

# République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de KHEMIS MILIANA



Faculté des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences et la Technologie

Mémoire Présenté

Pour l'obtention de diplôme

**Master**

En

« Génie Mécanique »

Option :

« Energétiques »

Titre :

**Effet du refroidissement de la vitre par l'effet thermoélectrique  
Sur la Production d'un distillateur solaire simple :  
Approche expérimentale**

**Réalisé par :**

Boukabous Fatima

Chelfi Rania

**Encadré par :**

Dr. Kerfah Rabah

Co-encadré par

Yahia khaled mahammed

**Année Universitaire 2019/2020**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# Résumé

Parmi les différentes solutions qui ont été proposées comme solution à ce problème se trouve la distillation solaire qui est une solution intéressante et alternative la plus simple économiquement, en particulier dans le sud de l'Algérie où elle est abondante et où le soleil brille presque toute l'année. L'opération est basée sur la production de l'eau distillé en utilisant le rayonnement solaire comme Energie pour évaporer l'eau saumâtre.

Dans ce travail, Nous avons étudié l'effet du refroidissement du vitrage par effet thermoélectrique (effet Peltier) sur les performances d'un distillateur solaire. Pour cela, un prototype a été réalisé et testé sous les conditions climatique de Khemis Miliana. Les résultats obtenues ont montré que l'utilisation du refroidissement a amélioré la production journalière du distillateur. La production du distillateur refroidis est de 3,13684 Kg/m<sup>2</sup> par jour tandis que sa production sans refroidissement est 2,8 Kg/m<sup>2</sup> par jour.

## Abstract:

Among the different solutions That have been proposed as a solution to this problem is solar distillation which is an interesting and economically simplest alternative solution, especially in the south of Algeria where it is abundant and where the sun shines almost all. the year.

The operation is based on the production of water vapor from a saline solution, heated by solar radiation.

this work presents an experimental study of the effect of cooling the solar still glass using Peltier effect on solar still production. For that a prototype was released and tested under Khemis Miliana meteorological conditions. Results shows that cooling the glass cover increase the production. Solar still production is 3,13684 Kg/m<sup>2</sup>/day, 2,8 Kg/m<sup>2</sup> /day with and without using the Peltier effect.

## ملخص :

من بين الحلول المختلفة التي تم اقتراحها كحل لهذه المشكلة التقطير الشمسي الذي يعد حلاً بديلاً مثيراً للاهتمام وأبسط من الناحية الاقتصادية، خاصة في جنوب الجزائر حيث تكثر فيه الشمس وتشرق معظمها السنة تقريباً. تعتمد العملية على إنتاج بخار الماء من محلول ملحي ، يتم تسخينه بواسطة الإشعاع الشمسي. في هذا العمل ، حاولنا أن نحقق نموذجاً أولياً للتقطير الشمسي البسيط من نوع الحوض ، وإجراء دراسة تجريبية على هذا التقطير الشمسي والهدف من هذه الدراسة هو إنتاج الماء المقطر في حالتين ؛ الحالة الأولى التقطير الشمسي البسيط والنتيجة التي تم الحصول عليها هي ، الحالة الثانية تستخدم تأثير بلتيير لزيادة الإنتاج والنتيجة التي تم الحصول عليها هي 2.8 كغ / م<sup>2</sup> في 24 ساعة ، 3.13684 كغ / م<sup>2</sup> في 24 ساعة. هذا تحسين جيد.

# Remerciement

Avant tout, Nous remercions ALLAH le Tout-puissant de nous avoir donné la volonté et la patience de mener à terme ce modeste travail.

Nos remerciements à notre promoteur Dr. **Rabah kerfah**, enseignant en département de la science et la technologie pour le sujet qu'il a proposé et nous exprimons nos profonde reconnaissance par tout son aide, sa disponibilité, ses conseils et ses orientations et critiques. Tout au long de cette période.

Nous remercions en particulier Co-encadrant Yahia **khaled mahammed**, pour son Aide, sa disponibilité et ses efforts.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury qui nous font nous l'honneur d'évaluer ce modeste de travail.

Nous remercions à tous les enseignants de Génie mécanique /énergétique qui ont contribué à l'enseignement. Et tous les travailleurs du département de science et la technologie. Nous voudrions également remercier toute nos collègues de master.

Enfin, nous tenons à exprimer nos remerciements à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

# Dédicace

***Je dédie ce mémoire à :***

❖ ***À mon chère maman***

*La personne qui m'a donnée la vie, la tendresse et le courage de réussir.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour et la reconnaissance que je te porte pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction*

*Merci pour tout le soutien et l'amour que vous m'avez apporté qui m'a encouragé à aller de l'avant pour terminer mes études.*

*Je souhaite que ce modeste travail soit le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitte jamais assez.*

❖ ***À ma grand-mère***

*Qui nous a quittés ce monde il y a 3 ans, je ne t'oublierai jamais.*

❖ ***À une personne très spéciale dans ma vie, il m'a beaucoup aidé, m'a soutenu, encouragé et conseillé, et je lui souhaite plein succès dans sa vie.***

❖ ***À mon seul frère Kamal.***

*Avec tous mes vœux de voir réussir dans sa vie.*

❖ ***À toute ma famille, « La famille d'Abd Allah Elhirtsi »***

❖ ***À ma binôme : RANIA***

❖ ***À tous mes amies ...***

❖ ***À tous mes enseignants ainsi que mes camarades de la promotion 2020.***

***Fatima Boukabous***

# Dédicace

*Je dédie ce mémoire à :*

❖ ***Mes chers parents :***

*Pour tous leurs sacrifices, leur amour leurs tendresse, leur soutien et leur prière tout au  
Long de mes études*

*Ma mère, qui œuvre pour ma réussite, merci pour tout le soutien et l'amour et son assistance*

*Et présence dans ma vie.*

❖ ***Je dédie ce travail à mon cher père :***

*qui est décédé et a demandé à Dieu d'habiter dans son paradis.*

❖ *Ma chère sœur : SORAYA.*

❖ *Mon cher frère : MOHAMED.*

❖ *Mon marie :ishak .*

❖ *Mon binôme Boukabouse fatima .*

❖ *Ma chère amiée :AFIFA.*

❖ *Ma chère famille : tonton HAMID , SOUHILA ,ma tante FATIMA ZAHRA*

❖ *À tous mes amis sans exception en particulier la promotion de 2020.*

***Chelfi Rania***

# Liste des figures

Figure I-1: Taux de consommation en eau douce dans le monde [7].....	5
Figure I-2: Pourcentage du potentiel hydrique de l'Algérie [1].....	6
Figure I-3 : Pourcentage de potentiel hydrique (A: Nord; B: Sahara) [13]. ....	7
Figure I-4: Principe de construction et de fonctionnement d'un distillateur solaire simple .....	9
Figure I-5 : Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire .....	11
Figure I-6 : le principe de technique de flash à multi effets .....	11
Figure I-7 : Distillateur solaire à effet de serre .....	12
Figure I-8 : Distillateur a pente unique.....	12
Figure I-9: Distillateur a doubles pentes.....	13
Figure I-10 : Distillateur solaire terre- eau .....	13
Figure I-11: Distillateur sphérique à balayage.....	14
Figure I-12: Distillateur solaire incliné à mèche.....	14
Figure I-13 : Distillateur solaire incliné à cascades [36]. ....	15
Figure I-14: Distillateur solaire à film capillaire.....	15
Figure I-15 : Photographie du module Peltier.....	20
Figure I-16 : Schéma d'une cellule à effet Peltier.....	21
Figure II-1 : photographie du banc d'essai .....	23
Figure II-2 : Photographie de l'absorbeur du distillateur peint en noir mate .....	24
Figure II-3 : Photographie de la couverture transparente du distillateur.....	24
Figure II-4 : Photographie de l'isolation thermique.....	25
Figure II-5 : Photographie du réservoir d'eau utilisé .....	25
Figure II-6 : photographie du thermocouple.....	27
Figure II-7 : Schémas de l'emplacement des thermocouples .....	27
Figure II-8 : Photographie du Pyranomètre CMP11 .....	28
Figure II-9 : Photographie de la station Météorologique.....	28
Figure II-10 : Photographie de la balance KERN .....	29
Figure II-11 Photographie de l'emplacement des modules à effet de Peltier.....	29
Figure II-12: Photographie de l'Arduino.....	29
Figure III-1: Evolution de la température ambiante en fonction.....	30
Figure III-2: Evolution flux solaire globale incident sur le plan du distillateur .....	31
Figure III-3: Evolution des températures de la face extérieure de la vitre .....	32
Figure III-4: Evolution horaire des températures de la face intérieure de la vitre .....	32
Figure III-5 : Evolution des températures de l'air humide en distillateurs .....	33
Figure III-6 : Evolution des températures de la saumure .....	34
Figure III-7 : Evolution de la température de l'absorbeur.....	35
Figure III-8 : Evolution de la production du distillateur solaire .....	36

# Liste des tableaux

Tableau I-1 : Consommation mondiale d'eau [3].	3
Tableau I-2: Les réserves de l'eau dans la planète	4
Tableau I-3 : Disponibilité en eau potable dans l'espace euro-méditerranéen [8].	5
Tableau II-1 : Les dimensions des composantes du distillateur solaire	26



# Table des matières

Résumé	
Remerciement	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	1
Chapitre I. Etude Bibliographique.....	1
I.1. L'eau au monde :.....	3
I.2. L'eau en Algérie.....	6
I.3. La Distillation solaire .....	8
I.3.1. Introduction.....	8
I.3.2. Définition :.....	8
I.3.3. Origine et historique de la distillation solaire .....	9
I.3.4. Principe du distillateur solaire .....	10
I.3.5. Les différents types de distillateurs solaires .....	11
I.3.6. Avantages et Désavantages du la distillation solaire .....	15
I.3.7. Les inconvénients .....	16
I.4. Distillateur solaire type bassin .....	16
I.5. Paramètres influant sur de la productivité d'un distillateur solaire.....	17
I.6. Synthèse bibliographique sur les différents travaux sur le refroidissement de la vitre	17
I.7. Effet thermoélectrique (effet Peltier).....	19
I.7.1. Définition et propriétés.....	19
I.7.2. Principe de fonctionnement des modules thermoélectriques :.....	20
I.7.3. Applications de l'effet Peltier : modules ou cellules de Peltier .....	21
I.7.4. Utilisation de l'effet Peltier dans les distillateurs solaires.....	21
Chapitre II. Etude Expérimentale.....	22
II.1. Introduction :.....	23
II.2. Représentation du lieu d'expérimentation (khemis miliana) :.....	23
II.3. Description du banc d'essais :.....	23
II.4. Distillateur solaire :.....	23
II.4.1. Absorbeur : .....	23

II.4.2. Couverture verrière (verre) :.....	24
II.4.3. L'isolation thermique : .....	25
II.4.4. Le réservoir : .....	25
II.4.5. La tuyauterie : .....	26
II.5. Les paramètres mesurés durant l'expérimentation.....	27
II.5.1. Température : .....	27
II.5.2. Rayonnement solaire : .....	28
II.5.3. Vitesse du vent.....	28
II.5.4. Eau distillée.....	28
II.6. Plaque Peltier : .....	29
Chapitre III. Résultats et Interprétations.....	29
III.1. Introduction : .....	30
III.2. Performances des distillateurs simples et distillateur avec effet Peltier par refroidissement de la vitre :.....	30
III.2.1. Evolution de la température ambiante et du rayonnement solaire en fonction du temps : 30	
III.2.2. Evolution des températures des vitres extérieures et intérieures :.....	32
III.2.3. Evolution des températures de l'air humide en fonction de temps :.....	33
III.2.4. Evolution des températures de la saumure en fonction de temps :.....	34
III.2.5. Evolution des températures de la l'absorbeur en fonction de temps : .....	35
III.2.6. Evolution de la production en fonction de temps :.....	36
III.3. Conclusion :.....	36
Conclusion Générale .....	38
Références bibliographiques.....	39

# Introduction générale

L'eau a toujours été synonyme de vie, et une source de prospérité, contribue au développement des activités humaines, elle a plusieurs caractéristiques qui la distingue des autres : elle est indispensable à la vie ; dont (elle compose 65 % du corps humain, et recouvre 70 % de la surface de la Terre), Cependant 98% de celle-ci a une concentration en sel trop élevée pour être potable ou même pour être utilisée dans l'irrigation ou dans l'industrie.

Par ailleurs, les ressources en eau douce sont très faibles.

Les statistiques prévoient que dans la prochaine décennie, un tiers de la population mondiale n'aura pas accès à l'eau, ce qui risque d'engendrer des guerres.

Dans le monde actuelle, l'eau participe quasiment à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément très important pour la vie des habitants dans plusieurs régions du Monde.

Les besoins en eau augmentent et la disponibilité de cette dernière est réduite, ce qui entraîne un problème majeur car la disponibilité durable dans le temps n'est pas assurée dans la plupart des pays en développement dont l'Algérie, elle est confrontée à ce véritable problème au manque d'infrastructures de mobilisation de l'eau et de traitement des eaux usées.

Durant ces trente dernières années, l'Algérie a souffert d'un manque d'eau sans précédent et caractérisés par un déficit pluviométrique évalué à 30%, conjugués à une forte croissance de la population dans les grands centres urbains, ont fortement contribué à aggraver

Le déséquilibre entre une demande en eau croissante pour ça L'Algérie est l'un des pays qui s'intéresse à la recherche de ces nouvelles ressources et ces nouveaux procédés de fournir de l'eau fraîche, pour combler à ce déficit, on a misé sur le dessalement

Le dessalement de ces eaux ou des eaux de mer par des unités classiques de traitement nécessite beaucoup d'énergie électrique et/ou calorifique. Il s'avère que les régions où l'eau potable est un bien rare et l'énergie électrique nécessaire à la production de l'eau douce à

Partir d'eau saumâtre et/ou d'eau salée souvent inexistante, soit les zones les plus ensoleillées du globe. Aussi l'homme de ces régions déshéritées pourra pallier aux contraintes de ravitaillement et fourniture énergétiques en s'intéressant à l'utilisation de l'énergie solaire pour le dessalement. Plusieurs types de distillateurs solaires ont été construits et essayés à travers

## Introduction générale

---

Le monde et cette technologie de dessalement de l'eau solaire a été appliquée en Algérie et a donné des résultats positifs, en particulier dans les régions arides, par exemple dans le désert, étant donné que le pays est caractérisé par une forte intensité de rayonnement solaire durant la plupart des périodes de l'année.

L'objectif de ce travail est d'effectuer une approche et expérimentale du l'effet du refroidissement de la vitre par effet thermoélectrique d'un distillateur simple de type bassin sur la production du distillat. Outre l'introduction et la conclusion générale, notre travail s'articule autour de Trois chapitres dont :

- **Le premier**, aborde une étude bibliographique, regroupant des généralités sur les quantités d'eau en Algérie et dans le monde,

Ainsi que, une étude théorique du distillateur solaire, avec les différents travaux sur le refroidissement de la vitre et nous avons terminée ce chapitre par généralités sur l'effet Peltier et son relation avec un distillateur solaire.

- **le second chapitre** est consacré à la présentation des différents constituants du banc d'essai ainsi que le déroulement de l'expérimentation.

- **Le troisième chapitre** est dédié à la présentation des résultats obtenus et leurs interprétations.

# **Chapitre I. Etude Bibliographique**

## I.1. L'eau au monde :

L'eau est un élément essentiel de la vie [1]. Il est une ressource indispensable à l'Homme et à tous les êtres vivants. C'est le constituant le plus abondant dans l'organisme humain

(62 %d'eau). Sans elle il n'y aurait aucune vie possible sur terre. L'eau est également indispensable aux activités humaines à savoir la consommation domestique, l'agriculture et l'industrie. Or, les besoins en eau dans ces domaines ne cessent d'augmenter.

La terre à ce jour est la seule planète du système solaire, qui abrite de la vie, Les ressources en eau paraissent surabondantes, sur notre planète surnommée « planète bleue ». La consommation journalière de l'eau évolue différemment d'un continent à l'autre et entre les pays. Le niveau de consommation d'eau potable d'un pays, comme celui de l'énergie, est devenu un indicateur de son niveau de développement économique, comme le montre le tableau (I.1) [2]

Le Tableau I-1 regroupe quelques chiffres sur la consommation annuelle et journalière par habitant dans différentes régions du monde.

**Tableau I-1 : Consommation mondiale d'eau [3].**

<b>Zone</b>	<b>Consummation (m<sup>3</sup>/hab.an)</b>	<b>Consummation (L/hab.j)</b>
USA, Japon	210	578
Europe	122	334
Asie	31	87
Afrique	17	47
Moyenne mondiale	50	137

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 [4].

Tableau I-2: Les réserves de l'eau dans la planète

Reservoirs	Volume( $10^{15}m^3$ )	%Total	Temps de residence
Océans	1350	97	2500ans
Glaciers (calotte glaciers)	33	2.4	1000 à10000
Eaux souterraines	8	0.6	1500 ans
Lacs	0.1	0.01	17 ans
Eau dans le sol	0.07	0.01	1 an
Eau dans l'atmosphère	0.013	0.001	8 jours
Rivières	0.017	0.0001	16jours
Eau dans la matière vivante	0.0011	0.0001	Quelques heures
<b>Total</b>	<b>1391</b>	<b>100%</b>	

La quantité d'eau douce dont nous disposons au niveau global devrait être largement suffisante pour répondre à nos besoins quotidiens (Tableau I-2). Malheureusement, la répartition des ressources en eau est inégale. Tandis que certaines régions au monde connaissent de forte sécheresse et deviennent arides, d'autres régions sont inondées. À l'heure actuelle, près de 1.2 milliard de personne n'ont pas accès à l'eau et 2.6 milliards ne bénéficient pas de systèmes d'assainissement de base [5]. La demande mondiale en eau potable est accélérée par plusieurs facteurs tels que le développement industriel agricole, la croissance démographique et aussi l'amélioration du niveau de vie des populations. Avec une population mondiale qui dépasse les 7milliards d'individus, l'augmentation des besoins en eau devrait augmenter de 70% d'ici à 2050.

La Figure I-1 montre que le secteur de l'agriculture est le plus grand consommateur d'eau. Environ 70% de la consommation totale d'eau douce sont destinés à l'irrigation. Le secteur industriel lui absorbe d'environ 20% du volume disponible. Alors que les 10% restants sont adressés à l'usage domestique [6].

Pour les pays du Maghreb, du Golfe ou de l'Asie Centrale, l'accès à l'eau est un problème majeur, non résolu jusqu'à l'heure actuelle. Ces régions vulnérables, souvent situées dans les pays en voie de développement, sont d'autant plus exposées que la croissance rapide de la population crée, sur les ressources en eau, une pression supplémentaire.

Dans les pays industrialisés, chaque personne consomme en moyenne de 100 à 150 litres/jour. Dans les pays en voie de développement, chaque personne utilise en moyenne 70 litres/jour.

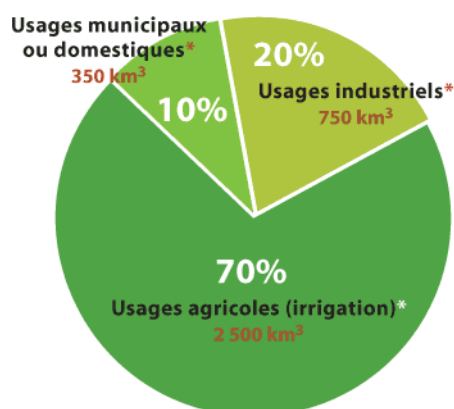


Figure I-1: Taux de consommation en eau douce dans le monde [7].

Le problème de l'eau à l'échelle mondiale est donc largement lié à la pauvreté et au développement. La croissance démographique, l'urbanisation, l'expansion de l'agriculture irriguée et l'industrialisation en perspective dans l'espace Euro-méditerranéen se traduiront inévitablement par un accroissement des besoins en eau qui accentueront la pression sur les ressources disponibles.

En 2025, la demande totale en eau potable dans l'espace euro-méditerranéen serait en très légère régression par rapport aux années 1990. Elle croîtrait de 55% (Tableau I-3).

Tableau I-3 : Disponibilité en eau potable dans l'espace euro-méditerranéen [8].

Pays		Disponibilité en eau (m³/hab/an)	
		1990	2025
Sud	Algérie	705	430
	Maroc	1117	590
	Tunisie	540	324
	Libye	1017	359
	Egypte	1123	630
Nord	Turquie	3626	2186
	Espagne	2849	2733
	France	3262	3044
	Italie	3243	3325
	Grèce	5826	5840



## I.2. L'eau en Algérie

L'Algérie est un pays africain semi-aride où les ressources en eau sont faibles, irrégulières, et localisées dans la bande côtière. Avec une superficie de 2 381 741 km<sup>2</sup> dont près de 80% du territoire représente une zone désertique où les précipitations sont quasi-nulles et les ressources en eau superficielles sont très faibles et limitées essentiellement à la partie du flanc septentrional de l'Atlas [9]. Les ressources en eau en Algérie se répartissent en trois types : ressources superficielles ; ressources en eaux souterraines ; ressources en eaux non conventionnelles [10] , dont 12.5 milliards de m<sup>3</sup> dans les régions Nord (10 milliards de m<sup>3</sup> d'écoulements superficiels et 2.5 milliards de m<sup>3</sup> de ressources souterraines renouvelables), 5.5 Milliards de m<sup>3</sup> dans les régions sahariennes (0.5 milliards m<sup>3</sup> d'écoulements superficiels, 5.0 milliards de m<sup>3</sup> ressources souterraines fossiles) [11] (Figure I-2).

Les ressources hydriques algériennes sont renouvelables, 60% pour les eaux de surface et 15% pour les eaux souterraines ( Figure I-3) [9,12,13].

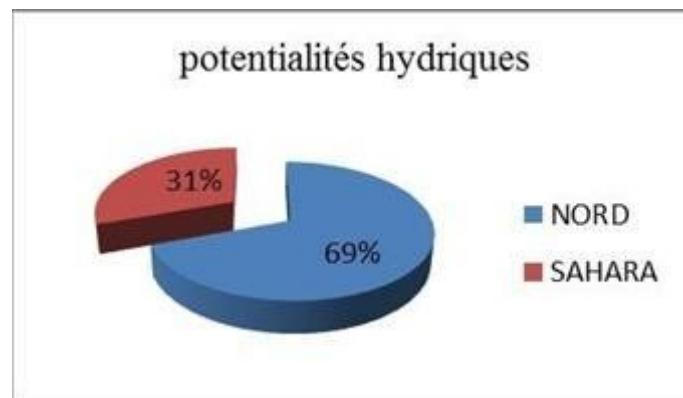
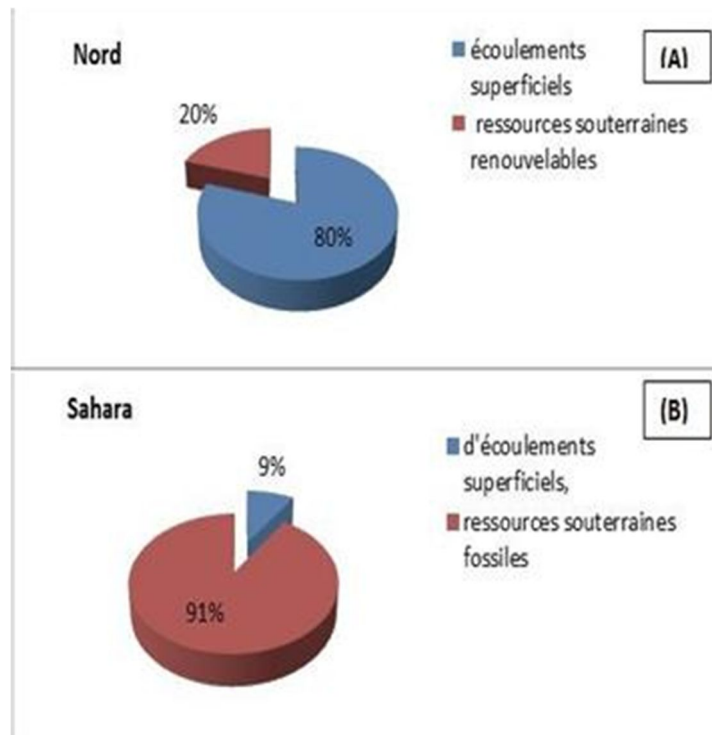


Figure I-2: Pourcentage du potentiel hydrique de l'Algérie [1].



**Figure I-3 : Pourcentage de potentiel hydrique (A: Nord; B: Sahara) [13].**

L'Algérie appartient aux pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, où les ressources en eau potable sont extrêmement limitées où la majorité des eaux sont des eaux saumâtres et souterraines profondes difficile à exploitées. Selon l'NUPE (Nations Unies Pour l'Environnement), elle est en dessous du seuil de rareté fixé à 1000 m<sup>3</sup> par habitant [14].

Parce que l'Algérie est un pays marqué par le "stress hydrique" parmi 17 pays africains, l'Algérie est classée parmi les pays qui ont les ressources en eau les plus limitées au monde avec « Bahreïn, Koweït, Jordanie, Libye, Oman, Palestine, Qatar, Arabie saoudite, Tunisie, Émirats arabes unis et Yémen » [15]

Avec la male gestion des ressources actuelles, L'Algérie risque d'affronter le stress hydraulique d'ici 2040, La loi algérienne sur l'eau, promulguée en 2005, définit l'eau comme appartenant à la communauté nationale.

L'Algérie occupe actuellement le 14<sup>ème</sup> rang mondial parmi les pays qui souffrent du manque d'eau, et s'il n'y'aura pas de démarches efficaces, elle sautera à la 6<sup>ème</sup> place d'ici l'an 2025. L'Algérie reçoit 65 milliards de mètres cubes de pluie par an dont [16] :

- 15 milliards se dirigent vers les rivières.
- 3 milliards alimentent les eaux souterraines.

- 47 milliards s'évaporent dans l'atmosphère

Par conséquent, on doit faire des efforts considérables en vue de réduire les pertes en changeant les canalisations qui datent depuis 1960. Augmenter la production d'eau dessalée en réalisant des unités de dessalement tout en veillant à réduire les coûts de traitement des eaux saumâtres ou usées en confiant la gestion de ces unités à des professionnels et non pas aux collectivités locales comme auparavant [17].

L'Algérie a accumulée beaucoup de retard dans les dernières décennies pour ajuster l'offre à la demande en eau. En effet, le besoin annuel en eau par habitant qui était de 1500 m<sup>3</sup> en 1962 n'était plus que de 720 m<sup>3</sup> en 1990, de 630 m<sup>3</sup> en 1998 et de 500 m<sup>3</sup> aujourd'hui, traduisant ainsi le décalage par rapport à la croissance démographique [18]. Donc le recours au dessalement de l'eau de mer est devenu une solution stratégiquement, cette option est devenue une ressource essentielle.

### **I.3. La Distillation solaire**

#### **I.3.1. Introduction**

Depuis quelques années déjà, un déficit très important en eau est observé, du fait du fort accroissement démographique [19], l'amélioration du niveau de vie des populations et des nécessités de développement, Cela a conduit à un manque d'eau potable dans plusieurs zones.

Le recours à des sources d'eau non conventionnelles est devenu plus que nécessaire, comme le recyclage des eaux usées, le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, pour que cette carence puisse être compensée.

La distillation (ou dessalement) par énergie solaire des eaux salées ou usées est utilisée pour produire et approvisionner en eau potable de petites communautés dans des régions isolées et ensoleillées où l'eau douce est insuffisante et/ou de mauvaise qualité.

Plusieurs types de distillateurs solaires ont été réalisés, les plus répandus sont ceux du type à effet de serre ; ils présentent l'avantage d'être simples, faciles à réaliser, de conception rustique, et peu coûteux. Mais ils présentent le gros inconvénient d'une production très faible d'eau potable (de l'ordre de 2,5 à 3 litres par m<sup>2</sup> par jour).

#### **I.3.2. Définition :**

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 [20]. Le dessalement des eaux

saumâtres ou des eaux de mer par distillation solaire est une opération très utilisée dans les régions arides. L'eau salée dans le bac va se chauffer (d'autant plus vite que le bassin est noir), et avec l'augmentation de température :

- L'eau salée s'évapore.
- Cette vapeur se transporte par convection naturelle vers le toit du distillateur (verre).

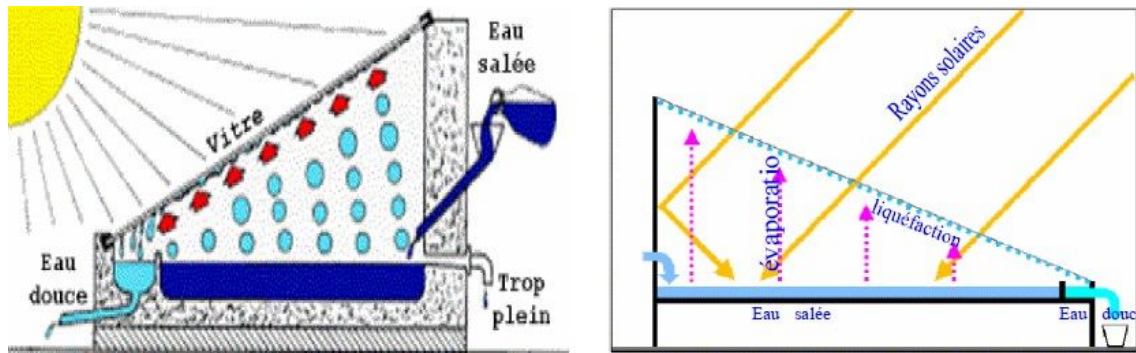


Figure I-4: Principe de construction et de fonctionnement d'un distillateur solaire simple

- Elle se condense sur le verre et s'écoule suivant un film mince. Il faut régulièrement nettoyer le bassin pour éliminer le sel, voir la figure ci-dessus (Figure I-4).

### I.3.3. Origine et historique de la distillation solaire

La distillation solaire a été utilisée depuis plusieurs siècles où :

- En 1551, les premiers appareils pour distiller l'eau salée ont été conçus par les alchimistes arabes ; c'est une certitude rapportée par Mouchot [21].
- En 1862, le chimiste français Lavoisier a utilisé de larges lentilles en verre pour concentrer les rayons solaires afin de distiller l'eau contenue dans des flacons [22].
- La distillation solaire a été utilisée depuis 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 5000 m<sup>2</sup>, Produisant jusqu'à 20m<sup>3</sup>d'eau douce par jour à partir d'une eau saline contenant 140gr/l [19].Ce système fonctionna jusqu'en1910 à cause d'un problème d'accumulation rapide des sels dans le bassin, nécessitant un nettoyage régulier du distillateur [23].
- En1920, Kaush utilisé des réflecteurs en métal pour concentrer les Rayons solaires [23] ; il en résulte l'apparition de nouveaux appareils (types toit, couverture en V, plateau incliné...etc.
- Une installation due à Ginistous groupant 30 appareils de 1m<sup>2</sup> fut réalisée et exploitée à Bengar dane en Tunisie en 1929.Au début des années 30, Trivinof avait proposé un

distillateur Incliné [24], et en 1938 Abbot a utilisé des réflecteurs cylindriques paraboliques pour concentrer les rayons solaires acheminés dans des tubes contenant de l'eau.

- Maria Telks inventa en 1945 un nouveau type de distillateur solaire appelé distillateur sphérique, qui fut utilisé par la marine américaine ; un grand nombre de ce modèle, environ 2000 a été utilisé pendant la 2<sup>ème</sup> guerre mondiale.
- En 1953 Cyril Goméla a développé en Algérie une dizaine de types de distillateurs solaires qui ont été ensuite testés et commercialisés à travers l'Afrique du nord, le Sénégal et l'Australie.
- Afin d'augmenter le rendement, Sa vornin et Le Jeune ont aussi étudiés d'autres types de distillateurs solaires inclinés [25].
- En 1960 trois grandes stations de distillateurs solaires ont été construites en Tunisie.
- En 1962 le groupe d'énergie solaire de l'Agence Tunisienne de l'Energie Atomique, a étudié activement la distillation solaire.
- Entre 1963 et 1967 le CSIRO d'Australie (Common Wealth Scientific and Industrial Research Organization) a construit et testé plus de 8 distillateurs dans le but d'améliorer l'efficacité par l'étude de l'effet de certains paramètres [26].
- En 1969 Cooper a proposé une simulation pour étudier les performances d'un distillateur solaire à effet de serre [27].

Depuis les années 70, plusieurs autres types de distillateurs ont été élaborés et étudiés, Parmi lesquels :

- Le distillateur à effet multiple ;
- Le plateau incliné ou le distillateur solaire incliné ;
- Le distillateur solaire type mèche inclinée ou type multiple mèches ;
- Combinaison du distillateur solaire serre.

#### **I.3.4. Principe du distillateur solaire**

Les distillateurs solaires utilisent tous le même principe de fonctionnement ; néanmoins, ils peuvent différer les uns des autres en conception et en matériau.

Le fonctionnement d'un distillateur solaire repose sur l'effet de serre La distillation solaire est une technique qui utilise le rayonnement solaire pour chauffer de l'eau saumâtre dans un bac couvert par une vitre inclinée.

Ce procédé élimine également les impuretés telles que le sel, les métaux lourds et les microorganismes, et L'eau à dessaler est conduite dans la serre, l'épaisseur de l'eau étant de quelques centimètres.

Le rayonnement « UV » solaire traverse le toit de verre et est absorbé en grande partie par l'eau et le fond du bac, pour être converti en énergie thermique. L'intérieur de la serre s'échauffe et émet un rayonnement « IR ». Le verre étant opaque aux rayons « IR », ce rayonnement ne peut pas sortir et son énergie fait élever la température de l'air intérieur de la serre, surchauffé et saturé en vapeur d'eau qui finit par se condenser au contact de la paroi en verre. Le condensat (eau douce) descend par gravité le long de la paroi pour être recueilli en bas du vitrage. Il faut régulièrement nettoyer le bassin pour éliminer les sels [28]. (Figure I.5)

**I.3.5. Les différents types de distillateurs solaires**

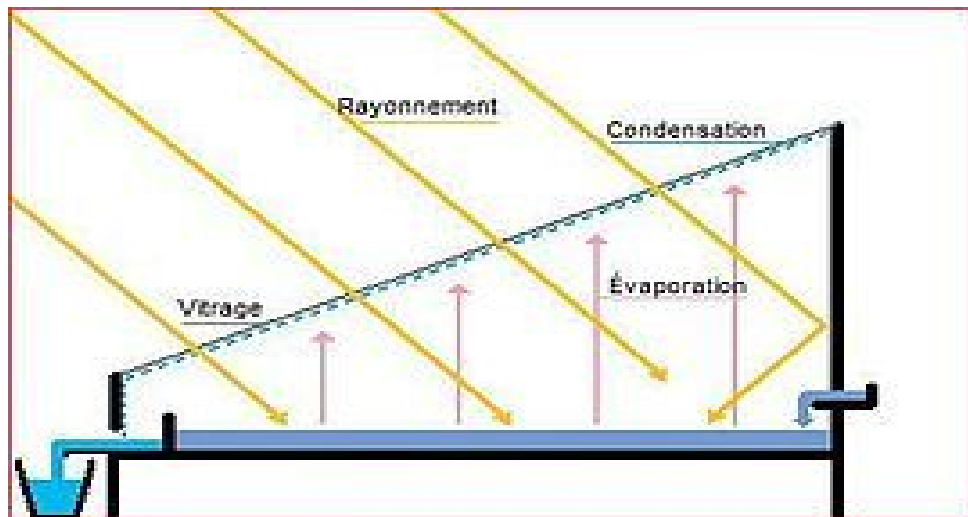


Figure I-5 : Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire

Il existe de nombreux types de distillateurs solaires et ces derniers possèdent le même principe de fonctionnement, mais ils peuvent être différents en termes de performance, de conception et de matériaux utilisés et ce sont les types les plus importants de distillateurs solaires (Figure I-5).

**I.3.5.1. Distillateur solaire à multiples effets :**

Le principe de ce procédé est basé sur l'évaporation, Une partie de l'eau de mer préchauffée est utilisée sous basse pression, à une température comprise entre 70 et 80 ° C. L'évaporation

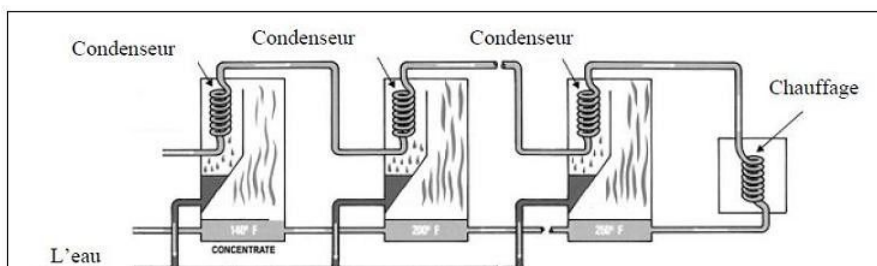


Figure I-6 : le principe de technique de flash à multi effets

de l'eau a lieu sur une surface d'échange. La vapeur ainsi produite dans le premier effet est condensée pour produire de l'eau douce dans le deuxième effet, Et en présence d'une pression inférieure, ainsi la chaleur de condensation qu'elle cède permet d'évaporer une partie de l'eau de mer contenue dans le deuxième effet et ainsi de suite [29]. La multiplication du nombre d'effets est un paramètre de réduction de la consommation. (Figure I-6)

***1.3.5.2. Distillateur solaire à effet de serre :***

C'est le distillateur le plus utilisé dans le monde, et est une technique qui utilise le rayonnement solaire pour chauffer de l'eau saumâtre dans un bac couvert par une vitre inclinée. L'eau salée dans le bac va se chauffer, Avec l'augmentation de la température une partie de l'eau qui a reçue suffisamment d'énergie (exactement la chaleur latente de vaporisation) s'évapore et cette dernière se liquéfie sur la surface interne de la vitre [29]. Eventuellement des gouttes d'eau vont se former, couler sur la surface de la vitre et qui finissent par tomber dans le récupérateur situé au coin (Figure I-7).

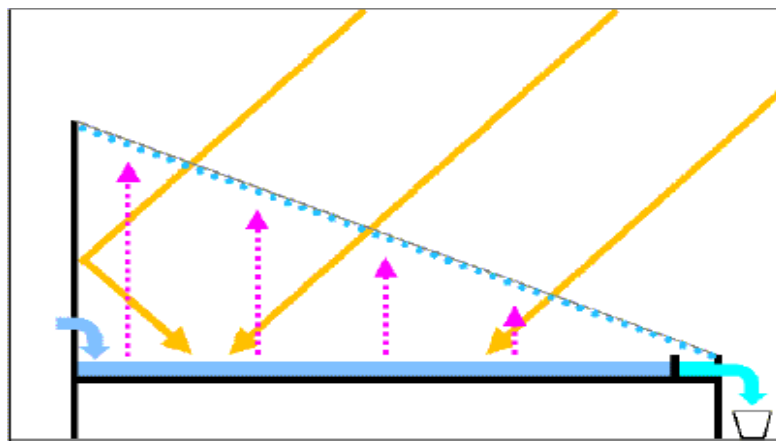


Figure I-7 : Distillateur solaire à effet de serre

Il existe plusieurs modèles de ce type de distillateur :

***a). Distillateur a pente unique***

Le distillateur à pente unique est un distillateur de forme bassin avec une vitre inclinée par rapport à l'horizontale afin de recevoir le maximum de l'énergie solaire incidente (Figure I-8) [30].

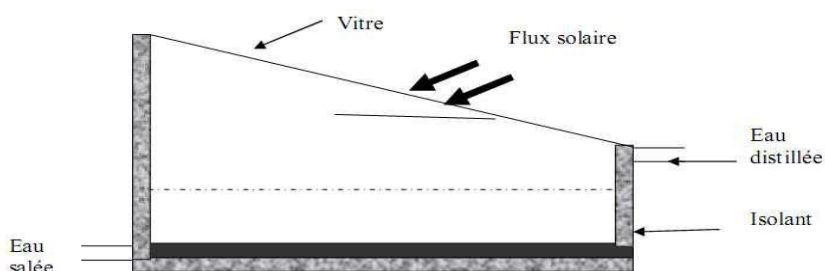
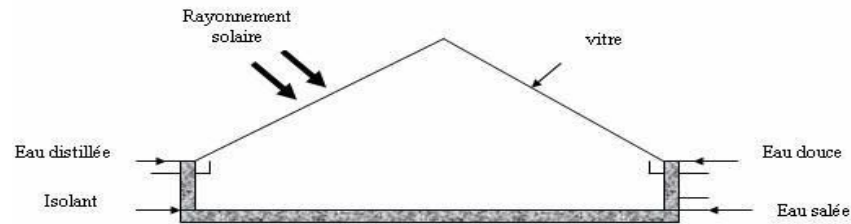


Figure I-8 : Distillateur a pente unique

**b). Distillateur solaire à double pente :**

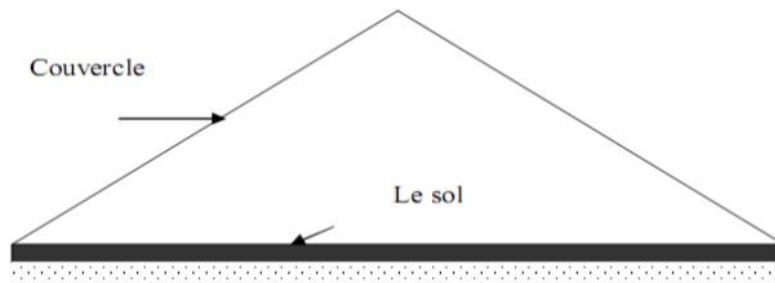


**Figure I-9: Distillateur a doubles pentes**

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 (Figure I-9) [30].

**c). Distillateur solaire terre- eau :**

C'est un distillateur contenu dans le sol. Il est similaire au distillateur à doubles pentes, sauf que le sol remplace le bassin noir (Figure I-10) [31].



**Figure I-10 : Distillateur solaire terre- eau**

**d). Distillateur solaire sphérique à balayage**

Ce distillateur est constitué d'une sphère en plexiglas ou autre matériau plastique transparent reposant sur des supports (Figure I-11). L'avantage de ce système de balayage est de maintenir la surface de condensation, constamment transparente au rayonnement, et d'assurer un drainage rapide des gouttelettes [32]. 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 [33].



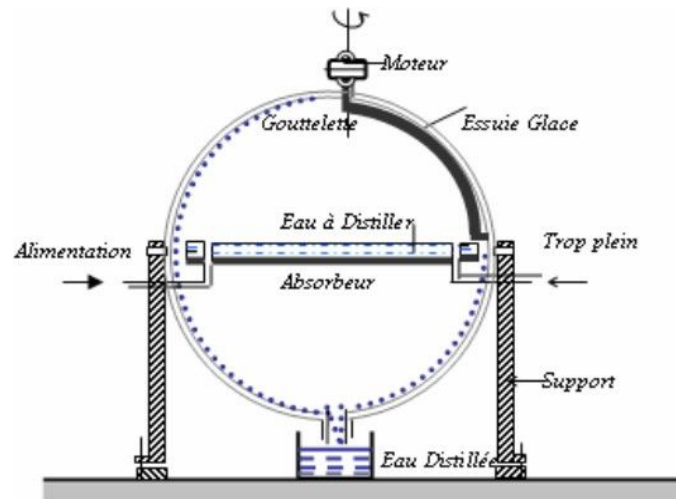


Figure I-11: Distillateur sphérique à balayage

e). *Distillateur solaire incliné à mèche*

Il est constitué d'une plaque absorbante recouverte d'une matière poreuse noire, fermée par une vitre transparente (parallèle à l'absorbeur) et d'un isolant thermique sous l'absorbeur pour minimiser les pertes de chaleur, et Les distillateurs simples à mèche sont plus efficaces que les distillateurs à bassin et quelques conceptions sont prétendues pour coûter moins qu'un distillateur à bassin du même rendement (Figure I-12) [34].

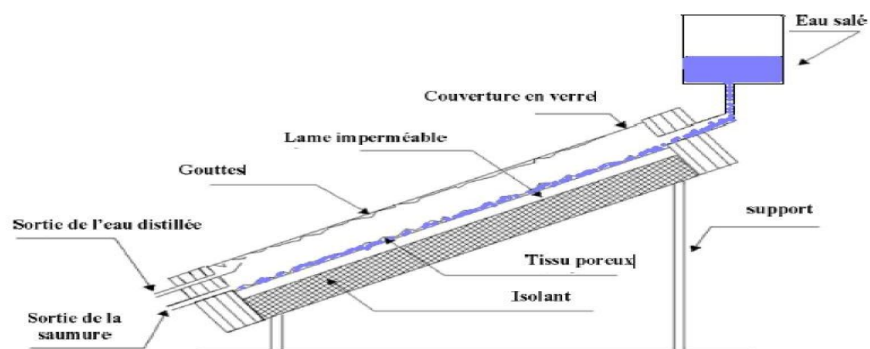


Figure I-12: Distillateur solaire incliné à mèche

f). *Le distillateur solaire à cascades*

Ce type de distillateur (Figure I-13) utilise le même principe que celui à effet de serre, sauf que dans ce cas, la solution est répartie en couches fines sur plusieurs cascades. Et Cet appareil présente deux avantages : la lame d'eau est très faible et l'orientation par rapport au rayonnement incident se rapproche davantage de l'optimum, ces appareils fonctionnent bien mais leur construction et leur entretien sont coûteux [35].

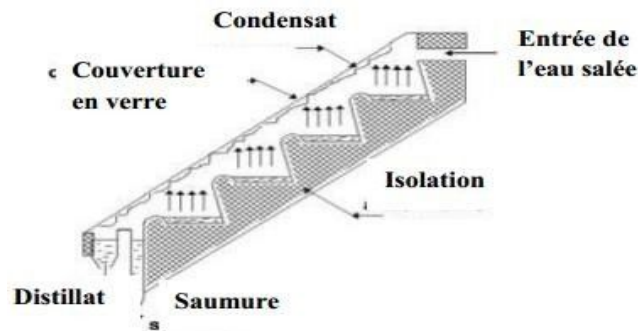


Figure I-13 : Distillateur solaire incliné à cascades [36].

**g). Distillateur solaire à film capillaire**

L'appareil est formé d'une vitre et de deux plaques métalliques disposées face à face et inclinées d'un certain angle. La face avant de la première plaque est peinte en noir. L'eau à distiller, s'écoule lentement à l'aide d'un tissu sur l'autre côté, ce tissu est convenable pour former un film capillaire d'eau. La vapeur d'eau produite quitte le tissu et va se condenser au contact de la seconde plaque. L'eau distillée et le résidu sont récupérés par des collecteurs (Figure I-14) [37]

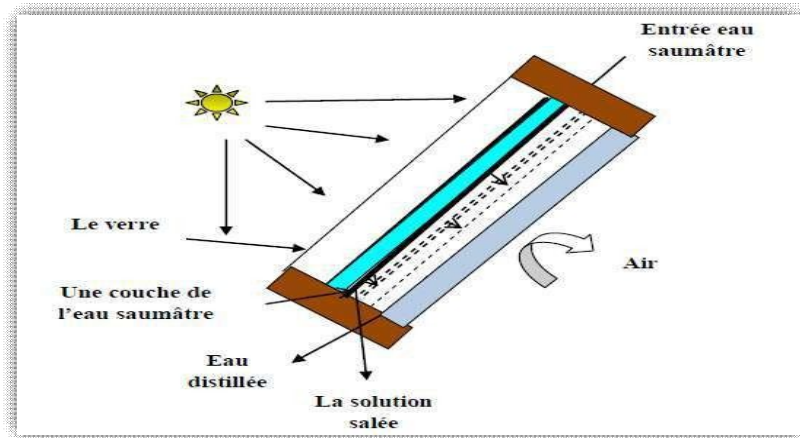


Figure I-14: Distillateur solaire à film capillaire

### I.3.6. Avantages et Désavantages du la distillation solaire

#### I.3.6.1. Avantages :

- C'est un système relativement bon marché et nécessitant peu de maintenance.
- La production d'eau distillée avec la simplicité dans la conception
- Il peut être utilisé au niveau des ménages et élargi par des approches programmatiques.
- Il y a des avantages d'adaptation et d'atténuation du changement climatique.

- Pas de sources conventionnelles d'énergie sont nécessaires, qui contribue à réduire la pollution de l'environnement car elle nécessite uniquement l'énergie solaire, qui est renouvelable et non polluante.
- Fabrication locale / réparation est possible.
- Purification de l'eau très salée (même l'eau de mer).
- L'élimination efficace des agents pathogènes et de produits chimiques réduit les risques de problèmes de santé associés aux maladies d'origine hydrique.
- Il n'y a pas de coûts d'énergie.
- Il n'y a pas de pièces mobiles.

### **I.3.7. Les inconvénients**

Toutefois, un distillateur solaire a quelques inconvénients, qui limitent parfois l'utilisation de cette technique à grande échelle de production

- La vitesse de distillation est généralement très lente.
- Il ne convient pas aux besoins de consommation plus grands.
- Une technologie moins demandée aux marchés Le faible taux d'intérêt des fabricants.
- Les matériaux requis pour le distillateur peuvent être difficiles à obtenir dans certaines régions.
- S'il n'est pas correctement éliminé, le flux de déchets du procédé de distillation peut constituer une source potentielle de pollution environnementale (concentrations élevées de sels et de polluants).
- L'énergie solaire n'est disponible que pendant la journée.

## **I.4. Distillateur solaire type bassin**

Distillateur solaire de type bassin est un appareil simple qui peut être utilisé pour la production d'eau douce. Le principal inconvénient d'un distillateur solaire à bassin conventionnel est la faible quantité de production d'eau distillée par unité de surface, ce qui rend le solaire à bassin unique encore non rentable. Dans distillateur incliné, une surface plus élevée et une surface d'eau mince sont ses avantages et le maintien d'une humidité continue le long de la surface inclinée et la perte de chaleur par le drainage de l'eau brute sont les problèmes. Les températures du bassin et du couvert sont les principaux paramètres.

Différentes techniques ont été essayées pour améliorer les performances de ces distillateurs par exemple les travaux de Carmen Esteban et al [37] ont présentés une nouvelle idée du

distillateur solaire de type bassin et le travail de S. Nijme et al [38] ont présenté des résultats expérimentaux d'un distillateur solaire à simple-bassin utilisant des matériaux d'absorptivité divers.

### **I.5. Paramètres influant sur de la productivité d'un distillateur solaire**

La productivité de la distillation dépend de nombreux paramètres, et les principaux paramètres influant sur la productivité du distillateur sont les conditions météorologiques,

Les procédures opérationnelles et les paramètres de construction du distillateur solaire.

Les conditions météorologiques comprennent la radiation solaire, la température ambiante et la vitesse du vent. Et aussi 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 de l'eau dans le bassin et à l'abaissement de la température de la couverture transparente.

Les procédures opérationnelles comprennent la variation de la masse de l'eau dans le bassin, préchauffage d'eau d'alimentation, utilisation Ponge, mèche et autres matériaux de stockage de la chaleur, refroidissement de la vitre et création de la convection interne. En ce qui concerne les paramètres de conception, elles incluent la géométrie et le design du distillateur, à savoir : l'inclinaison de la vitre, surface libre de l'eau, réflecteur interne/externe, condenseur interne/externe, isolation thermique et d'autre paramètres [38].

### **I.6. Synthèse bibliographique sur les différents travaux sur le refroidissement de la vitre**

Mazen Hazim Alqathami, et al. ont fait des expériences sur l'effet de l'utilisation d'un serpentin de refroidissement interne, sous le couvercle en verre d'un distillateur solaire de bassin, sur la production d'eau de dessalement.

Les données ont été collectées entre septembre et octobre 2018, dans les Conditions climatiques de Riyad, en Arabie Saoudite. La configuration expérimentale utilise des types spécifiques d'échangeurs de chaleur (utilisés dans le distillateur) comme moyen de refroidissement pour refroidir l'eau traversant le serpentin. Un tuyau collecteur est utilisé pour collecter le condensat formé sur le serpentin de refroidissement interne. Un auge parabolique solaire est également utilisé pour chauffer l'eau saline en utilisant de l'eau ambiante pompée à

travers un serpentín et installée au bas de l'alambic solaire. Les résultats ont été comparés à différents boîtiers solaires conventionnels et à une technique de refroidissement externe, dans lesquels la surface extérieure en verre inclinée du bassin est refroidie par un film d'eau à température ambiante. L'expérimentation solaire modifiée a amélioré l'efficacité de l'alambic solaire passif de 39 %.

Ahmad Sedaghat et al. ont réalisé étude expérimentale et théorique d'un solaire Système de dessalement amélioré par thermoélectrique Refroidisseur et système de suivi du soleil. Les chercheurs tentent d'améliorer l'efficacité de ces systèmes. Dans leur travail, un système de dessalement solaire amélioré est développé qui utilise un système de suivi solaire et un refroidisseur thermoélectrique pour produire de l'eau distillée à partir d'eau de mer. Le système solaire se compose d'une coupelle de capteur solaire pour collecter et refléter l'énergie solaire vers un réservoir immobile qui contient l'eau de mer. La température est augmentée à l'intérieur du réservoir de distillation provoquant l'évaporation de l'eau. En utilisant un refroidisseur thermoélectrique sur la surface supérieure du réservoir de distillation, le taux de condensation des vapeurs d'eau est augmenté. Pour améliorer l'efficacité du système de dessalement solaire, le collecteur de vaisselle est équipé d'un système de suivi solaire. En outre, un panneau solaire photovoltaïque (PV) est utilisé pour alimenter en électricité une pompe à eau de mer et le refroidisseur thermoélectrique.

Les résultats ont montré une augmentation de la température du réservoir de distillation de 120 ° C lorsqu'un système de suivi du soleil était utilisé par rapport au système sans où les températures atteignaient simplement 75 ° C. En appliquant le thermo-refroidisseur électrique et système de suivi du soleil simultanément, 2,6 L / jour d'eau distillée ont été produits pendant une période de travail de 8 heures, contre seulement 1,4 L / jour de production sans aucun de ces éléments. Cela représente une amélioration d'environ 37% de la production d'eau distillée en utilisant le système de suivi et le refroidisseur thermoélectrique.

M.M. Morad et al. ont étudié l'amélioration des performances d'un distillateur solaire à double pente en utilisant un capteur solaire plan avec refroidissement du vitrage pour améliorer les performances de distillateur solaire à double pente. L'analyse thermique, du distillateur a été réalisée sur la base des transferts de chaleur internes et externes, les équations du bilan énergétique pour prédire ses performances ont été établie.

Les résultats ont révélé que le distillateur solaire actif maximise toujours à la fois la productivité de l'eau douce (10,06 l / m<sup>2</sup> · jour) et l'efficacité thermique interne (80,6%) par

rapport au distillateur solaire passif ( $7,8 \text{ l} / \text{m}^2 \cdot \text{jour}$  de productivité et 57,1% efficacité) , on prends 1 cm d'épaisseur du film de la saumure de bassin et 3 mm d'épaisseur de couverture en verre et par application de flash refroidissement du couvercle tactique avec 5 min de marche et 5 min d'arrêt.

## I.7. Effet thermoélectrique (effet Peltier)

### I.7.1. Définition et propriétés

Phénomène physique qui consiste en la conversion directe d'une énergie thermique en électricité, et inversement, dans des matériaux appropriés. Il existe trois effets thermoélectriques qui résultent du couplage entre les phénomènes de conduction électrique et thermique. Les effets Seebeck, Peltier et Thomson. Les performances d'un matériau thermoélectrique sont caractérisées par le facteur de mérite adimensionnel (Figure I-15).

Les thermocouples utilisent l'effet Seebeck pour déterminer une température : une tension apparaît, proportionnelle à la température du milieu étudié, entre les deux extrémités d'une soudure de deux fils de métaux différents. Le module Peltier est l'application sans doute la plus répandue avec le refroidissement thermoélectrique : un assemblage de semi-conducteurs de type n et p, pris en sandwich entre un matériau conducteur et alimenté en courant, présente une différence de température entre ses deux faces, la face froide permet de refroidir.

Ces convertisseurs d'énergie basés sur la technologie thermoélectrique présentent de nombreux avantages : absence d'organes mobiles et de fluide, simplicité de mise en œuvre, grande fiabilité et composants propres pour l'environnement [38]. Ces systèmes sont utilisés dans des applications où leurs atouts l'emportent sur leur coût élevé et leurs faibles performances (domaine spatial et aéronautique, refroidissement de composants électroniques).

Cependant, dans le contexte économique et environnemental actuel, les effets thermoélectriques présentent un regain d'intérêt avec la problématique des gaz utilisés en réfrigération et les émissions de gaz à effet de serre : il est urgent de développer des sources d'énergie alternatives [N1500]. Les efforts sont portés sur des matériaux connus sous de nouvelles formes de basse dimensionnalité (puits quantiques, matériaux à cages, couches minces, nano composites...) aux propriétés thermoélectriques intéressantes. Les applications commercialisées actuellement concernent essentiellement le refroidissement (réfrigérateurs portatifs, climatisation automobile...).

Par contre, il faut relever le développement de générateurs thermoélectriques pour exploiter la production d'électricité à partir de sources de chaleur perdue. Ces applications pourraient conduire à une réduction de la consommation d'énergie et une amélioration du rendement d'installations exothermiques en limitant leur surchauffe. Dans cette perspective, de grandes avancées ont été soulignées récemment dans le domaine des matériaux thermoélectriques nano structurés et architecturés, avec notamment la minimisation de la conductivité thermique, pour de meilleures performances.

Même, des matériaux polymères conducteurs capables d'exploiter de faibles différences de température ont été développés. Ces dispositifs thermoélectriques flexibles, de faible toxicité, faciles à mettre en forme, offrent un large éventail de solutions durables en devenir de récupération d'énergie (chaleur des portables, chaleur humaine).

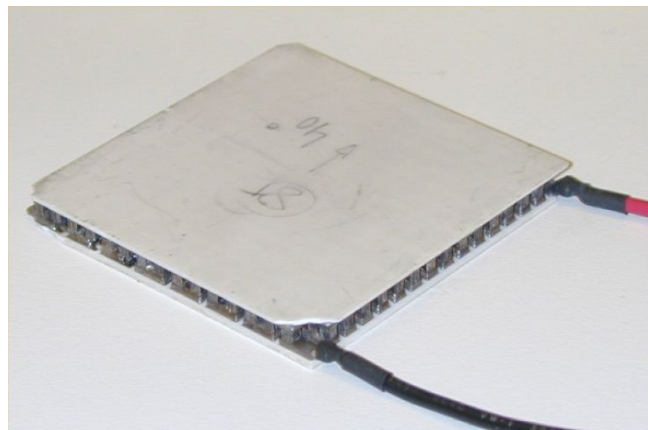


Figure I-15 : Photographie du module Peltier

### I.7.2. Principe de fonctionnement des modules thermoélectriques :

Ce phénomène a été découvert en 1834 par le physicien français Jean-Charles Peltier. Après avoir relié les extrémités d'un fil de bismuth à un accumulateur par l'intermédiaire de deux fils de cuivre, il a en effet constaté que l'une des jonctions cuivre/bismuth s'échauffait et que l'autre se refroidissait.

Plus généralement, l'effet Peltier se manifeste lorsque l'on soumet deux types de conducteurs à une tension continue. Le sens du déplacement de la chaleur est fonction du sens de circulation du courant dans les conducteurs, ce qui assure la réversibilité du système (Figure I-16). L'effet Peltier se présente en fait comme l'inverse de l'effet Seebeck.

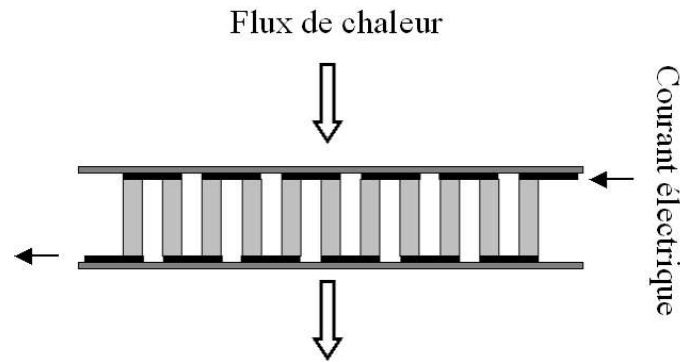


Figure I-16 : Schéma d'une cellule à effet Peltier

### I.7.3. Applications de l'effet Peltier : modules ou cellules de Peltier

L'effet Peltier est exploité au cœur de ce que l'on nomme « les modules ou cellules Peltier ». Un courant continu circule dans une succession de semi-conducteurs reliés entre eux. L'ensemble est pris en sandwich entre deux plaques d'un matériau conducteur de chaleur. L'une de ces plaques se charge positivement et s'échauffe. L'autre se charge négativement et refroidit.

L'utilisation la plus commune de l'effet Peltier se retrouve dans les petits systèmes de réfrigération ou dans les systèmes de refroidissement pour processeurs informatiques.

Les laboratoires et hôpitaux emploient également des modules Peltier pour le refroidissement d'analyses biologiques ou le transport d'organes. D'autres secteurs qui demandent à la fois précision et fiabilité. Aéronautique, spatial, etc...exploitent aussi ce phénomène.

### I.7.4. Utilisation de l'effet Peltier dans les distillateurs solaires

L'objectif principal de cette étude est d'analyser les processus de transfert de chaleur impliqués dans l'évaporation et la condensation de l'eau dans un système de distillation d'eau utilisant un module thermoélectrique. Cette analyse peut aider à augmenter la production d'eau et à améliorer les performances du système. Pour l'analyse, un prototype d'unité de distillation d'eau intégrée à un module thermoélectrique a été conçu et fabriqué.

Un modèle théorique est développé pour étudier l'effet de la chaleur ajoutée, transférée et évacuée, en convection forcée et en flux laminaire, lors des processus d'évaporation et de condensation. Le module thermoélectrique est utilisé pour convertir l'électricité en chaleur sous effet Peltier et contrôler précisément la chaleur absorbée et libérée sur les côtes froid et chaud du module, respectivement. Les températures de l'eau, de la vapeur, du condenseur, des côtes froid et chaud du module thermoélectrique et de la production d'eau ont été mesurées



expérimentalement en régime permanent. La production d'eau théorique et expérimentale s'est avérée concordante. La quantité de chaleur qui doit être évaporée de l'interface vapeur d'eau et transférée à travers la surface du condenseur vers le module thermoélectrique est cruciale pour la conception et l'optimisation des systèmes de distillation.[39]

## **Chapitre II. Etude Expérimentale**

## II.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons décrire les différents éléments du distillateur solaire et les différentes étapes concernant la réalisation de ce distillateur, ainsi que les essais effectués.

## II.2. Représentation du lieu d'expérimentation (khemis miliana) :

Khemis-Miliana a une situation géostratégique importante, localisé par les coordonnées  $36^{\circ} 16'$  nord  $2^{\circ} 12'$  est entre min. 282 m-max 377m d'altitude. Le climat est chaud et sec en été et froid en hiver.

## II.3. Description du banc d'essais :

Notre banc d'essais est constitué d'un distillateur de type bassin simple pente relié à un réservoir d'alimentation en eau saumâtre, de plaque thermoélectrique placées sur la surface extérieure du vitrage comme le montre la Figure II-1



Figure II-1 : photographie du banc d'essai

## II.4. Distillateur solaire :

Notre distillateur est un distillateur de type bassin à simple pente formé de :

### II.4.1. Absorbeur :

Le rôle du bac absorbant permet 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 construit essentiellement en aluminium (Figure II-2). Les dimensions de l'absorbeur sont :

**Longueur : 50cm**

**Largeur : 60cm**

**Epaisseur : 1,5cm**



**Figure II-2 : Photographie de l'absorbeur du distillateur peint en noir mate**

#### **II.4.2. Couverture verrière (verre) :**

Pour sa simplicité et son cout bas, on a utilisé du verre ordinaire car ce type de distillateur ne nécessite pas des techniques avancées, on a choisi un verre ordinaire pour leur bonne transmission du rayonnement visible et leur mouillabilité (Figure II-3). Les dimensions de la vitre sont :

**Langueur :60cm**

**Largeur :60cm**

**Epaisseur :0.4cm**



**Figure II-3 : Photographie de la couverture transparente du distillateur**

**II.4.3. L'isolation thermique :**

Généralement, l'isolation thermique du distillateur est en laine de verre ou en polystyrène expansé. L'épaisseur varie de 0.03 à 0.06m .Il faut que les produits utilisés résistent aux températures de fonctionnement ( Figure II-4).

Les dimensions de l'isolant thermique sont :

**Longueur : 60cm**

**Largeur : 50cm**

**Epaisseur : 4cm**



**Figure II-4 : Photographie de l'isolation thermique**

**II.4.4. Le réservoir :**

Le réservoir d'eau sert à l'alimentation du distillateur en eau saumâtre, il est fabriqué en plastique de dimensions 70cm de hauteur et 40cm de rayon (Figure II-5).










**Figure II-5 : Photographie du réservoir d'eau utilisé**

II.4.5. La tuyauterie :

Dans notre travail on a utilisé deux tubes : le premier tube cet a l'alimentation du distillateur tandis que le deuxième est utilisé pour la récupération du distillat.

Le tableau ci-après résumées différents matériels utilisé pour la réalisation du banc d'essais

Tableau II-1 : Les dimensions des composantes du distillateur solaire

<i>Matière</i>	<i>Dimensions</i>	<i>Quantité</i>	<i>Observation</i>
Polystyrène expansé	60cm*60cm*44	v	
Verre ordinaire	60cm*60cm*1mm	4	
Tôle galvanisée	60cm*60cm*1mm	1	
Profil en acier	4mm×4mm×1m	8	
Silicone		1	
Peinture noire		1	
Scotch thermique aluminium		1	

colle		1	
raccordions		1	

## II.5. Les paramètres mesurés durant l'expérimentation

Nous avons effectué les mesures suivantes :

### II.5.1. Température :

Nous avons installé six thermocouples de type K dans différents places du distillateur pour mesurer la température suivantes (Figure II-6, Figure II-7)



Figure II-6 : photographie du thermocouple

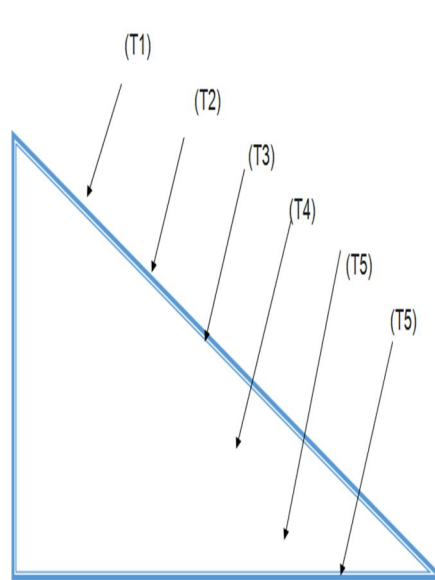


Figure II-7 : Schémas de l'emplacement des thermocouples

- Température de vitre extérieure(T2)
- Température de vitre enterreur (T3)
- Température de l'air humide (T4)
- Température de saumure(T5)
- Température de l'absorbeur (6)

Les thermocouples sont reliés à une station d'acquisition de type FLUNK Hydra, les températures sont mesurées et enregistré chaque 15 min.

### **II.5.2. Rayonnement solaire :**

Le rayonnement solaire global incident sur le distillateur est mesuré en utilisant un pyranomètre Kipp and zonen en de model CMP11 (Figure II-8).



**Figure II-8 : Photographie du Pyranomètre CMP11**

### **II.5.3. Vitesse du vent**

Les variables à mesurer sont la température, la vitesse et direction du vent, l'hygrométrie, le point de rosée, la pluviométrie, la hauteur et le type des nuages (Figure II-9)



**Figure II-9 : Photographie de la station Météorologique**

### **II.5.4. Eau distillée**

L'eau distillée est récupérée dans un bec et pèse en utilisant une balance kern, connectée directement a un microordinateur. La production de l'eau distillée est pesée chaque 15 min. Distillée est pesé chaque 15 min (Figure II-10).

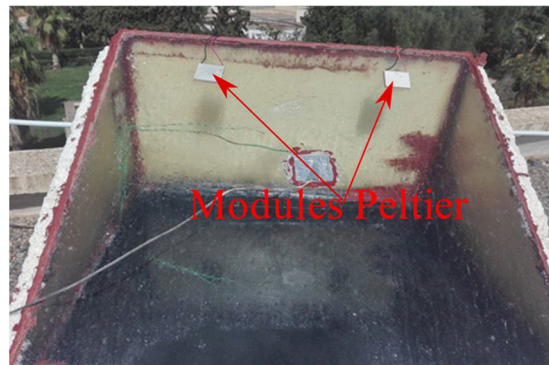




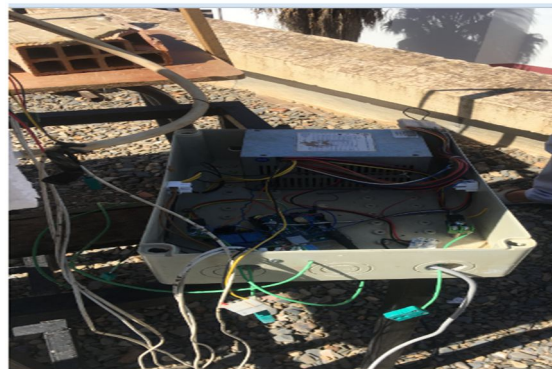
**Figure II-10 : Photographie de la balance KERN**

## II.6. Plaque Peltier :

Afin d'étudier l'influence du refroidissement de la vitre par effet thermoélectrique deux plaques Peltier de type TEC1-12706 de puissance 37 watt sont placées sur la face extérieure du vitrage du distillateur (Figure II-11 ). Un Arduino nous a permis de Contrôler le fonctionnement de ces deux plaques (Figure II-12 ).



**Figure II-11 Photographie de l'emplacement des modules à effet de Peltier**



**Figure II-12: Photographie de l'Arduino**

# **Chapitre III. Résultats et Interprétations**

### III.1. Introduction :

Dans le but de l'évaluer des performances du distillateur, une série de testes expérimentaux ont été effectués au niveau Université Djilali Bounaama - Khemis Miliana.

Deux types d'expérimentations ont été réalisés. Le premier est de tester le distillateur simple sans le refroidissement de la vitre. Tandis que le deuxième est de tester le distillateur en refroidissant le vitrage en utilisant l'effet Peltier.

Après plusieurs journées d'essais durant les mois de septembre et octobre, nous avons obtenus deux journées claires et similaires pour effectuer une comparaison. Ces journées sont : 10/10/2020 pour le distillateur simple et 29/09/2020 pour le distillateur refroidi par l'effet Peltier.

### III.2. Performances des distillateurs simples et distillateur avec effet Peltier par refroidissement de la vitre :

#### III.2.1. Evolution de la température ambiante et du rayonnement solaire en fonction du temps :

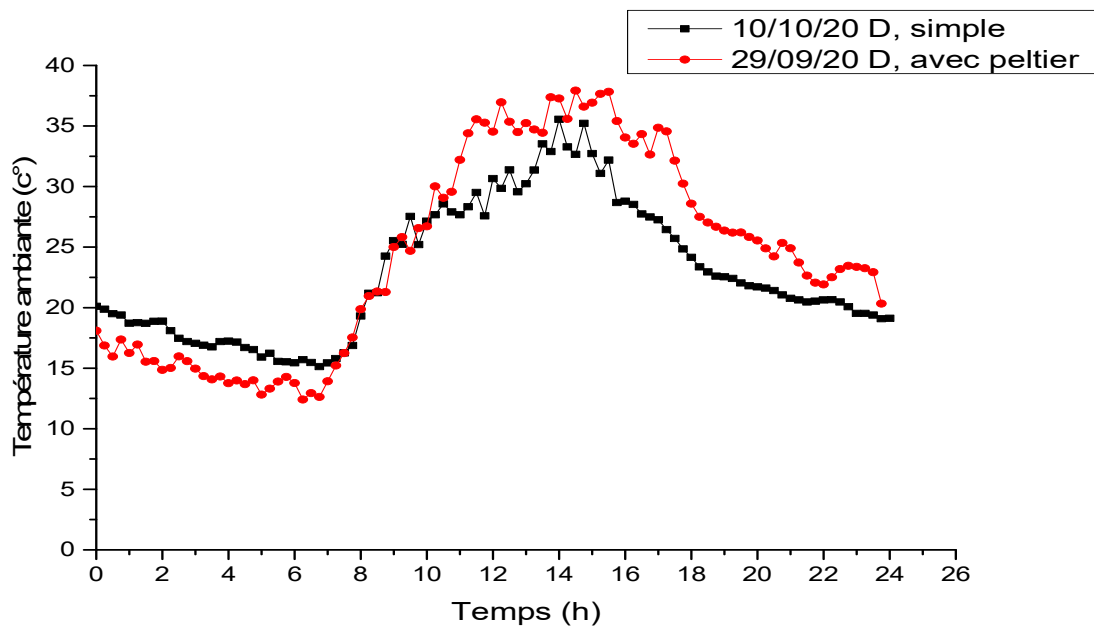
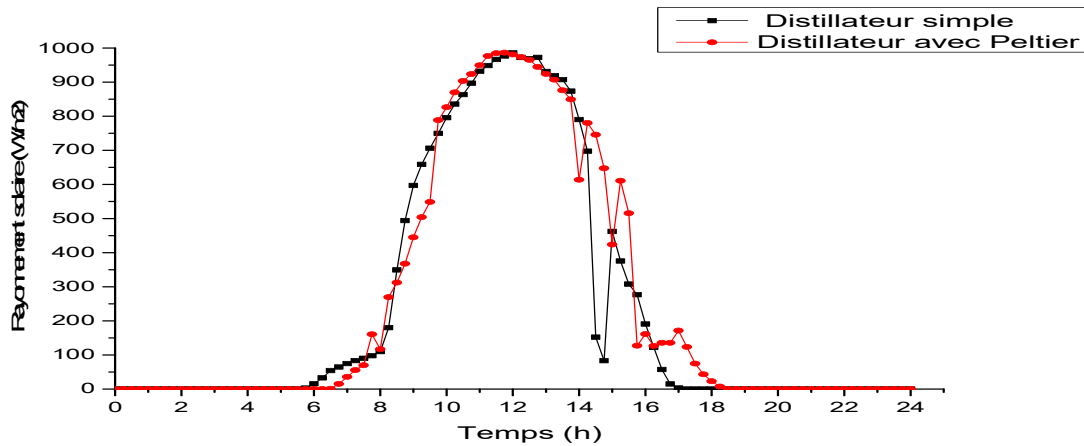


Figure III-1: Evolution de la température ambiante en fonction



**Figure III-2: Evolution flux solaire globale incident sur le plan du distillateur**

La journée du 10/10/2020 est caractérisée par une température ambiante allant de 20.10 °C à 35 °C et arrivé à la valeur maximal est 35.55 °C a 14 h . On constate une diminution des températures ambiantes pendant les premières heures de la journée (de 0 à 5 heures et demie), puis la température monte à 16 2611 sur 7 heures et demie (. Figure III-1).

Nous constatons dans la figure 2, que la caractéristique du rayonnement solaire incliné se comporte normalement, la courbe à la forme d'une cloche jusqu'a 14: 30 h du ,il 'a des perturbations marqué dans l'évolution de rayonnement a cause des nuages , il est Diminue de (700 à 83) (W/m2) à (15:45).

Durant la journée du 29/9/2020, le distillateur a été refroidis en utilisant les modules thermoélectriques (Peltier). Cette journée est caractérisée par une augmentation de température ambiante, le contraire du jour nous n'avons pas utilisé Peltier, et arrive la valeur maximale est 37.91 à 14 :30 h. Nous remarquons dans Figure III-2, les résultats obtenus avec Peltier étaient presque les mêmes sauf qu'il n'y a aucune perturbation dans l'irradiation reçue, le maximum du rayonnement 986,615w/ m à 12.45 h.

III.2.2. Evolution des températures des vitres extérieures et intérieures :

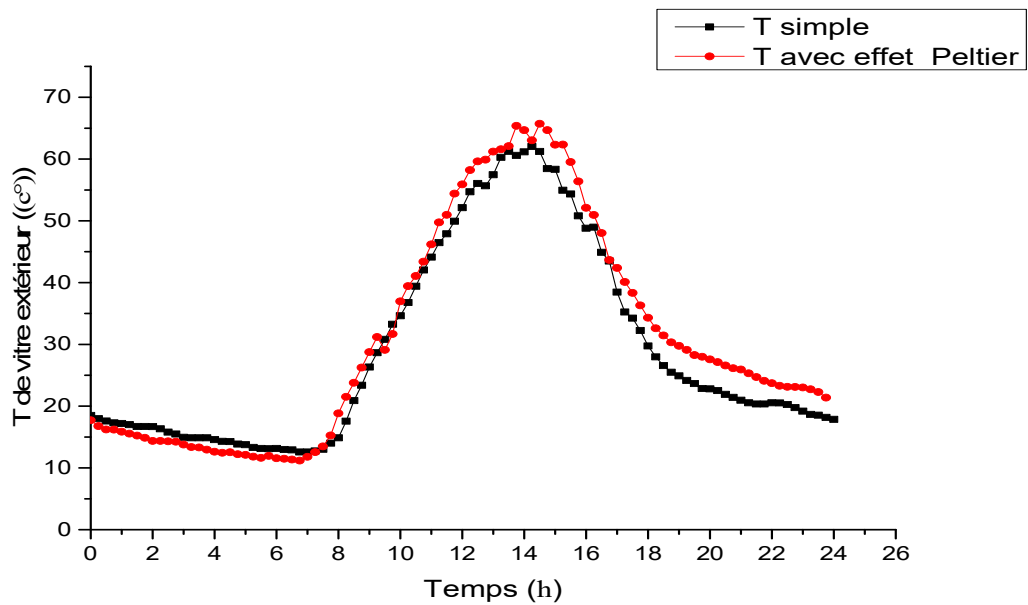


Figure III-3: Evolution des températures de la face extérieure de la vitre

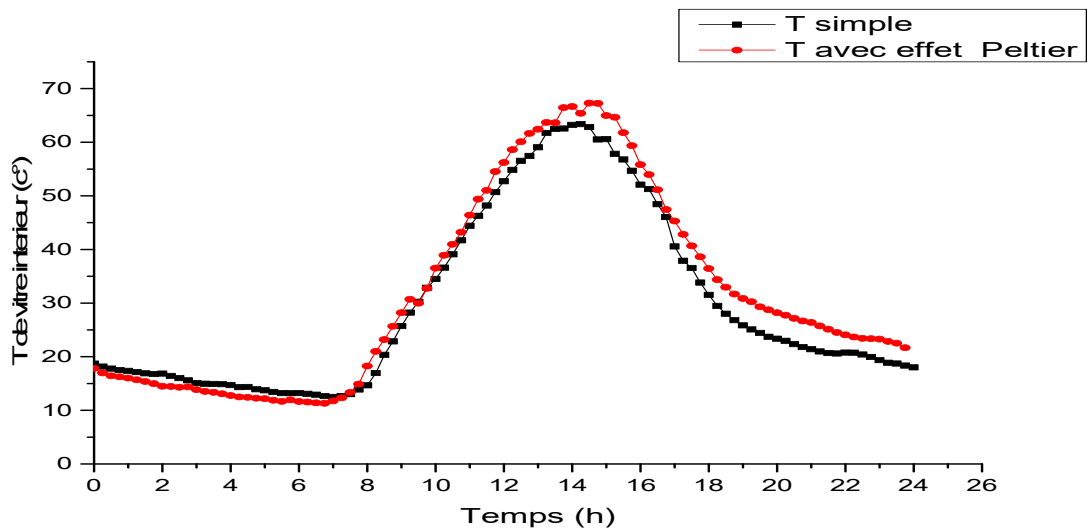


Figure III-4: Evolution horaire des températures de la face intérieure de la vitre

Les Figure III-3 et Figure III-4 représentent l'évolution des températures des faces extérieure et intérieure de la vitre du distillateur simple durant la journée du 10/09/2020. Dans cette figure nous constatons un comportement des températures identique et normal, à 8h on a marqué une augmentation des valeurs de température de la vitre intérieure et extérieure les valeurs sont (14,6587 c et 14,8641c) respectivement, la température a diminué jusqu'à

(17.99c-17.85c) à 00:00h, nous constatons une légère augmentation de la température du vitrage interne ils est presque la mêmes.

Durant la journée 29/9/2020 on mesure les températures de la surface extérieure et intérieure de la vitres en utilisant la plaque Peltier sur la vitre de distillateur solaire, les résultats obtenu c'est dans les graphes (Figure III-3et III-4). Dans cette figure nous constatons un comportement des températures du vitrage est normal pour notre distillateur solaire en les deux cas la vitre extérieure et intérieure, il n 'pas à grande différence entre les deux. Les températures sont quasi-stationnaires et diminue lentement pendant sept (07) heures (00h à 07:15 h) puis elles décollent avec l'augmentation du rayonnement solaire et les valeurs maximales de les vitres extérieur et intérieur sont (65.71 c et 67.30 c) respectivement, Cela signifie que la température du verre extérieur est supérieure à la température du verre intérieur. Puis on remarque une diminution naturelle des températures externes et internes du verre en fin de journée.

### III.2.3.Evolution des températures de l'air humide en fonction de temps :

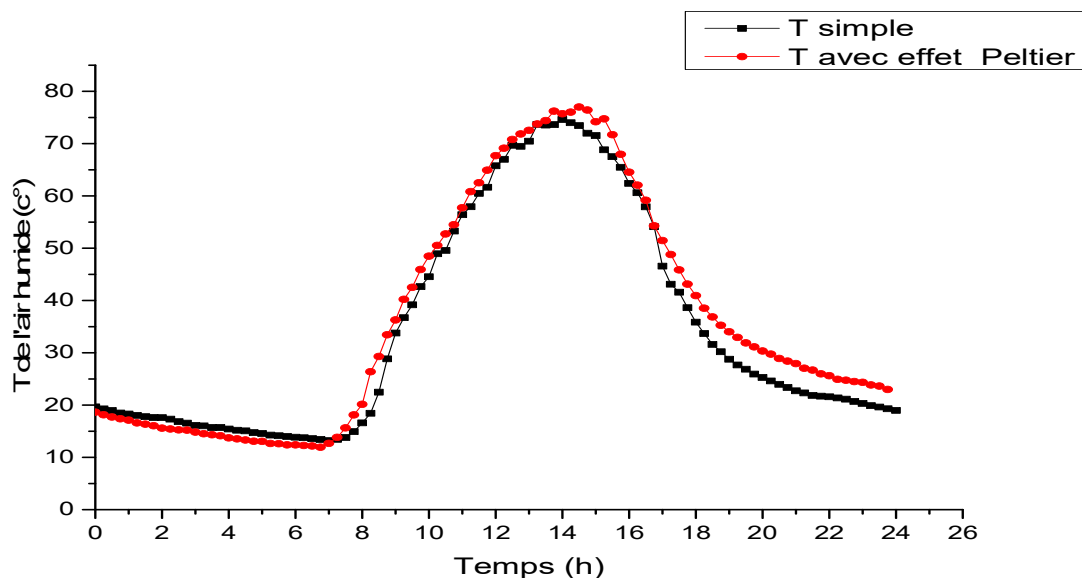


Figure III-5 : Evolution des températures de l'air humide en distillateurs

La Figure III-6 représente l'évolution de l'air humide on distillateur simple dans la journée de 10/10/20, dans le début d'essai la valeur de l'air humide est 19.65c à 00:00, jusqu'à 8h la température de l'air humide est 16.58 c, il arrive a sont valeur maximale de 74.6137c à 14h et commences de descende progressivement jusqu'à arrive a valeur de 18.97 c

à 00:00h. En journée de 29/9/2020, on utilise la plaque Peltier pour mesure la température de l'aire humide. (le figure 5 ) montre que les valeurs de températures est diminuée durant (00:00 à 7:15 ) ; après 7:30 on remarque on Augmentation rapide des températures est la valeur maximal est 77c à 14: 15 . Après, on remarque une diminution en les valeurs Jusqu'à la fin de la journée à (23:45 ) est 18.97 c.

#### III.2.4.Evolution des températures de la saumure en fonction de temps :

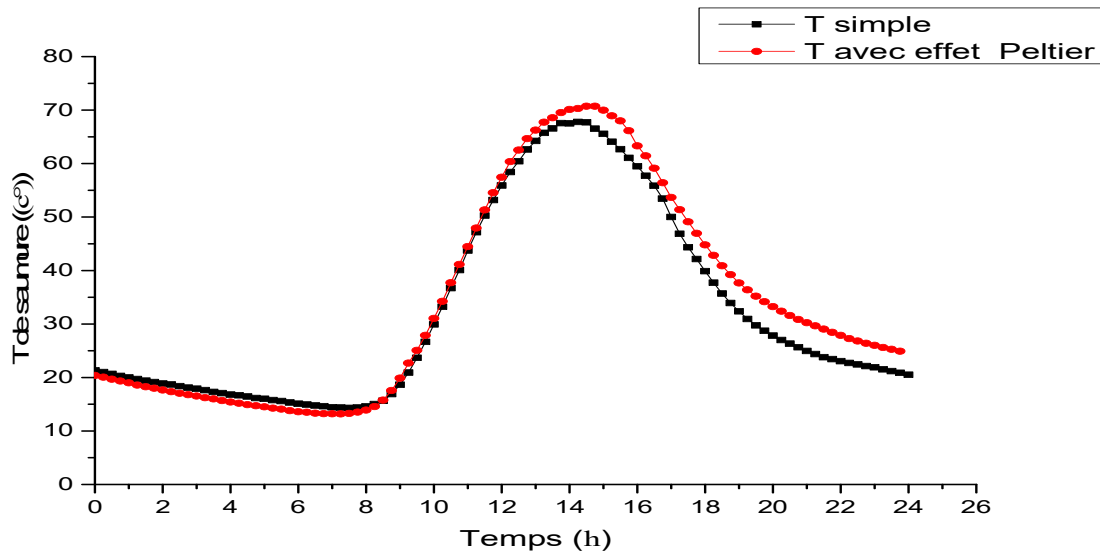


Figure III-6 : : Evolution des températures de la saumure

La Figure III-6 illustre l'évolution des températures de l'eau dans le bassin de distillateur simple durant la journée du 10/09/2020. à 00:00 jusqu'à 8h la saumure garde la même valeur de sa température est de 14,74 c° puis elle Commence à monter progressivement de 14.57 C° jusqu'à 67.78c° à la température de 20c° et à 20:00h la valeur de saumure commence de descende Jusqu'à ce qu'il atteigne sa valeur la plus basse est de 20.51c°. Dans la journée de 29/09/2020 ; on utilise la plaque Peltier pour mesure les valeurs de Température de la saumure on remarque la figure 6 illustre des valeurs Semi statique Avec une lente baisse des températures de cette saumure. Au début de la journée, la température est 13,9032 c°. Après on remarque une augmentation des températures de la saumure et leur valeurs maximal est 70,7194 c° à 14 :45 h et après une diminution des valeurs a la fin de journée atteint à 24,9183 a 23 :45h.

## III.2.5. Evolution des températures de la l'absorbeur en fonction de temps :

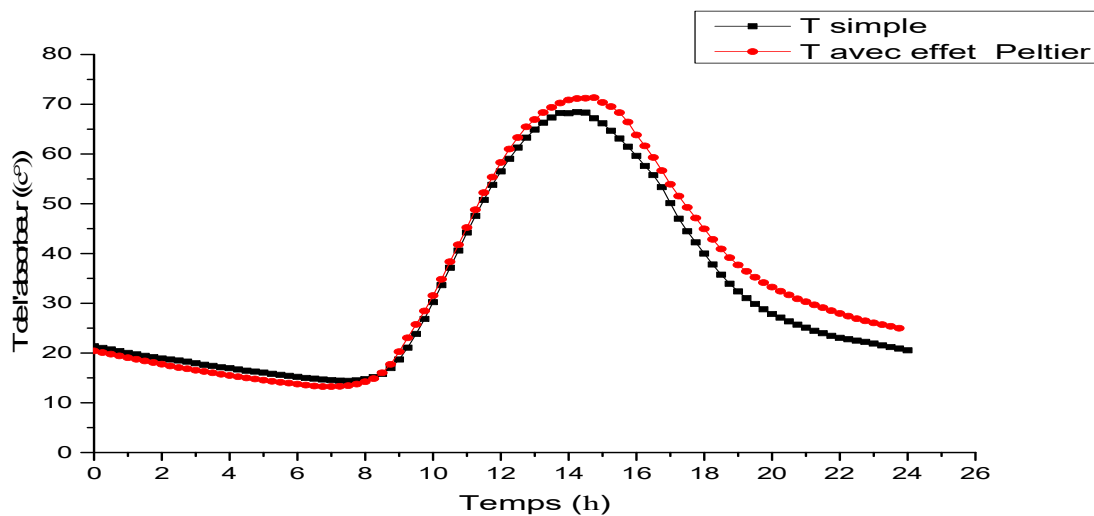


Figure III-7 : Evolution de la température de l'absorbeur

la Figure III-7 montre évolution de la température de L'absorbeur dans distillateurs (la courbe noire) de 00:00h à 8h la température diminue en les valeurs allant (21,35 c° à 14,74 c°), puis Commencer à monter jusqu'à aller à la valeur maximale 68.39c à 14:15 la température de l'absorbeur descend à la valeur de 20.53c à 00:00 à cause la absence de l'éclairement solaire.

- ❖ **la journée du 29/09/2020** ; dans la présence de la plaque Peltier (le figure 7, la courbe rouge exactement) on a mesuré la température de l'absorbeur et la remarque qui obtenue :
- ❖ Presque les même mesures avec les valeurs de distillateur simple, sauf que y'a une petit descende dans la valeur de température de l'absorbeur avec Peltier du (00:00 à 8:00), puis les valeurs sont monté progressivement jusqu'à arrivé à la valeur maximale (71.20c à 14:30) et cette augmentation est plus supérieur des les augmentations des les températures de l'absorbeur sans Peltier. Puis la valeur descende jusqu'à une valeur minimale a fin de la journée à (24.97c à 23:45h).



## III.2.6. Evolution de la production en fonction de temps :

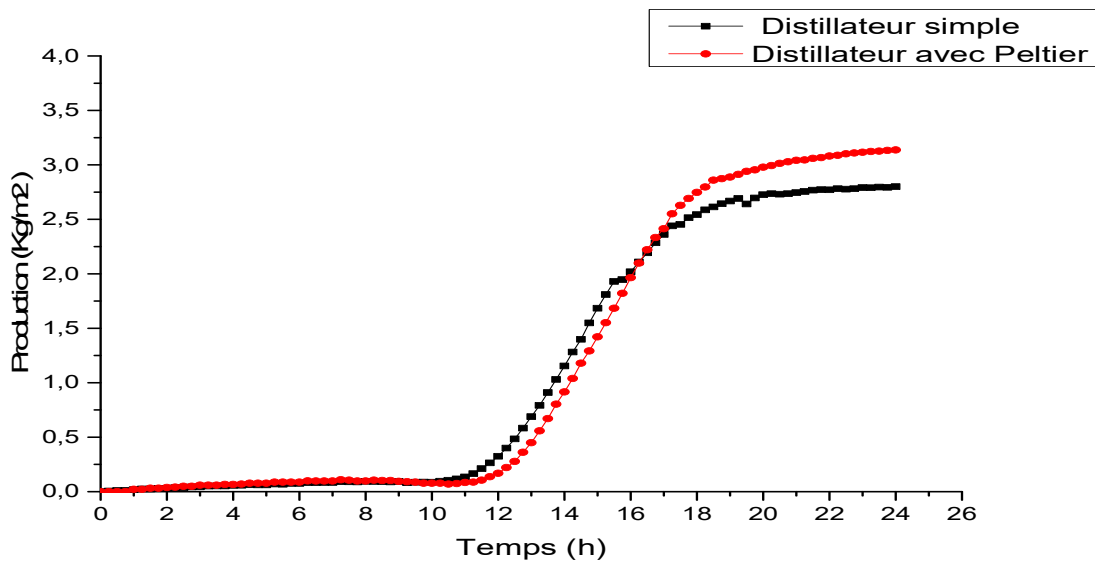


Figure III-8 : Evolution de la production du distillateur solaire

Sur la Figure III-8 est représentée La production de l'eau distillée au cours de 24 h. D'abord, on remarque que le distillateur produit de l'eau distillé durant la période du 00:15 à 11:00, mais cette production est faible. Elle varie entre 0,006 et 0,165 kg / m<sup>2</sup>. Après cela nous constatons le distillateur simple commence à produire très rapide du 12 :00h du matin, à 18h00h, les valeurs de l'eau Distillée pendant cette période est (0.32 à 2.54 kg / m<sup>2</sup>) respectivement. Puis elle est reste sur l'évolution de la production progressivement et les écarts de production Grandissent et se converge en fin de journée Jusqu'à ce que vous atteint son le maximum de la production qui est égale a 2.8 kg/ m<sup>2</sup>.

Durant la journée du 29/09/2020, ou le module Peltier été placé, nous constatons que la production du distillateur commence a produire a partir de 1h du matin. Durant la periode de 1h & 12h00, sa production varie de 0,021 à 0,168 kg/m<sup>2</sup>, puis nous avons une augmentation rapide de la production jusqu'à 18h, ou elle ateiend son maximum (3,13 kg /m<sup>2</sup>). Il est a noter que la production journalière du distillateur refroidie est superieur a celle ou le distillateur n'est pas refroidis.

## III.3. Conclusion :

Nous savons que la plaque de Peltier est généralement utilisée pour refroidir la vitre de distillateur solaire. Dans notre travail, nous l'avons utilisé pour refroidir le verre afin d'améliorer la production ; Cela devrait être montré dans nos courbes expérimentales sur les éléments de notre distillateur solaire , Mais il n'apparaît pas , et il y avait un problème de

convergence et identique des courbes des températures de distillation solaire simple et des températures avec l'effet Peltier, et Parfois, le courbe avec effet Peltier supérieur à leur courbe simple à cause de dans la journée d'essai avec le Peltier la température ambiante été très élève par rapport la journée d'essai sans Peltier ,alors la refroidissement elle est faible .

## Conclusion Générale

Le dessalement de l'eau s'impose, dans un certain nombre de pays du pourtour méditerranéen en situation de stress hydrique, comme une option pour sécuriser l'alimentation en eau potable des populations compte tenu de l'accroissement rapide de la démographique et de l'élévation du niveau de vie. Cette deux causes effectue on Alegria aussi, parce que notre pays comme dans les pays en voie de développement, problème d'approvisionnement en eau potable devient de plus en plus crucial, du fait des aléas climatiques persistants, Pour subvenir à ses besoins en eau douce, l'homme a mis au point, différentes méthodes de recyclage ou de séparation de l'eau de ses impuretés. Parmi les solutions qui peuvent accroître la disponibilité de l'eau potable, on peut citer le dessalement des eaux saumâtres et de l'eau de mer, et la technique de la distillation solaire de ces eaux saumâtres semble être le moyen le plus économique et le plus recommandé pour produire de l'eau potable avec des prix raisonnables et moins chers en utilisant une énergie solaire gratuite, renouvelable et non polluante.

Notre étude a visé principalement le distillateur solaire simple type bassin, Le travail présenté dans ce mémoire est l'étude expérimentale de l'influence du refroidissement de la vitre par l'effet de Peltier sur la Production d'un distillateur solaire simple.

On a utilisé des module thermoélectriques (effet Peltier) afin d'améliorer la production du distillateur solaire simple. Le résultat obtenu montre que l'utilisation des Peltier améliore la production du distillateur. Le distillateur produit 2.8 Kg/m<sup>2</sup>/jour sans refroidissement de la vitre, tandis qu'il produit 3.136kg /m<sup>2</sup>/jour avec refroidissement. Cela fait une amélioration de 12%

# Références bibliographiques

- [1] Kofi Annan, secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies 22 mars 2005.
- [2] Sellami Mohamed Hassen, Etude Et Amélioration Des Techniques De Distillation Solaire Dans La Région Sud-Est Algérien (Ouargla) Thèse De Doctorat En Physique Université Kasdi Merbah Ouargla, 2014, p18,19,29,30.
- [3] Lakhdar Zella. L'eau pénurie ou incurie. Edition : Office des Publications Universitaires, Alger 2007.
- [4] H. Boudjebir, Etude de l'impact de l'écart de température (ambiance-eau) sur le rendement d'un distillateur solaire à effet de serre, thèse de magister, 2011.
- [5] Rapport de l'UNICEF et de l'OMS. Progrès en matière d'assainissement et d'alimentation en eau, 2010.
- [6] T. Tahri, A. Bettahar, M. Douani. Dessalement de l'eau de mer par l'énergie solaire en vue de l'irrigation d'une serre agricole, Faculté des sciences et des sciences de l'ingénieur, Université de Hassiba Ben Bouali, Chlef, Algérie.
- [7] Boutbila Hichem, Etude et conception d'un distillateur solaire à usage agricole, thèse de doctorat 2012, Université des Frères Mentouri, Constantine-1.
- [8] Sommet économique et social euro-méditerranéen (N°3). Cooper par l'eau et pour l'eau dans l'espace euro-Méditerranéen. Casablanca, 27 à 28 Novembre 1997.
- [9] A. Kettab, Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision, Desalination, 136 (1): 25-33, 2001.
- [10] Selon la loi n°05-12 du 28 Jomada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005 relative à l'eau,
- [11] M. Mozas, G. Alexis, Etat des lieux du secteur de l'eau en Algérie, IPEMED, France, 2013.
- [12] Cate, Conseil économique et social, l'eau en Algérie le grand défi de domaine commission de l'aménagement du territoire et de l'environnement Algérie, <http://.www.cnes.dz/eau>, 2000,
- [13] M. Terra, Les réalisations de l'Algérie dans le secteur de l'eau de 1962 à 2012, ministère des ressources en eau, Algérie, 2013
- [14] Souak Fatma Zohra. La politique de l'eau en Algérie : Valorisation et développement durable. L'ENSSEA.

- [15] le dernier rapport de Banque Mondiale, 2015
- [16] Sellami Mohamed Hassen, 'Etude Et Amelioration Des Techniques De Distillation Solaire Dans La Region Sud-Est Algérien (Ouargla)', Thèse De Doctorat En Physique Université Kasdi Merbah Ouargla, 2014, p18,19,29,30.
- [17] S. Kachi, 'Etude et amélioration des techniques de la distillation solaire dans la région sud Algérien-Ouargla', master en génie chimique, université Kasdi Marbah Ouargla, 2011.
- [18] Amokrane Hakima. 'Le Développement Durable en Algérie : Etat des lieux et perspectives, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- [19] Bulletin International de l'Eau et de l'Environnement N°21, 1999.
- [20] [http://fr.ekopedia.org/wiki/Dessaleur\\_solaire](http://fr.ekopedia.org/wiki/Dessaleur_solaire). "Dessaleur Solaire", Licence Art Libre V1.2., 2006.
- [21] A.A.S. Malik, G.N. Tiwari, A. Kumar and M.S. Sodha, 'Solar Distillation', Pergamon Press, Oxford, England, 1982.
- [22] K. Salima" étude théorique et numérique de système couples : distillateur plan – capteur et distillateur hot box capteur
- [23] A.A. Sfeir and G. Guarracina, 'Ingénierie des Systèmes Solaires, Applications à l'Habitat', Technique et Documentation, Paris, 1981.
- [24] M. Telks, 'Solar Distiller for Life Rafts', Office of Science, USA, 1945.
- [25] L.G. Savornin, 'Etude sur l'Evaporation et la Condensation de l'Eau dans les Distillateurs Solaires, Application Thermique de l'Energie Solaire dans le Domaine de la Recherche et de l'Industrie', Colloques Internationaux, Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), 1961, 589–600.
- [26] E. Delyannis, 'The patros solar distillation plant', Sol. Energy, 12 (1968) 113– 115.
- [27] P.I. Cooper, 'Digital simulation of transient solar stills process', Sol. Energy, 12 (3) 313, (1969).
- [28] Maurel A., 'Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres : Et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce', Tec & Doc Lavoisier 2006
- [29] Alain Maurel. "Dessalement de l'Eau de Mer et des Eaux Saumâtres", Technique & Documentation, Paris, France, 2001.
- [30] Boudjebir Hind, 'étude de l'impact de l'écart de température (ambiance-eau) sur le rendement d'un distillateur solaire à effet de serre', thèse de magistère en génie climatique Université mentouri Constantine, (2010).

- [31] Mandi Benaissa, 'analyse-thermo-énergétique d'un procédé de dessalement d'eau de mer par voie solaire', thèse de magister en physique- école doctorale Université Tlemcen aboubekr belkaid, (2013).
- [32] A. Chaker, G. Menguy, Efficacité Interne d'un Distillateur Solaire Sphérique, Revue des Energies Renouvelables, Journée Thermique, pp. 53-58, 2001.
- [33] S. Mohamed Hassen" étude et amélioration des techniques de distillation solaire dans la région sud – est algérien (aurgla) , thèse , 2014
- [34] H. Ouahid, 'Etude de la performance d'un distillateur solaire par un système de préchauffage solaire de l'eau saumâtre', mémoire de magister, université Frère Mentouri Constantine 1, 2010.
- [35] S. Guemari , R. Touahir, 'Contribution a l'amélioration de rendement d'un distillateur solaire serre', mémoire master académique, universite Kasdi Marbah Ouargla, 2015.
- [36] R .Tripathi, G.N. Tiwari, "Performance Evaluation of a Solar Still by Using the Concept of Solar Fractionation', Desalination169 (2004) 69- 80.
- [37] Moussa Zerrouki, Yacine Marif, Moustapha Belhadj et Noureddine Settou, 'Simulation et expérimentation d'un distillateur solaire à film capillaire dans le sud Algérien', Vol. 4, N° 1, Juin 2012
- [38] Boutriaa Abdelouahab, 'Étude et réalisations d'un nouveau distillateur solaire', thèse de doctorat, 2018, Université Larbi Ben M'Hidi, Oum El Bouaghi.
- [39] K.Kalidassa Murugavel, 'A review of different methods to enhance the productivity of the multi-effect solar still ',renewable and sustainable energy reviews',2012.