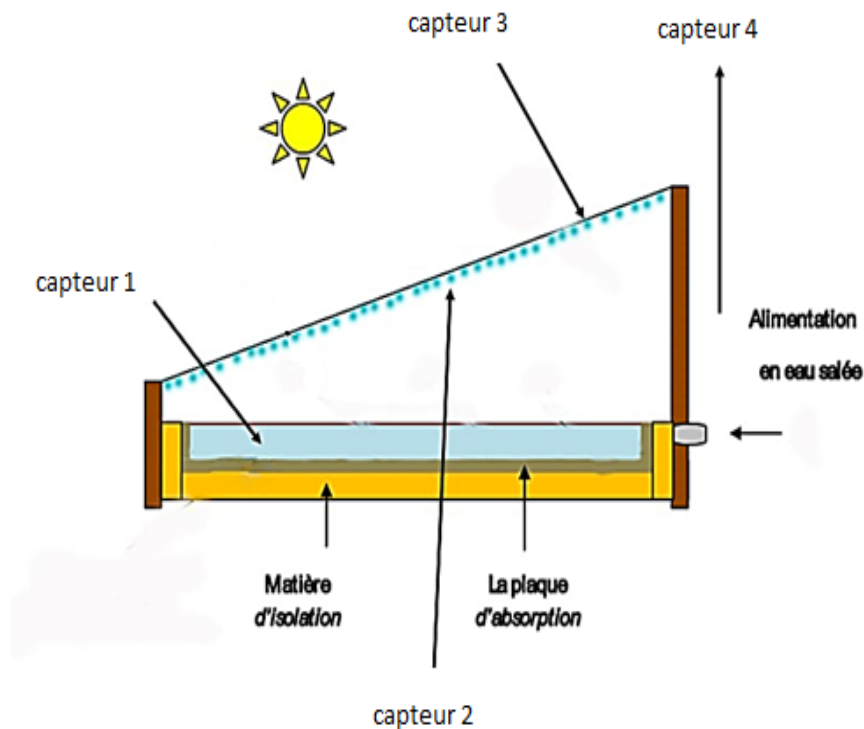


Fig. III.2. L'emplacement des capteurs

III.2.4. Simulation du distillateur amélioré

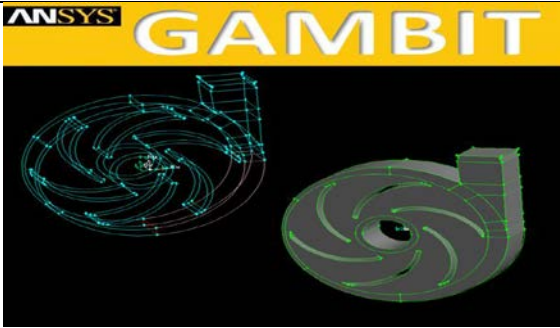
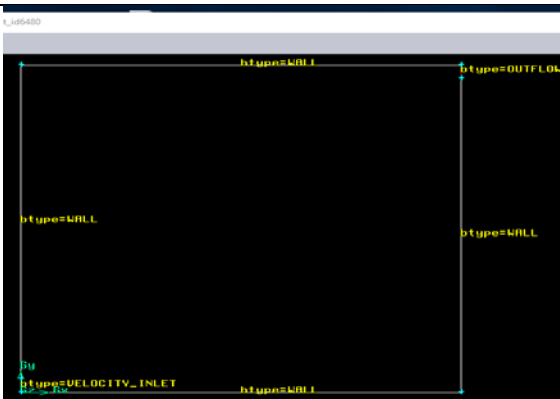
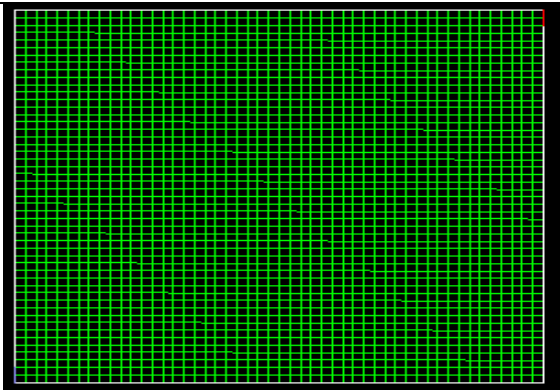
Pour arriver à notre objectif et améliorer le rendement de notre système, il faut faire des trous dans le distillateur amélioré. Le premier trou sera l'alimentation de l'eau chaude venue du capteur solaire et un autre trou sera la sortie de l'eau froide (moins chaude) pour arriver au capteur pour être chauffé et relancer dans le distillateur. Le circuit fonctionne par le principe de la poussée d'Archimède donc aucune énergie est utilisée.

Une simulation a été nécessaire pour voir le comportement du fluide chaud et de positionner les trous. Le CFD disponible et peut nous donner une réponse convaincante sur l'emplacement des trous c'est le ANSYS FLUENT.

ANSYS Fluent est le logiciel de dynamique des fluides (CFD) le plus puissant du marché pour aller plus vite et plus loin dans l'optimisation de la performance de vos produits. ANSYS Fluent offre des fonctionnalités éprouvées de modélisation physique et fournit des résultats rapides et précis pour une très large gamme d'applications CFD et multi physiques.

La procédure de cette simulation est regroupée dans le tableau III.1.

Tableau III.1. Procédé de la simulation

N° d'étape	Présentation par photos	Présentation d'étape
Etape 1		Le distillateur a amélioré en réalité
Etape 2		Le Gambit
Etape 3		Le tracement des frontières et l'emplacement des trous dans le Gambit
Etape 4		Faire un maillage dans le Gambit

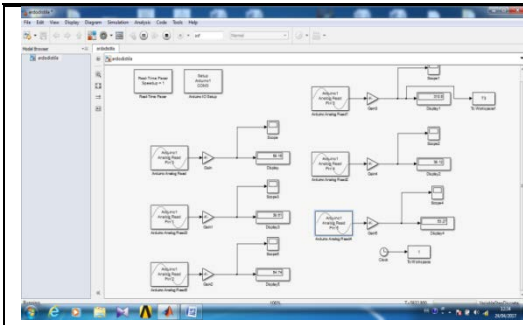
III.3. Etape de préparation

Les étapes de préparation sont regroupées dans le tableau III.2. Ce protocole est très important pour le bon déroulement de l'expérience car tous manques ou négligence entraîne un mauvais résultat. Si les résultats ne sont pas bien donc la comparaison ne sera jamais correcte.

Tab.III.2. Les étapes de préparation

	la vitrification de l'horizontalité de la table d'essayé. Avec un niveau d'eau qui peut parfaitement confirmer que la table est horizontale ou pas.
	la disposition des distillateurs sur la table après vitrification.
	l'emplacement des vitres des distillateurs. Une étape un peut délicate car le vitre doit êtres bien placer dans le collecteur.
	Re- vérification des distillateurs au niveau des collecteurs et ce la pour avoir le même niveau de sortie de l'eau distillée.

	L'emplacement du capteur solaire – système de préchauffage sur son support métallique. Le capteur est placé à avec un angle de 33° par rapport à l'horizontal.
	Le dispositif expérimental est prés pour le fonctionnement
	L'emplacement des capteurs et la connexion avec la carte Ardunio et l'ordinateur.



Le bon fonctionnement de l'expérience via le micro-ordinateur

III.4. Instrumentations de mesures

PRESENTATION DE LA CARTE ARDUINO

C'est une plate-forme (open-source) ou bien une plaque électronique programmée qui est basée sur une simple carte à microcontrôleur et un logiciel, véritable environnement de développement intégré, pour écrire, compiler et transférer le programme vers la carte à microcontrôleur.

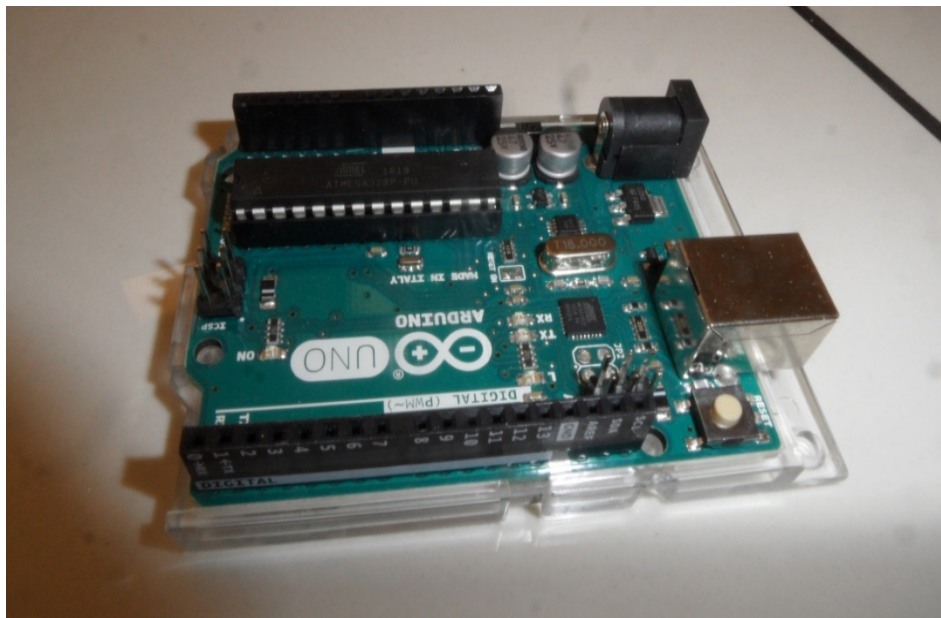


Fig. III.3. La carte électronique Arduino

Arduino (figure III.3) peut être utilisé pour développer des objets interactifs, pouvant recevoir des entrées d'une grande variété d'interrupteurs ou de capteurs, et pouvant contrôler une grande variété de lumières, moteurs ou toutes autres sorties matérielles.

III.4.1. Les composants de la carte électronique Arduino

La carte Arduino (figure III.4) est une carte électronique dans les composants sont :

- La plaque de circuit
- Le microcontrôleur
- Le processeur
- Le porte USB
- Connecteur de l'alimentation
- Les entrées et les sorties analogique et numérique.

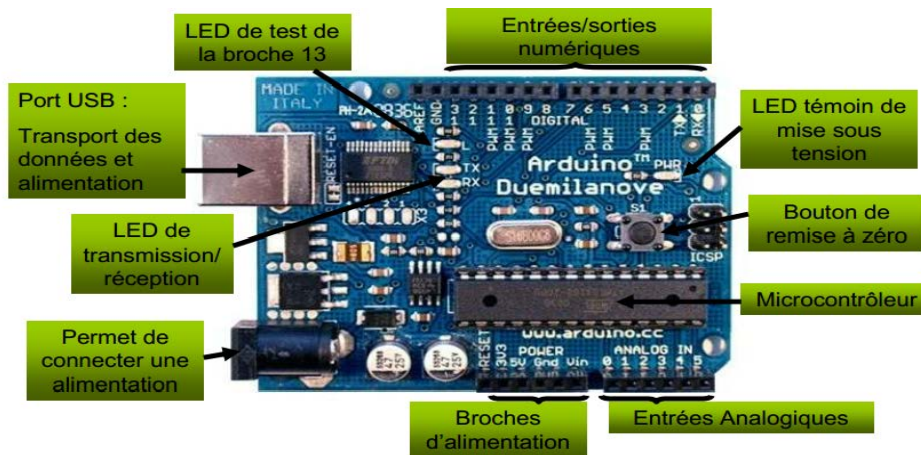


Fig.III.4. Les composants de la carte Arduino

.Le programme Arduino

Les projets Arduino. (Figure III.4) peuvent être autonomes, ou bien ils peuvent communiquer avec des logiciels tournant sur votre ordinateur (tels que Flash, Processing...). Les cartes électroniques peuvent être fabriquées manuellement ou bien être achetées; le logiciel de développement open-source peut être téléchargé gratuitement.

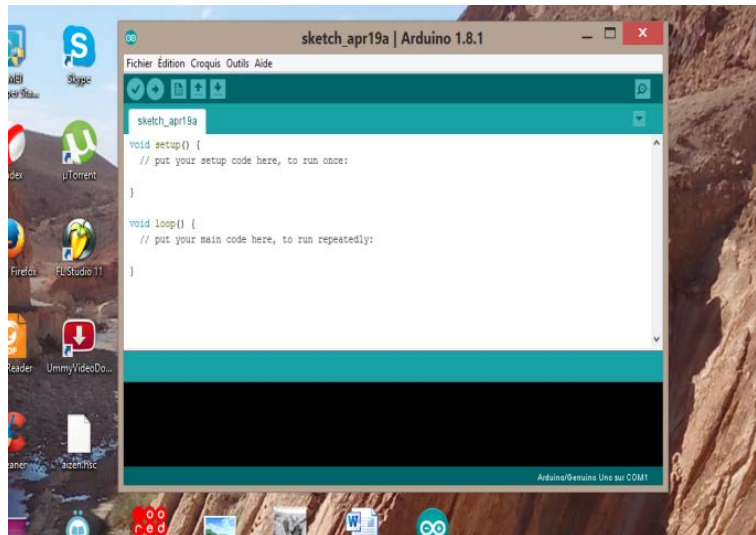


Figure III.5. Le programme Arduino

En quelques chiffres

- Prix d'une carte Arduino uno = 25 euros
- Logiciel = 0 euros gratuit totalement
- Support et assistance = 0 euros (forums)

L'idée est d'utiliser la carte Arduino comme un macro-composant dans des applications de prototypage électronique. Le concepteur n'a plus qu'à développer des interfaces et programmer le macro-composant pour réaliser son application. Le langage de programmation Arduino est une implémentation de Wiring, une plate-forme de développement similaire, qui est basée sur l'environnement multimédia de programmation Processing.

III.4.2. Les applications compatibles avec l'Arduino

III.4.2.1. Capteur LM35

C'est un capteur analogique (Figure III.4.) de température fabriqué par Texas instruments il est extrêmement populaire en électronique, est très simple d'utiliser.

Il est capable de mesurer des températures allant de 55 à 150 C° dans la version la plus précise et avec le montage peut aussi mesurer de -40 à +110 C°.

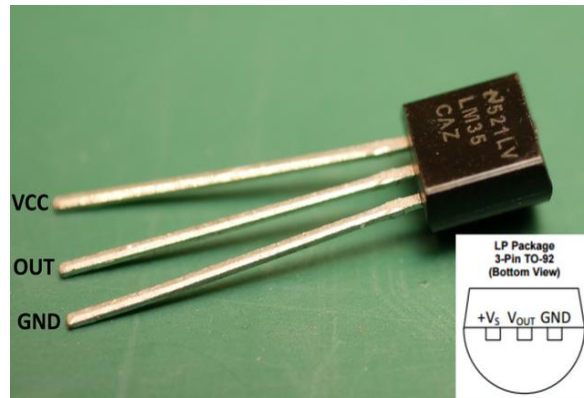


Fig.III.6.Capteur thermique LM35

III.4.2.2. Lampe de LED

Ce composant (Figure III.5) est une sorte de lampe un peu spécial. Nous nous en servons principalement pour faire de la signalisation.



Fig.III.7.lampe LED

III.4.2.3. Afficheur

L'afficheur 7 (Figure III.6) segments est un ensemble de LEDs disposées géométriquement pour afficher des chiffres.



Fig.III.8.Afficheur

III.4.2.4. Décodeur : Le décodeur BCD (Binaire Codé Décimal) permet piloter des afficheurs (Figure III.6). Segments en limitant le nombre de fils de données.



Fig.III.9.Décodeur BCD

III.4.2.5. Potentiomètre : Le potentiomètre (Figure III.8) est une résistance que l'on peut faire varier manuellement.



Fig.III.10.Potentiomètre

III.4.2.6.-L'écran LCD alphanumérique : permet d'afficher des caractères tels que les chiffres et les lettres. Il va apporter de l'interactivité à vos projets les plus fous (Figure III.9).

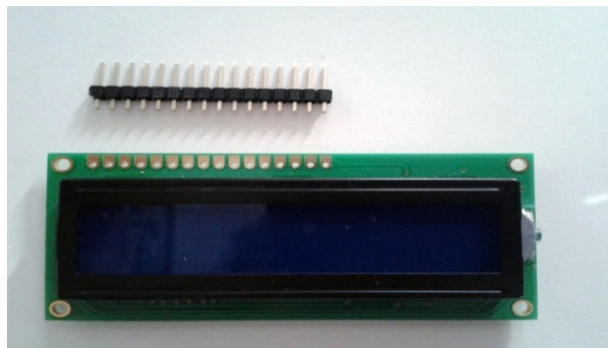


Figure III.11. : Écran LCD alphanumérique

III.4.2.7. télécommande Arduino

Kit-télécommande infrarouge rattachable avec la plaque Arduino pour le contrôle à longue distance (Figure III.10).



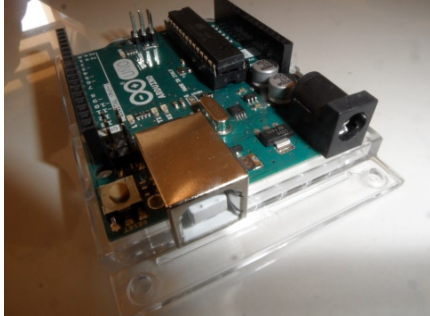
Figure III.12.Kit-télécommande à distance.

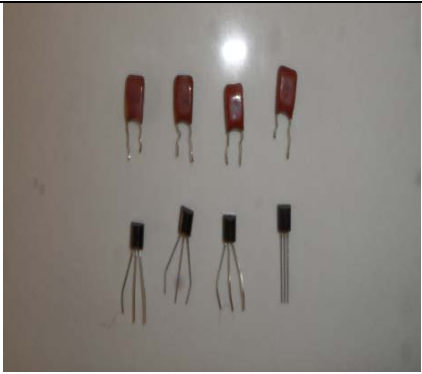
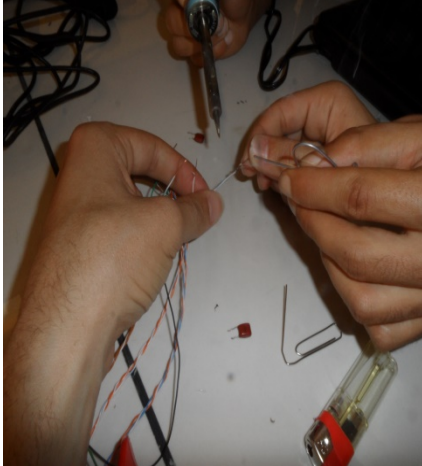
Dans ce chapitre, avec une description détaillée on va présenter l'application de ce programme Arduino, les méthodes d'utilisation de cette technologie pour faire notre expérience. Pratiquement et selon l'expérience on va utiliser quelques trucs qui est compatible avec l'Arduino pour faire une méthode développée et technologique moderne.

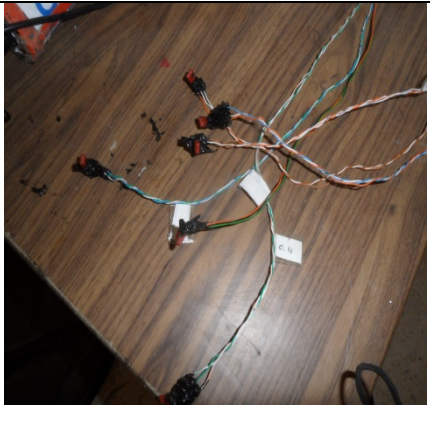
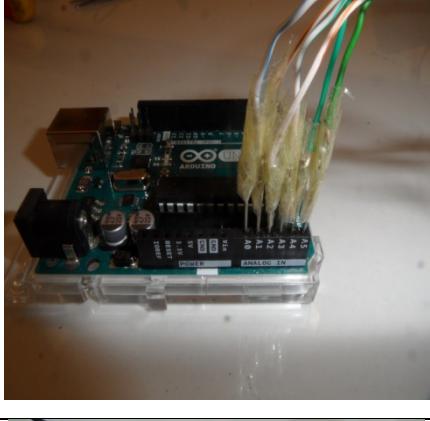
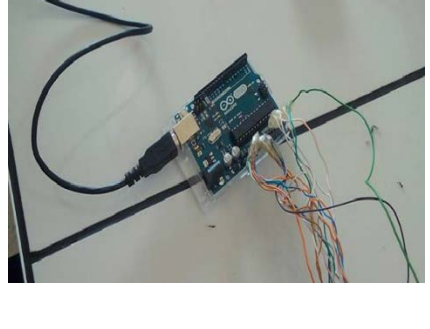
Cette application est pour mesurer et calculer le changement thermique, la déference de température à l'entré et la sortie d'eau, l'évolution de rendement avec l'isolation, la double isolation vitré, et plusieurs autre application.

La carte peut fonctionner avec le programme Matlab et le tableau III.3 montre cette application entre l'étape 08 et l'étape 12.

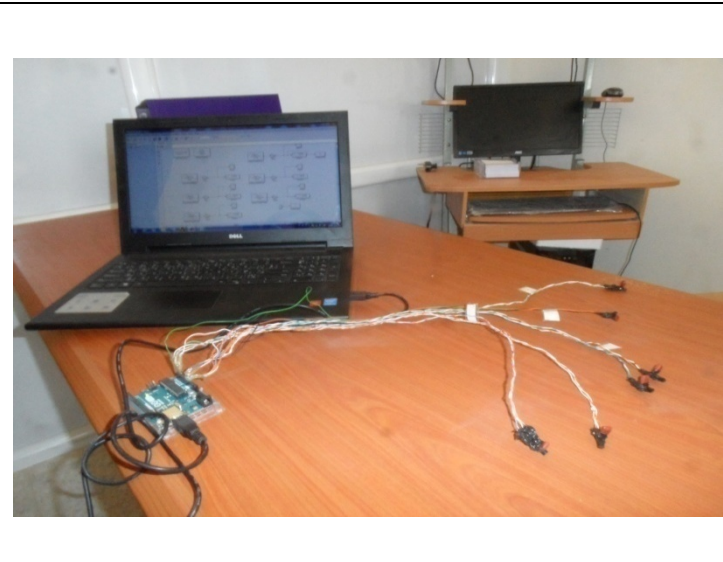
Tab.III.3.Installation de la carte Arduino avec le programme Matlab.

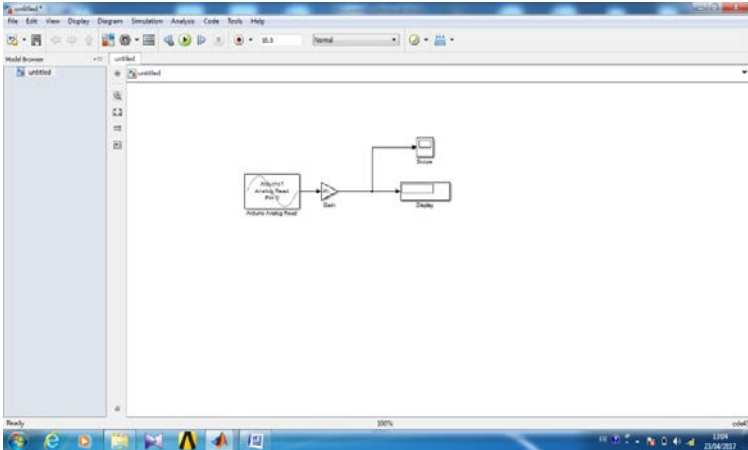
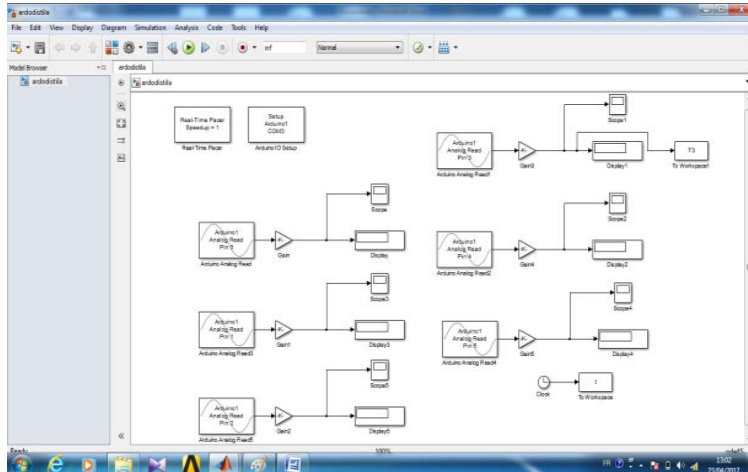
N° d'étape	Présentation par photos	Présentation d'étape	Descriptions
Etape 1		Plaque électronique Arduino-uno	Une plateforme électronique pleine de circuits et d'applications analogique et numérique.

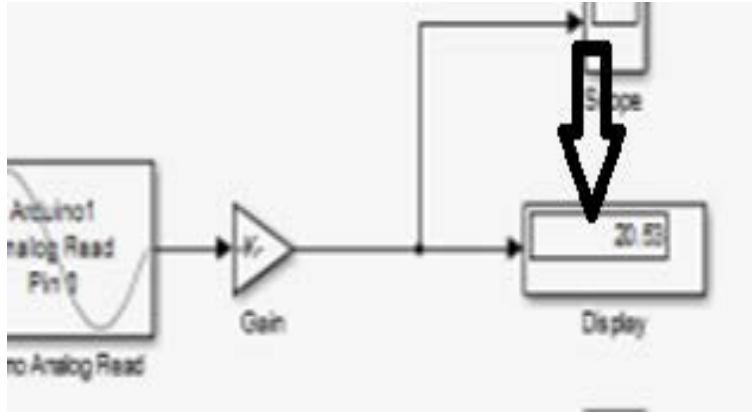
Etape 2		Capteur de température 5V LM35 Condensateur 10nF/5V	Capacité (condensateur) et capteur de température pour le système Arduino utilisé pour les calculs des changements et l'évolution de rendement.
Etape 3		Fils électrique et capteurs attaché avec un condensateur	Soudage des pièces électronique l'un de l'autre avec les fils électrique pour faire un capteur a fils
Etape 4		Capteur de température analogique fabriqué manuellement	Le premier exemple d'un capteur de température attaché au condensateur et au fils de transmission de signale à Arduino
Etape 5		Six (6) capteurs de température fabriquée manuellement	Les six 6 capteurs lies aux fils électriques. Pour les six 6 entrées de la carte Arduino utilisées dans le système.

Etape 6		L'isolation des capteurs avec la silicone.	Faut faire une isolation avec la silicone de tous les capteurs pour éviter les pertes et d'autre risque.
Etape 6		Connexion des capteurs aux entrées.	Connexion des capteurs avec la carte Arduino ordinaire du premier n° A 0 au sixième n° A 5.
Etape 7		Connexion du système avec le programme	Le câblage de la carte avec l'ordinateur pour la liaison au programme Arduino.

Traduction du signal physique en langage mathématique

Etape 8		Mettre l'installation en cours avec le programme Matlab et faire l'ordre play, Pour la vérification.
----------------------------------	--	---

Etape 9		lancement du programme Matlab13 avec l'application Arduino, et connecter la carte électronique avec ce programme pour la réception des données et les valeurs physique. Après le programme Matlab se traduit ces valeurs en langage mathématique avec les courbes de changement et d'évolution.
Etape 10		On va créer dans cette étape le langage qui se mettra la carte en ligne avec le Matlab. Chaque langage contient le ((carré d'analogique, triangle de gain, rectangle d'affichage des valeurs, et le scope des courbes.))
Etape 11		le langage Matlab se traduit le signale physique pour les six 6 capteurs, il reçoit le données de température et de changement physique chaque 30 minutes pour faire un calcul logarithmique et de résultat mathématique avec les courbes exprime les résultats réels.

Etape 12		le programme Matlab reçoit les premiers valeurs de température par le signale des capteurs comme par exemple cette valeur $T= 20.53\text{ C}^{\circ}$
-----------------------------------	--	---

III.5. Conclusion:

Nous avons vu les différentes étapes de la préparation de l'expérience d'un distillateur solaire à simple pente, l'un joue le rôle d'un témoin et l'autre est amélioré par un système de préchauffage.

Donc nous sommes prêts à entamer l'étape suivante qui sera les travaux expérimentaux, autrement dit à avoir des résultats sous formes des graphes. La carte Arduinio facilitera l'obtention des résultats qui seront collectées par un ordinateur connecté au système.

Les résultats obtenues sont interprétés dans le chapitre quatre.

Chapitre IV

Résultat et discussion

IV.1.Introduction

Le chapitre quatre contient les résultats de l'expérience au niveau du laboratoire énergétique et énergies renouvelables de la faculté de technologie de l'université d'El-oued. Les conditions de l'expérience ont été très favorables et heureusement nous n'avons pas de problèmes avec l'instrument de mesure (la carte Arduino).

IV .2.Etude économique

Tab .IV.1.comparaison entre un distillateur solaire et distillateur électrique

Distillateur solaire	Distillateur électrique
Energie solaire (gratuit)	Energie électrique
Disponible et bon marché (2500 DA)	Non disponible et cher (40000-5000 DA)
Simple maintenance	Maintenance un peut difficile
Quantité d'eau limité 4 à 6 l/jour	Quantité assez grande 1 ,5 l /h
Qualité d'eau (pH=7, c-é : (200-230) 10^{-2} s /m ²	Qualité d'eau (pH=7, c-é : (100-120) 10^{-2} s /m ²

IV.3.Résultats de préparation

L'expérience a été faite le 16/05/2017 dans les conditions de l'expérience sont présentées dans le tableau IV.1. Des prélèvements ont été faits chaque demi-heure automatiquement par la carte Arduino. Figure IV.1

Tab.IV.2. conditions de l'expérience

Lever de soleil	5 :41
Coucher de soleil	19 :19
Température ambiante	Ta (°C) 26- 35
L'humidité	25 %
Vitesse du vent	21Km

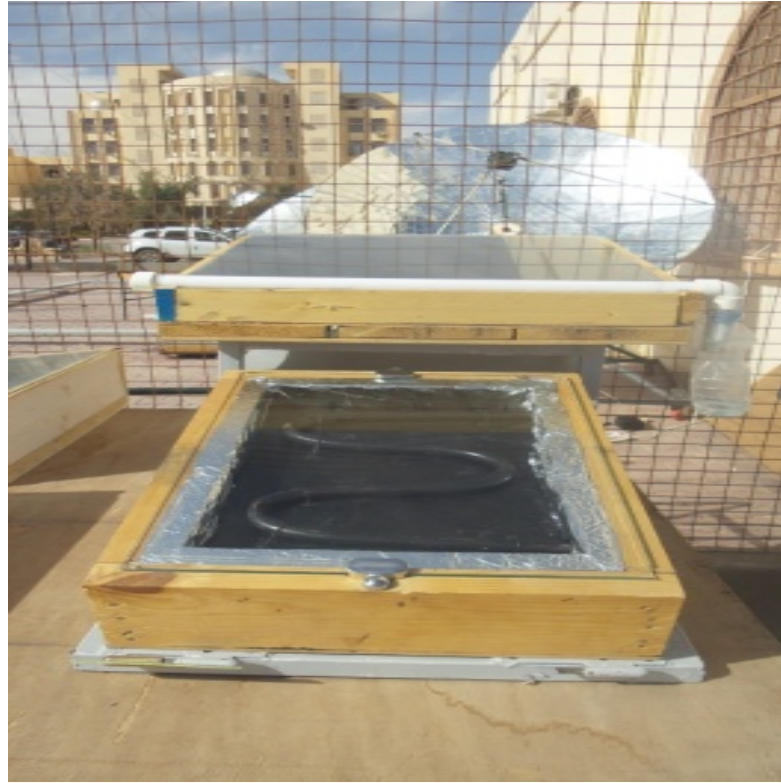


Fig. IV.1.En plein expérience

Les mesures du pH et la conductivité électrique sont faite au niveau du laboratoire VTRS de l'université d'El oued. Les résultats obtenus sont présentées dans le tableau IV.2

Tab. IV.3. Tableau de comparaison

Eau avant la distillation	Eau après distillation
pH =5 ,58	pH =6,96
Conductibilité électrique =0 ,471 s/m	Conductibilité électrique =0,0231 s/m

Une simple simulation a été faite pour voir l'écoulement de l'eau chaude dans le distillateur afin de déterminer les positions idéales des trous d'alimentation et d'évacuation. La figure IV.2 représente cette simulation.

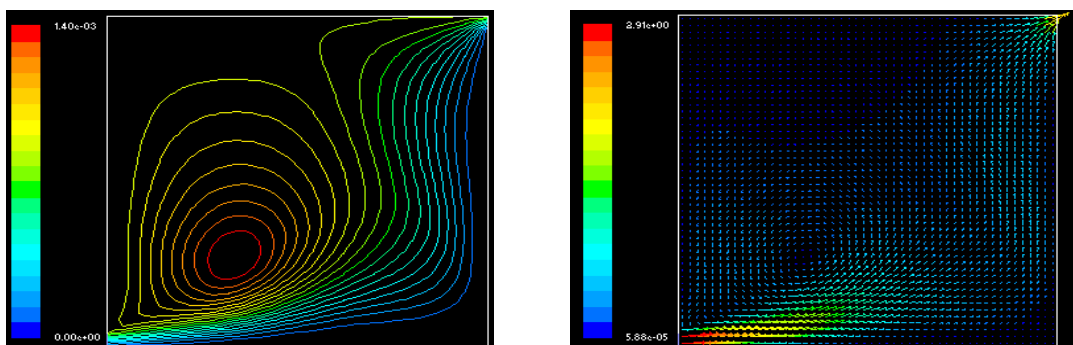


Fig. IV.2. le champ d'écoulement du fluide chaud

IV.4.Résultats graphiques

IV.4.1.Rayonnement solaire

La figure IV.3 montre l'évolution théorique du rayonnement solaire dans la région d'El oued dans le cas (ciel clair) [16] et on remarque que la croissance du rayonnement solaire arrive au maximum dans la période 12 :00 – 14 :00 et commence à diminuer après 14 :00.

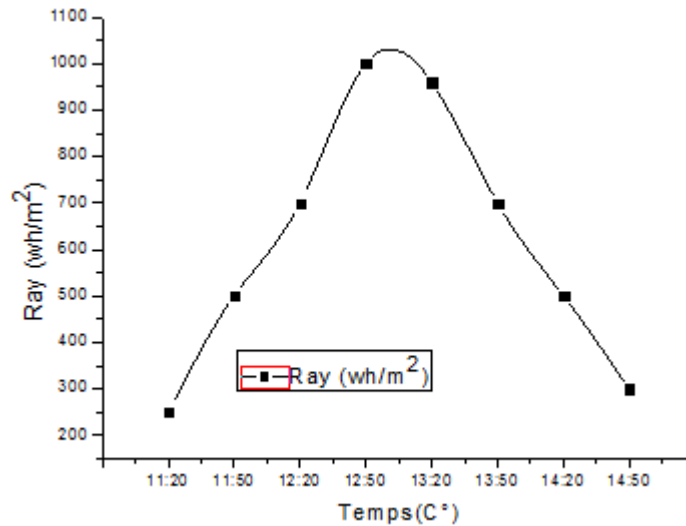


Fig. IV.3.Evolution théorique du rayonnement solaire

IV.4.2.Température ambiante

La figure IV.4 représente l'évolution de la température ambiante et on remarque que l'augmentation de la température arrive au maximum dans la période 12 :30 – 14 :30 et commence à diminuer après 15 :00.

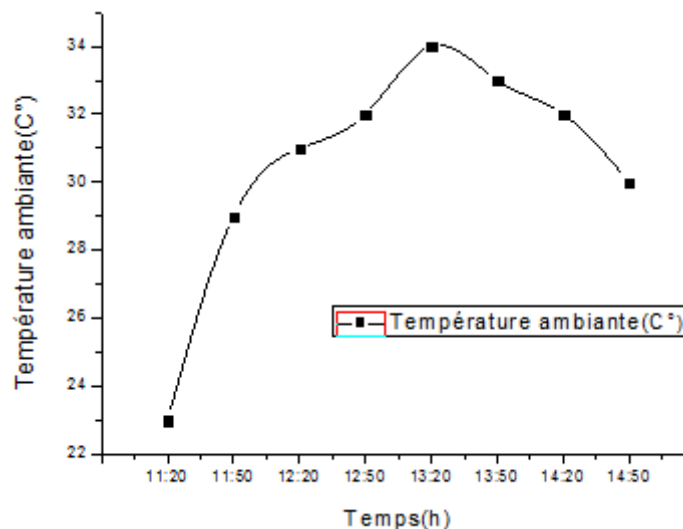


Fig. IV.4.Evolution de la température ambiante (El oued)

IV.4.3. Température de la vitre extérieure

La figure IV.5 représente l'évolution de la température de la vitre extérieure des deux distillateurs ; en rouge la température du distillateur qui a subi une amélioration (le préchauffage) et en noire la température du distillateur témoin.

D'après la même figure la température du vitrage extérieure de distillateur amélioré est plus intéressante que celle du distillateur témoin car la température intérieure du distillateur. Le transfert de chaleur par convection entre la valeur chaude et la vitre intérieure suivie par un transfert par conduction via l'épaisseur de la vitre fait que la température extérieure du vitrage est plus grande.

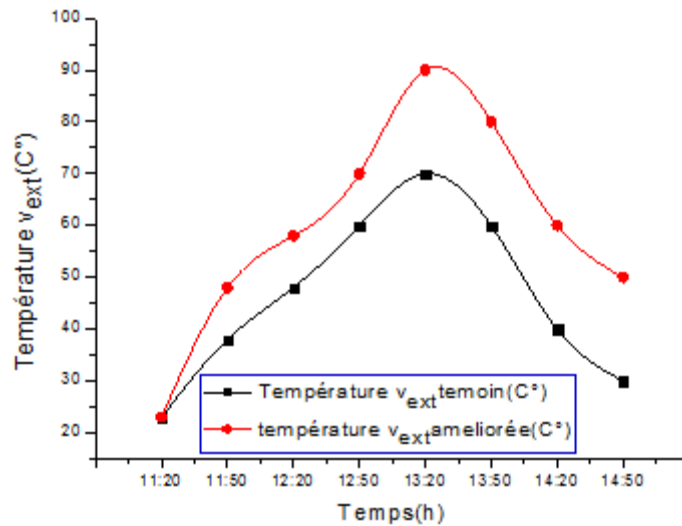


Fig. IV.5. Evolution de la température de la vitre extérieure des deux distillateurs

IV.4.4. Température de l'eau du distillateur

La figure IV.6 représente l'évolution de la température de l'eau à l'intérieur des deux distillateurs ; en rouge la température du distillateur qui a subi une amélioration (le préchauffage) et en noire la température du distillateur témoin.

Le graphique montre que la température de l'eau du distillateur amélioré est influée par l'eau chaude déversée par le capteur solaire dans le distillateur due la grande différence entre les deux températures et qui est interprétée par la figure IV.4.

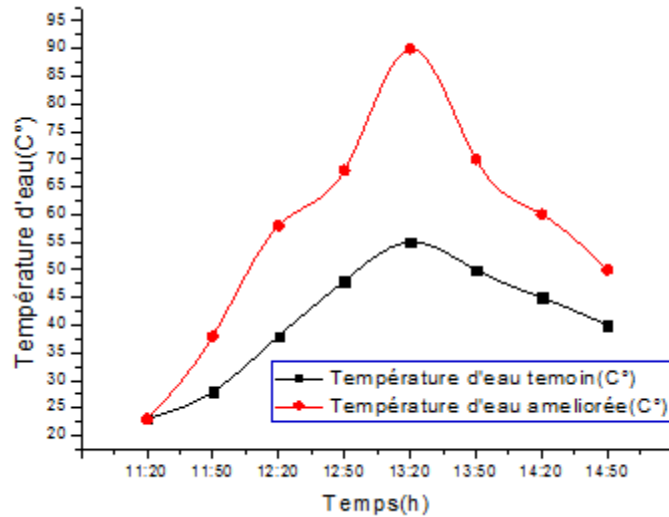


Fig. IV.6.Evolution de la température de l'eau dans des deux distillateurs

IV.4.5.Température de la vitre intérieure

La figure IV.7 représente l'évolution de la température de la vitre intérieure des deux distillateurs ; en rouge la température du distillateur qui a subi une amélioration (le préchauffage) et en noire la température du distillateur témoin.

D'après la courbe la température du vitrage intérieure de distillateur amélioré est plus grande que celle du distillateur témoin due a la température intérieure du distillateur.

Mais d'une façon générale la température du vitrage (condensateur) est presque la même.

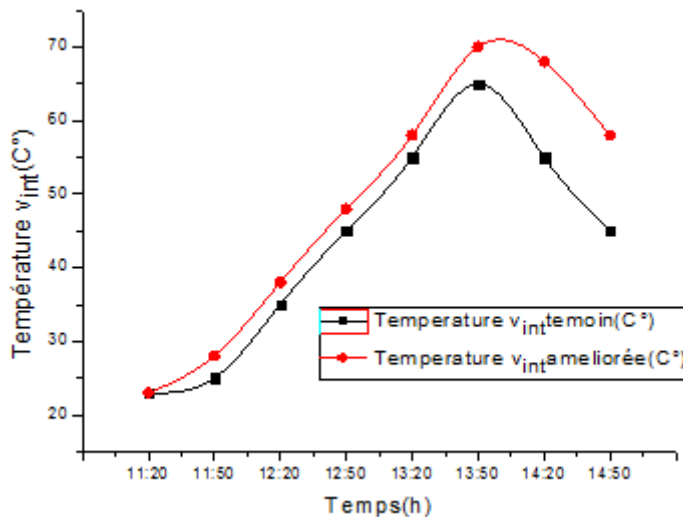


Fig. IV.7.Evolution de la température de la vitre intérieure des deux distillateurs

IV.4.6. Evolution de la productivité de l'eau distillée

La figure IV.8 représente la productivité de l'eau distillée des deux distillateurs et c'est très clair que la quantité d'eau produite par le distillateur avec préchauffage est nettement plus grande.

Les premières gouttelettes sont apparues dans le distilla amélioré et dans tous les prélèvements la quantité d'eau est largement plus grande. La quantité la plus grande a été récoltée entre 12 :00 et 15 :00 là où le rayonnement solaire est maximum.

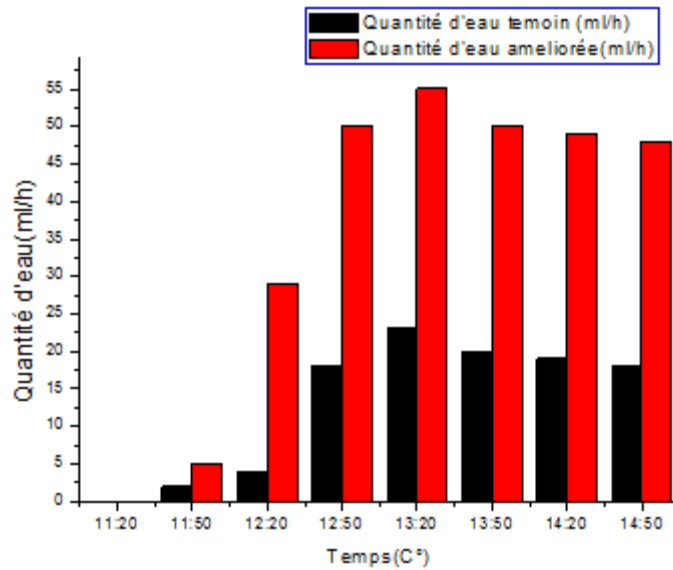


Fig. IV.8. Evolution de la productivité d'eau des deux distillateurs

IV.5. Discussion des résultats

La production de l'eau distillée est influée par plusieurs facteurs tels que la radiation solaire, le gradient de température entre la vitre intérieure et l'eau et elle est aussi influée par la température de l'eau lui-même. Les courbes au-dessous montrent cette influence.

IV.5.1. L'effet de l'écart de température 'saumure-vitre' sur la production

Nous pouvons constater à travers la **figure IV.9.a** et **figure IV.9.b** que la production augmente lorsque l'écart de température entre la nappe d'eau et la surface intérieure de la vitre augmente. Des résultats expérimentaux similaires ont été trouvés par Voropoulos, Mathioulakis, et Belessiotis [17], qui ont constaté une augmentation de la production avec $T_e - T_{vi}$.

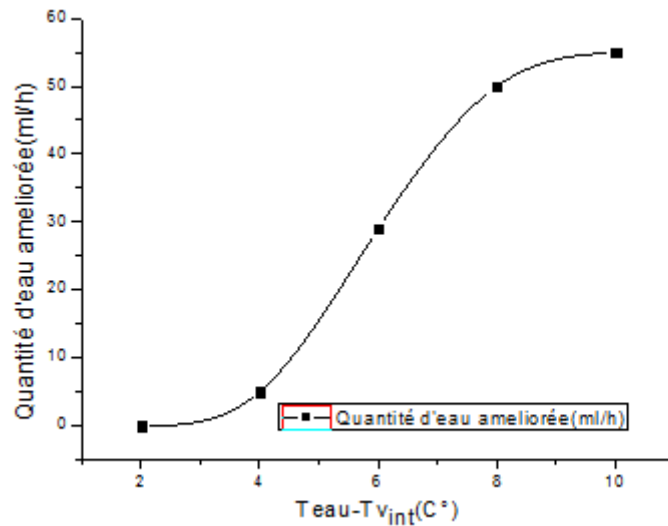


Fig. IV.9.a. La production de l'eau en fonction de la différence de température entre l'eau et la vitre intérieure

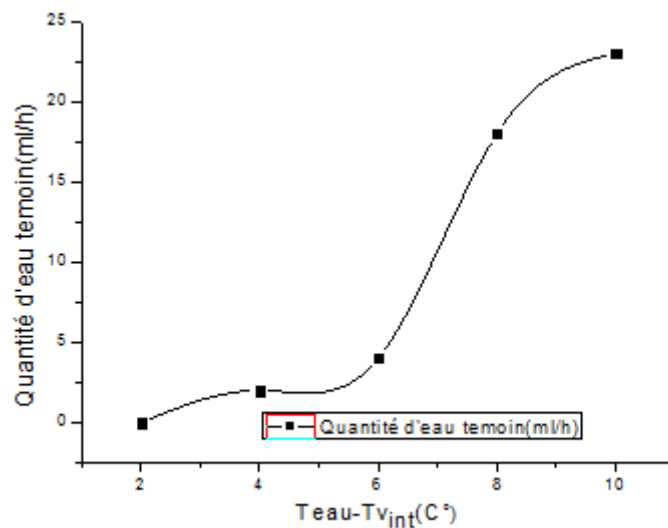


Fig. IV.9.b. La production de l'eau en fonction de la différence de température entre l'eau et la vitre intérieure

IV.5.2.L'effet de l'irradiation globale sur la production

La **figure IV.10** montre que la production augmente avec l'irradiation globale. Cependant Pour de grandes puissances. On remarque que la production augmente quand l'irradiation augmente.

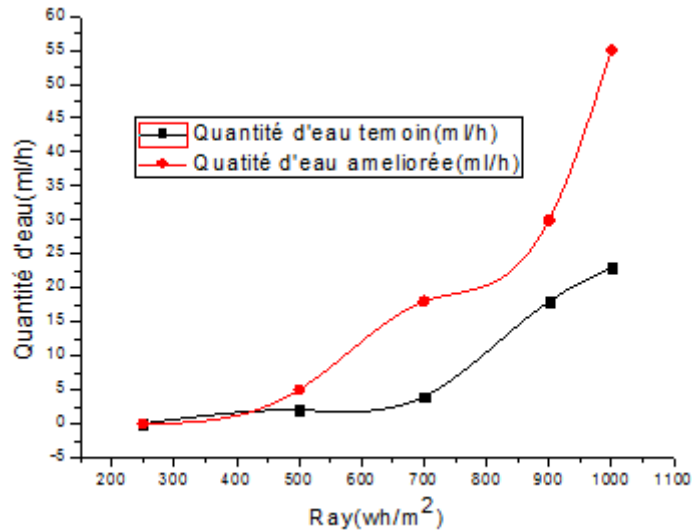


Fig. IV.10. La production d'eau en fonction des radiations solaires

IV.5.3. L'effet de la température de la saumure sur la production

La production de distillats est une fonction croissante de la température de la saumure.

Cependant, cette croissance s'atténue pour des valeurs élevées de cette dernière **Figure IV.11.a** et **Figure IV.11.b**. Ceci montrent que l'augmentation de la température de la saumure a un effet favorable sur la production.

Ces résultats sont avérés en concordance avec les résultats expérimentaux par Chaker et Menguy [18]. Qui ont trouvé que ce résultat ne signifie pas une diminution de la production du distillateur solaire avec T_e mais une augmentation de la production.

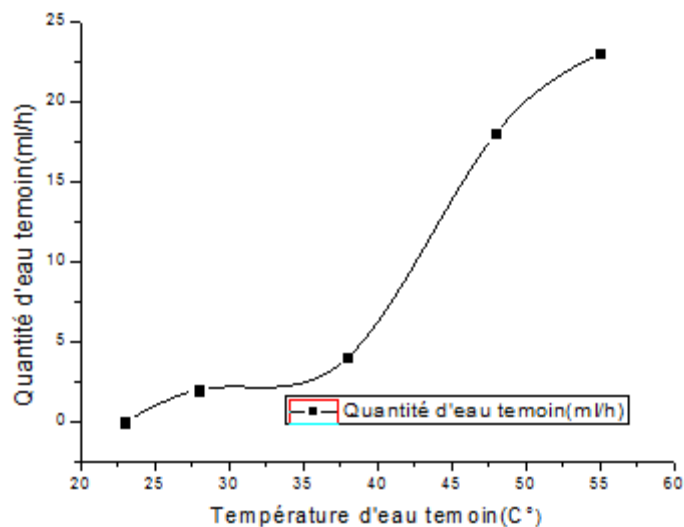


Fig. IV.11.a. La variation de la production en fonction de la température d'eau.

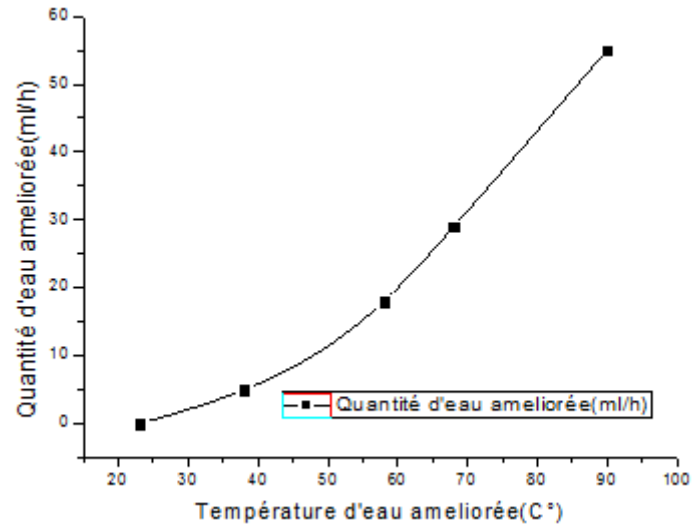


Fig. IV.11.b. La variation de la production en fonction de la température d'eau.

IV.6.Conclusion

D'après les résultats obtenus dans ce chapitre, il est très clair que voir l'influence positive du système de préchauffage sur la productivité de l'eau distillée et qui est nettement lisible dans la figure IV8. Cette amélioration qui dépasse 200 % , est due aussi au rayonnement solaire, le gradient de température entre l'eau et la vitre intérieure et finalement la température de l'eau à l'intérieur du distillateur.

Conclusion générale

Le plus grand problème de notre temps c'est l'augmentation de la demande en eau potable, en parallèle, il y a un manque de ressources naturelles, ou plutôt réduit à la disparition. Bien que les trois quarts de la terre à l'eau, c'est parmi les solutions qui peuvent avoir d'accroître de la disponibilité l'eau potable, à travers dessalement d'eau saumâtre, et la façon la plus appropriée pour cela est l'utilisation du distillateur solaire, car ils n'ont pas besoin d'une haute technologie, un faible coût, et une source d'énergie gratuite (l'énergie solaire).

L'amélioration ou plutôt accélération de la procédé de la distillation avec un système de préchauffeur dont le rôle est de chauffé de l'eau à distiller.

Après avoir étudié les deux distillateurs (avec le préchauffage et sans préchauffage). Les résultats montrent que la quantité d'eau obtenue du distillateur témoin est de 104 ml/j et du distillateur avec préchauffage est de 286 ml/j, donc il y a une amélioration entre 200-250 % causé par le préchauffage.

Mot clés : distillateur solaire, capteur solaire, évaporation, condensation, eau distillée

Reference

- [1] A. Safwat Nafey, M. Abdelkader, A. Abdelmotalib, A.A. Mabrouk; Parameters affecting solar still productivity. *Energy Conversion & Management* Vol 41 (2000). pp.1797-1809.
- [2] B. N'doye; Modélisation informatique des distillateurs solaires à effet de serre. Thèse de 3ème cycle, Perpignan. (1979).
- [3] G.N. Tiwari, A. Minocha, P.B Sharma and M.E. Khan; Simulation of convective mass transfer in a solar distillation process. *Energy. Conv. Mgnt.* Vol 38. (1997). pp 761-770.
- [4] M. BENHAMMOU, B. OMARI, M. GAHGAH, L. AMER, A. BOUBGHAL, Réalisation et Expérimentation d'un Distillateur Solaire Couple à un Condenseur, Station d'Expérimentation des Equipement Solaires en Milieu Saharien, B.P. 478, Route de Reggane-Adrar, 2003.
- [5] N. Bellel et al, Etude, réalisation et simulation numérique d'un distillateur solaire à cascade, *Revue des Energies Renouvelables SIENR'12 Ghardaïa 2012*, pp 49 – 57
- [6] M. Malik , G.N. Tiwari , A. Kumar , M.S. Sodha ; *Solar distillation*. Oxford, UK Pergamon Press; Vol.2 (1982). pp. 8–17.
- [7] Rahmani Rym Rendement d'un distillateur solaire à plusieurs étages effet de certain paramètre thermophysique sur le rendement, thèse magister université mentouri Constantine (2007).
- [8] S. Fedali, modélisation et conception d'un distillateur solaire des eaux saumâtres à bas coût pour les communautés rurales, thèse magistère 2013.
- [9] M. Boukar et al, Construction et expérimentation d'un distillateur solaire vertical indirect à simple effet, *Revue des Energies Renouvelables ICRES-07 Tlemcen* 2007, pp 75 – 81.
- [10] Tchinda.R.et Kaptoum,E. simulation numérique des performances d'un distillateur solaire fonctionnant en mode indirect .*Afreican journal of science and technology (AJST) science and engéneeringseries* vol.5, no, 1, pp.79-91,2004
- [11] Zaidi halima, étude et optimisation des paramètres thermophysique en vue l'amélioration de la performance d'un distillateur solaire, thèse magister, université mentouri, 2006
- [12] N.Ouazene, A. Benzoui, Influence de la mouillabilité du vitrage sur les propriétés thermo optiques d'un distillateur solaire, *Enersol* 2001, Adrar (Algérie).

- [13] S.D. Gomkale, S.Y. Ahmed, R.L. Data, Fresh water from sea by solar still, Paper presented at the Annual Meeting, Indian Institute of Chemical Engineers, India, December 1964.
- [14] B. Baume, Heat and mass transfer process in solar still of hot box type , Krzhizhanovskiy Power Institute, Moscow, Russia, 1963 .
- [15] S. Satcunanathan and H.P Hansen, An Investigation of some of the parameters Involved in solar distillation, Solar energy, 14(1973) 353-363.
- [16] Mokhtar Ghodbane et Boussad Boumeddane, Estimating solar radiation according to semi empirical approach of Perrin de Brichambaut: application on several areas with different climate in Algeria. International journal of energetica, Vol 1, issue 1, 2016, pp 20-29.
- [17] K. Voropulos, E. Matioulakis, V. Belessiotis, Experimental investigation of a solar still coupled with solar collectors » Presented at the European Conference on Desalination and the Environment: Water Shortage. Lemesos, Cyprus, 28–31 May 2001.
- [18] A. Chaker et G. Menguy, Efficacité Interne d'un Distillateur Solaire Sphérique, Rev. Energ. Ren. : Journées de Thermique (2001) 53-58

Résumé

Ce travail consiste à l'obtention d'une amélioration ou plutôt une accélération la distillation, pour cela on couple le distillateur solaire avec panneau solaire thermique dont le rôle est de préchauffage de l'eau à distiller, et étudier l'effet de ce lien sur la production, l'efficacité et performance.

Après avoir étudié les deux distillateurs solaires à simple pentes l'un avec le préchauffage et l'autre sans préchauffage. Les résultats montrent nettement l'influence du préchauffage sur la distillation. Le taux d'amélioration est entre 200 à 250 %.

Mot clés : efficacité, facteur de la performance, thermo physiques, distillateur solaire, panneau solaire

Abstract:

This work consists in obtaining an improvement or rather an acceleration in the distillation, for this we couple the solar distiller with solar thermal panel whose role is to preheat the water to be distilled, and study the effect of this link on the production, efficiency and performance.

After studying, the two single-slope solar distillers, one with the preheating and one without preheating. The results clearly show the influence of preheating on distillation. The rate of improvement is between 200 to 250%.

Keys words: still solar, solar collector, performance, efficacy