

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE

Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du Diplôme de Master en
Mécanique option : Energétique

Titre
Etude expérimentale d'une distillation solaire
Avec préchauffage

Proposé et encadré par :
Dr Lafri Djamel
PR HAMID Abdelkader

Réalisé par :
Bouzak Mohamed El khathir
Remal Rokia

Année universitaire 2020/2021

ملخص

على مر السنين مشكلة توفر الطاقات وإمدادها بالإضافة لوفرة الماء موجودة. التنمية الصناعية، الديموغرافية المتسارعة، التكاليف الباهظة والتلوث كلها عوامل تدعم استخدام الطاقات المتجددة وخاصة الطاقة الشمسية. ومن الحلول الموصى بها استخدام المقطرات الشمسية كأحد الحلول للتعويض عن هذا النقص في الأماكن النائية والمحرومة حيث مياه الشرب غير كافية وتتواجد الطاقة الشمسية بوفرة.

الهدف من هذا العمل هو نهج تجريبي لتأثير اقتران مقطر شمسي مع لاقط شمسي مسطح على إنتاج مياه الشرب. أجريت التجربة لثلاث حالات مختلفة وهي: تسخين الماء في يوم صافي مشمس، تسخين الماء في يوم مغيم وتسخين الماء في يوم صافي مشمس مع تبريد الغطاء الزجاجي. أظهرت النتائج المتحصل عليها أن زيادة درجة حرارة الماء بواسطة اللاقط الشمسي المسطح تؤدي إلى زيادة الإنتاج في حالة سماء صافية وغائمة. يؤدي تبريد الزجاج عن طريق تقطير الماء البارد على السطح الخارجي إلى مضاعفة إنتاج الماء المقطر.

كلمات مفتاحية: التقطير الشمسي، لاقط شمسي مسطح، المياه المالحة، الماء المقطر

Résumé

Au fil des années, le problème de la disponibilité et l'approvisionnement des énergies et de l'eau ne font que s'accroître. Développement industriel, démographie galopante, coût exorbitant et pollution sont autant de facteurs qui plaident pour l'utilisation des énergies renouvelables et en particulier de l'énergie solaire.

Parmi les solutions préconisées, l'utilisation de distillateurs solaires est une des solutions pour pallier à ce manque dans les endroits reculés et désertiques où l'eau potable est insuffisante et l'énergie solaire abondante.

Le but de ce présent travail est une approche expérimentale de l'effet du couplage d'un distillateur solaire avec un capteur plan sur la production d'eau potable. L'expérimentation est portée pour trois situations différentes à savoir : préchauffage de la saumure pour un ciel clair, ciel nuageux avec préchauffage de la saumure et préchauffage de la saumure et refroidissement de la vitre. Les résultats obtenus, permettent de constater que l'augmentation de la température de la saumure par le capteur plan conduit à un accroissement de la production pour le cas ciel clair et nuageux. Le refroidissement de la vitre par ruissellement de l'eau froide sur la face extérieure de la vitre double la production de l'eau distillée.

Mots clés : Distillation solaire, capteur solaire plan, eau saumâtre, eau distillée

Abstract

Over the years, the problem of availability and supply of energy and water has only become more acute. Industrial development, galloping demographics, exorbitant costs and pollution are all factors which plead for the use of renewable energies and in particular solar energy.

Among the recommended solutions, the use of solar stills is one of the solutions to compensate for this lack in remote and deprived places where drinking water is insufficient and solar energy abundant.

The aim of this present work is an experimental approach of the effect of the coupling of a solar still with a flat collector on the production of drinking water. The experiment is carried out for three different situations: First, preheating the water for clear sky. Then, cloudy sky with preheating the water. Finally, preheating the water and cooling the glass. The results obtained show that the increase in the temperature of the water by the flat panel collector leads to an increase in production for clear and cloudy skies. Cooling the glass by trickling cold water onto the outside of the glass double the production of distilled water.

Keys words: Solar distillation, flat solar collector, salt water, distilled water

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, merci pour le grand DIEU notre créateur qui nous a donné la volonté, la force et le courage pour le parachèvement de ce travail durant cette période difficile.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude au Docteur **LAFRI Djamel** et au Professeur **HAMID Abdelkader** pour les conseils bénéfiques et son soutien qu'il n'ont cessé de nous apporter tout au long de ce travail.

Nos remerciements s'adressent également à Monsieur **SEMMAR Djaffer**, Professeur à l'université Saad DAHLEB, pour avoir manifesté un grand intérêt pour le sujet en acceptant d'être Président de Jury.

Nous voudrions également exprimer toute notre reconnaissance à Mademoiselle **KHARCHI Razika**, Maitre de recherche A au Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER) Bouzareah Alger. D'avoir accepté de nous faire l'honneur de juger ce travail et de participer à notre jury de mémoire.

Tous nos remerciements et notre estime se dirige à monsieur **DOUMAZ Toufik** enseignant au département des énergies renouvelables pour son aide, sa disponibilité, ses conseils, et surtout l'intérêt qu'il a porté à notre travail

Nous profitons également pour remercier chaleureusement tous les enseignants du département de Mécanique qui ont contribué à notre formation.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mon cher père

A ma chère mère

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mes grands-parents

Qui je souhaite une bonne santé.

A mes frères Kamarelddine, Islam et Youcef

A ma chère sœur Ferial

Pour ses soutiens moraux et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A ma cher tante Nadhera

A mes cousines

Qui m'ont aidé et supporté dans les moments difficiles.

A ma binôme Rokia

Pour son entente et sa sympathie.

A mes amis

Qui m'ont supporté et soutenu, et pour les moments inoubliables qu'on a passé.

Mohamed El khathir

Dédicaces

A mes chers parents, pour leur disponibilité, leur présence, leurs encouragements ainsi
Que pour tous les sacrifices consentis à mon éducation, et qui n'ont d'égal que le
Témoignage de mon profond amour, que Dieu le tout puissant leurs procure, santé, et
Longue vie, Pour qu'ils restent le flambeau qui illuminera ma vie, merci car vous m'avez
Jamais coupé les ailes, au contraire, vous m'avez appris comment survoler
A mon frère, Khierddin, et à mes sœur Selma et Halima.

A Mes nièces Loujain et Dania, et mon neveu Racim.

A ma cousine Soumia.

A tous mes ami(e)s Oulfa, Ilhem, Hanan et Tayeb ainsi que mes ami(e)s universitaires.

A mon binôme, Mohamed pour tous les inoubliables moments difficiles partagés ensemble.

A tous les enseignants humains, et consciencieux, qui ont contribué à faire de moi ce
Que je suis aujourd'hui qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude, ma
Reconnaissance, et mon profond respect

Rokia

Table des matières

| | |
|--|----|
| Introduction | 13 |
| Chapitre 1 : Etude bibliographique et Etat de l'art..... | 14 |
| 1.1 Introduction : | 15 |
| 1.2 Historique : | 15 |
| 1.3 Distillateur solaire : | 16 |
| 1.4 Composants d'un distillateur solaire : | 17 |
| 1.5 Différents types de distillateur solaire : | 17 |
| 1.5.1 Distillation solaire à effet de serre : | 17 |
| 1.5.2 Distillateur solaire à multiple effet : | 21 |
| 1.6 Les études sur les distillateurs solaire conventionnels : | 23 |
| 1.7 Conclusion..... | 29 |
| Chapitre 2 : Description du banc d'essai..... | 30 |
| 2.1 Introduction : | 31 |
| 2.2 Description du système couplé distillateur plan -capteur : | 31 |
| 2.3 Description du capteur plan : | 32 |
| 2.3.1 La couverture transparente : | 33 |
| 2.3.2 L'isolant : | 33 |
| 2.3.3 L'absorbeur : | 33 |
| 2.3.4 Le coffre : | 33 |
| 2.4 Principe de fonctionnement du capteur plan : | 33 |
| 2.5 Différents composants du distillateur solaire plan : | 34 |
| 2.5.1 Bac absorbant : | 35 |
| 2.5.2 La couverture verrière : | 36 |
| 2.5.3 Isolation thermique : | 36 |
| 2.6 Lieu de l'expérimentation : | 36 |
| 2.7 Paramètres à mesurés : | 36 |
| 2.7.1 Mesure des températures : | 37 |
| 2.7.2 Mesure des éclairagements solaires globaux : | 38 |
| 2.7.3 Mesure de la vitesse du vent el la température ambiante et l'humidité : | 38 |
| 2.7.4 Mesure de la production de l'eau distillée : | 39 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 2.7.5 | Mesure de débit qui circule dans le capteur : | 40 |
| 2.7.6 | Acquisition des données : | 41 |
| Chapitre 3 : Résultats et interprétation..... | | 43 |
| 3.1 | Introduction | 44 |
| 3.2 | 1^{ère} Situation : Préchauffage de la saumure seul pour une journée ciel clair | 45 |
| 3.2.1 | Partie Capteur : | 46 |
| 3.2.2 | Partie distillateur : | 48 |
| 3.3 | 2^{ème} Situation : Préchauffage de la saumure seul pour une journée nuageuse..... | 51 |
| 3.4 | 3^{ème} Situation : Préchauffage de la saumure et refroidissement de la vitre | 56 |
| 3.5 | Conclusion : | 62 |
| Conclusion générale | | 63 |
| Références | | 64 |

Liste des Figures

| | | |
|-------------|---|----|
| Figure 1.1 | Distillateur solaire simple | 14 |
| Figure 1.2 | Distillateur solaire à pente unique | 16 |
| Figure 1.3 | Distillateur solaire à double pente | 16 |
| Figure 1.4 | Distillateur solaire sphérique à balayage | 17 |
| Figure 1.5 | Distillateur terre- eau | 17 |
| Figure 1.6 | Distillateur solaire à film capillaire | 18 |
| Figure 1.7 | Distillateur solaire incliné à mèche | 19 |
| Figure 1.8 | Distillateur solaire à diffusion | 19 |
| Figure 1.9 | Distillateur solaire a cheminée | 20 |
| Figure 1.10 | Distillateur solaire à évaporant | 20 |
| Figure 1.11 | Distillateur solaire simple. | 22 |
| Figure 1.12 | Distillateur solaire a double vitrage | 22 |
| Figure 1.13 | Distillateur solaire avec condenseur tubulaire externe | 23 |
| Figure 1.14 | Distillateur solaire a doublé pente | 24 |
| Figure 1.15 | Distillateur solaire couple à une source | 25 |
| Figure 1.16 | Installation de distillateur solaire avec système de préchauffage (Plan en serpentin) | 25 |
| Figure 1.17 | Distillateur solaire avec réservoir de stockage et source de chaleur | 26 |
| Figure 2.1 | Schéma du dispositif expérimental | 29 |
| Figure 2.2 | Eléments constitutifs du capteur plan | 30 |
| Figure 2.3 | Capteur solaire plan utilisé | 32 |
| Figure 2.4 | Schéma du distillateur solaire | 33 |
| Figure 2.5 | Bac absorbant | 33 |
| Figure 2.6 | Emplacement des thermocouples | 35 |
| Figure 2.7 | Pyranomètre | 36 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Figure 2.8 | Anémomètre à moulinet | 37 |
| Figure 2.9 | Bécher gradué | 37 |
| Figure 2.10 | Mesure du débit | 38 |
| Figure 2.11 | Injection du colorant | 39 |
| Figure 2.12 | D'acquisition de type FLUKE Hydra Séries | 39 |
| Figure 3.1 | Evolutions des éclairagements solaires reçus par le capteur et le distillateur | 42 |
| Figure 3.2 | Variations de la température ambiante et la vitesse du vent et l'humidité | 42 |
| Figure 3.3 | Variation de la température d'entrée et de la sortie du capteur | 43 |
| Figure 3.4 | Variation de débit massique qui circule dans le capteur | 43 |
| Figure 3.5 | Variation du rendement instantané du capteur plan | 44 |
| Figure 3.6 | Variation de température du bac | 45 |
| Figure 3.7 | Variation de la température de la saumure | 45 |
| Figure 3.8 | Variation de la température de vitre | 46 |
| Figure 3.9 | (a), (b) Quantité cumulée d'eau distillée produite | 47 |
| Figure 3.10 | Eclairagements solaires qui arrivent au système | 48 |
| Figure 3.11 | Variation de la température d'entrée et de la sortie du capteur | 48 |
| Figure 3.12 | Variation de débit massique qui circule dans le capteur | 49 |
| Figure 3.13 | Variation du rendement instantané du capteur | 49 |
| Figure 3.14 | Variation de température du bac | 50 |
| Figure 3.15 | Variation de la température de la saumure | 50 |
| Figure 3.16 | Variation de la température de vitre | 51 |
| Figure 3.17 | (a), (b) Variation temporelle de la production | 52 |
| Figure 3.18 | Refroidissement de la vitre. | 53 |
| Figure 3.19 | Variation de rayonnement globale en fonction du temps | 54 |
| Figure 3.20 | Variation de la température ambiante et la vitesse du vent et l'humidité | 54 |
| Figure 3.21 | Température d'entrée et de la sortie du capteur | 55 |
| Figure 3.22 | Variation de débit massique du capteur | 55 |
| Figure 3.23 | Rendement instantané du capteur | 56 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Figure 3.24 | Variation de température de la vitre | 56 |
| Figure 3.25 | Variation de température du bac | 57 |
| Figure 3.26 | Variation de la température de la saumure | 57 |
| Figure 3.27 | (a), (b) variation de la production cumulée | 58 |
| Figure 3.28 | Production de 3 situations | 59 |

Liste des tableaux

| | | |
|--------------------|--|----|
| Tableau 2.1 | Caractéristiques géométriques du système | 34 |
| Tableau 2.2 | Emplacement des thermocouples | 35 |

Introduction

Avec la croissance démographique très rapide, la pollution et le gaspillage, l'eau vient déjà à manquer dans certaines régions de la planète. Il faut donc envisager le dessalement des eaux saumâtres, et/ou des eaux de mer, pour répondre au ravitaillement en eau potable de l'humanité. La distillation solaire constitue un des procédés qui permettra d'approvisionner notamment les villages et les petites villes à consommation limitée.

Notre pays qui dispose de ressources hydriques salines considérables et d'un gisement solaire tout aussi important, doit utiliser les techniques de dessalement, dont la fiabilité n'est plus à démontrer, en les associant à des sources d'énergies renouvelables. Parmi les techniques utilisées dans ce domaine, et pour des besoins relativement faibles d'eau potable, la distillation solaire peut être une solution très intéressante surtout pour les zones arides et désertiques. Malheureusement le rendement de ce procédé reste néanmoins fort limité. Différents modèles de distillateurs solaires ont été conçus et étudiés en fonction de différents paramètres affectant son rendement. 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. Dans le but d'améliorer ce dernier, nous avons réfléchi à modifier la structure du distillateur solaire en le couplant avec un capteur solaire plan, afin d'aboutir aux meilleures performances de ce type de distillation

Notre manuscrit est divisé en trois chapitres,

Le chapitre 1 est composé d'un rappel ou d'une présentation des connaissances générales sur la distillation solaire et les différents types des distillateurs présentés.

Le chapitre 2 est consacré aux expériences effectuées qui consistent à observer les évolutions (température, production d'eau distillée, etc.), suivis de discussions et d'interprétations des résultats obtenus

.dans le chapitre 3 nous présentons les résultats expérimentaux obtenus.

Enfin, la thèse est clôturée par une conclusion générale qui reprend les principaux résultats de nos travaux de recherche, ainsi que les remarques générales à l'égard de ceux-ci. Des perspectives sont également présentées tant au niveau des développements à venir sur ce travail qu'au niveau des voies ouvertes par l'usage de ce dernier

Chapitre 1 : Etude bibliographique et état de l'art

1.1 Introduction :

L'étude de distillateur solaire à effet de serre conventionnel est rendue délicate par la complexité des échanges thermique et massique à l'intérieur et à l'extérieur du distillateur.

De plus, les géométries du distillateur et leurs influences sur le rendement ou sur la modélisation, en général sont le lieu de nombreux autres problèmes, comme l'isolation thermique, le rayonnement incident, les matériaux de construction, etc., et le cout du distillateur solaire. Pour ces raisons, la majorité des études sur le distillateur solaire, donnent toujours le cout de la réalisation et la modélisation avec simulation de la production journalière.

La présentation de ces travaux est l'objet des deux parties suivantes :

1. Les études sur les distillateurs solaire conventionnels.
2. Les études sur les distillateurs solaire actifs (Energie d'appoint).

Nous allons présenter les différents modelés des distillateurs solaires et les critères utilisés dans ces études.

1.2 Historique :

L'utilisation de l'énergie solaire pour le dessalement de l'eau a été envisagée dès 1872 dans le nord du chili, par l'ingénieur suédois Carlos Wilson. Il permettait de fournir de l'eau potable aux animaux de trait à partir de l'eau salée de la mer. Ce système ne fonctionna que jusqu'en 1910 à cause de l'accumulation rapide des sels dans le bassin, nécessitant un nettoyage régulier du distillateur. La distillation solaire connut une période creuse entre 1880 et la première guerre mondiale. En 1920, Kaush utilisa des réflecteurs en métal pour concentrer les rayons solaires ; il en résulta l'apparition de nouveaux appareils (types toit, couverture en V, plateau incline...etc.).

Une installation due à Ginestous groupant 30 appareils de 1 m² fut réalisée et exploitée à Bernardine en Tunisie en 1929. Au début des années 30, Trifinov proposa un distillateur incline ; en 1938 Abbott utilisa des réflecteurs cylindriques paraboliques pour concentrer le rayonnement solaire, le tout est achemine dans des tubes contenant de l'eau.

Maria Telks inventa en 1945 un nouveau type de distillateur solaire de forme sphérique, qui fut utilisé par la marine américaine ; un grand nombre de ce modèle, environ 2000 a été utilisé

pendant la 2eme guerre mondiale. 1969, Cooper proposa une simulation pour analyser les performances d'un distillateur solaire type serre. Depuis les années 70, plusieurs autres types de distillateurs ont été élaborés et étudiés, parmi lesquels, nous pouvons, sans être exhaustif citer:

Le distillateur a effet multiple (Oltra, 1972 ; Bartali, 1976).

Le plateau incliné ou le distillateur solaire incliné (Howa, 1961 Akhtamov et al, 1978)

Le distillateur solaire type mèche inclinée ou type multiple mèches (Frick et Somerfeld 1973; Soda et al 1980 ; Moustafa 1979)

Combinaison du distillateur solaire à effet de serre (Salcuk, 1970, 1971 ; Sodha et al, 1980)

Distillateur solaire chauffe indirectement (Soliman 1976 ; Malik et al 1973, 1978, Sodha et al 1981).

1.3 Distillateur solaire :

Le distillateur solaire est le procédé de dessalement le plus ancien et le plus simple puisqu'il utilise l'énergie du soleil pour distiller l'eau.

Le processus est effectué à l'intérieur d'une serre de verre fermée et exposée au soleil. L'eau à dessaler est conduite dans la serre, l'épaisseur de l'eau étant de quelques centimètres. Sous l'action du rayonnement du soleil, l'air intérieur est 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.

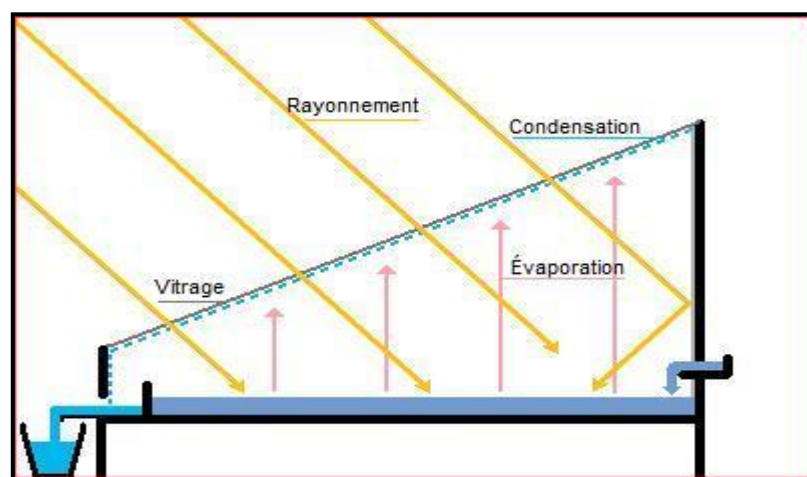


Figure 1.1 [1] : Distillateur solaire simple

1.4 Composants d'un distillateur solaire :

La technique de dessalement de l'eau de mer à l'énergie solaire utilisant un distillateur simple, basée sur le principe de l'effet de serre généralement, fait intervenir une installation qui se compose de :

- **Une couverture transparente** : en verre ou parfois en plastique disposée en pente. Le verre est recommandé pour les applications à long terme mais il est généralement coûteux, fragile et lourd. Le plastique (tel que polyéthylène) peut être choisi pour usage de courte durée, à cause de sa faible résistance à la chaleur.
- **Un bac absorbant** : la plaque de l'absorbeur est généralement en métal, le plus couramment est l'acier inoxydable.
- **Une isolation thermique** : on place une ou plusieurs couches d'isolant du type laine de verre, polystyrène, mousse-polyuréthane...etc. ces derniers peuvent être construits sous forme de produits modulables, il s'agit généralement d'un bac (plastique, tôle, bois...) isolé inférieurement et recouvert d'un vitrage. Ce modèle est utilisé seulement pour de très petites capacités, plusieurs dizaines de litres par jour. Quand les besoins sont plus importants, plusieurs centaines de litres par jour, les distillateurs sont construits en maçonnerie (béton, bois,) sous forme de grands bassins vitrés.

1.5 Différents types de distillateur solaire :

Les procédés de dessalement par distillation utilisant l'énergie solaire sous forme thermique sont :

1.5.1 Distillation solaire à effet de serre :

Soit une serre fermée et exposée au soleil à l'intérieure de laquelle se trouve une lame d'eau de mer ou d'eau saumâtre de quelques centimètres d'épaisseur. L'air à l'intérieur de la Serre est surchauffé et saturé de vapeur d'eau (douce) qui se condense au contact de la paroi en verre relativement froide. Les gouttes d'eau douce peuvent être recueillies en bas du vitrage dans une gouttière. Il existe en plusieurs modèles.

- **Distillateur solaire à pente unique** : Le distillateur à pente unique à un capteur unique incliné d'un angle (β).

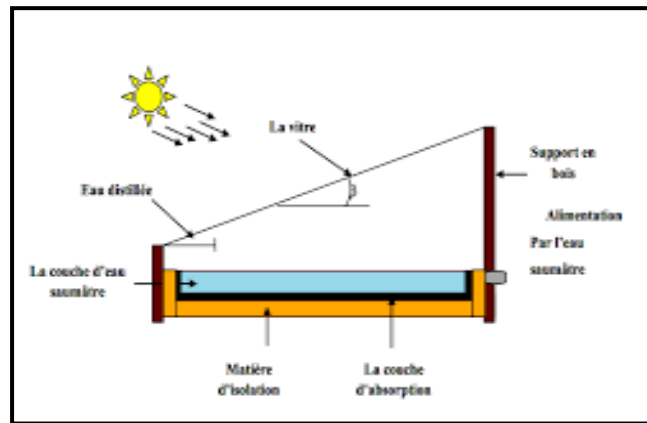


Figure 1.2 [2] : Distillateur solaire à pente unique

- **Distillateur solaire à double pente** : C'est un distillateur à double capteurs où chacun d'eux est incliné d'angle (β), son avantage est qu'il expose un capteur au soleil et un autre à l'ombre pour accélérer la condensation.

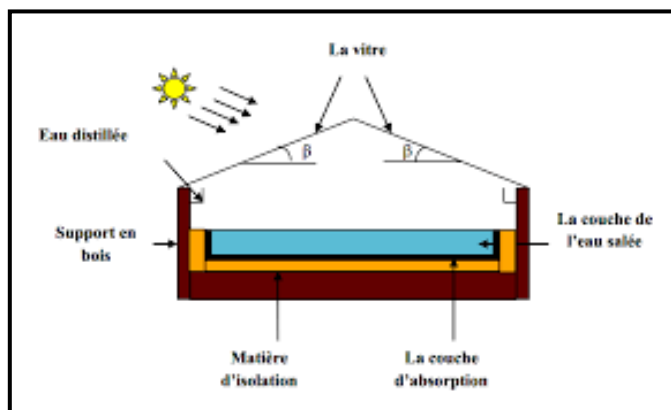


Figure 1.3 [2] : Distillateur solaire à double pente

- **Distillateur solaire sphérique à balayage** : Ce distillateur est constitué d'une sphère en plexiglas ou autres matériaux plastiques transparents reposants sur des supports, et d'un système mécanique de récupération de l'eau distillée par l'intermédiaire d'un essuie-glace entraîné par moteur électrique.

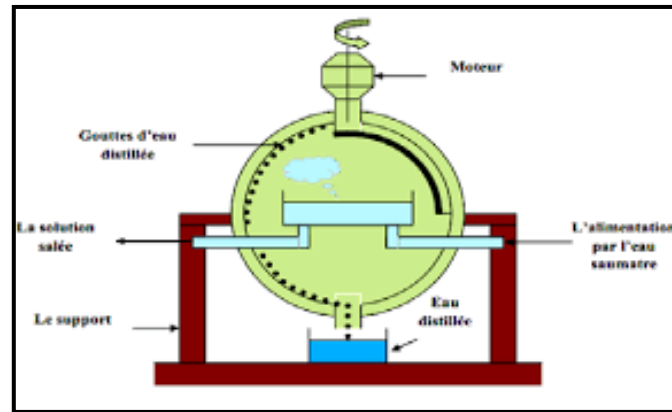


Figure 1.4 [2] : Distillateur solaire sphérique à balayage

- **Distillateur terre- eau :** c'est un distillateur contenu dans le sol. Il est similaire à double effet. De grandes quantités d'humidité sont accumulées dans la terre durant la saison froide. De même dans les zones arides. Pour cette hydrologie naturelle on utilise le distillateur solaire terre eau.

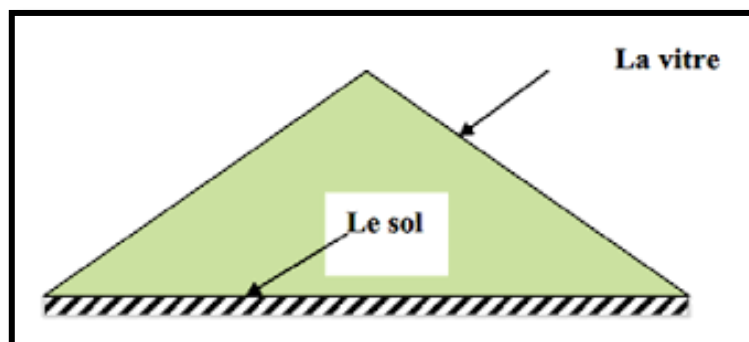


Figure 1.5 [2] : Distillateur terre- eau

- **Distillateur solaire à film capillaire :** Il se compose d'une très mince couche de textile à mailles fines, imbibée d'eau qui se maintient d'elle même au contact de la plaque jouant le rôle d'évaporateur. Les forces de tension interfaciale, nettement supérieures à celles de la pesanteur, jouent un rôle très important dans la formation du film capillaire, de faible inertie thermique, en empêchant toute formation de bulles d'air.

Ce distillateur 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.

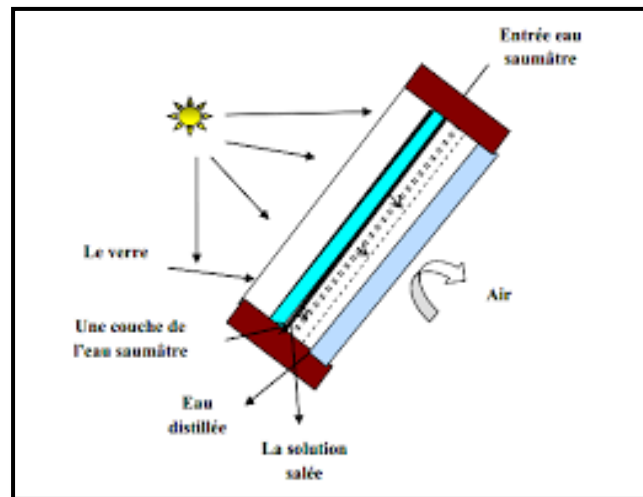


Figure 1.6 [2] : Distillateur solaire à film capillaire

- Distillateur solaire incliné à mèche : Dans un distillateur à mèche, l'eau d'alimentation coule lentement à travers une garniture poreuse, absorbant les rayonnements (mèche). Deux avantages sont revendiqués sur les distillateurs de bassin. D'abord, la mèche peut être inclinée de sorte que l'eau d'alimentation présente un meilleur angle avec le soleil (réduisant la réflexion et présentant une grande surface efficace). En second lieu, moins d'eau d'alimentation est dans le distillateur à tout moment, donc l'eau est chauffée plus rapidement et à une température élevée.

Les distillateurs simples à mèche sont plus efficaces que les distillateurs à bassin et quelques conceptions sont prétendues coûter moins qu'un distillateur à bassin de même rendement. L'appareil incliné à mèche permet de maintenir à peu près constante l'épaisseur de la lame d'eau.

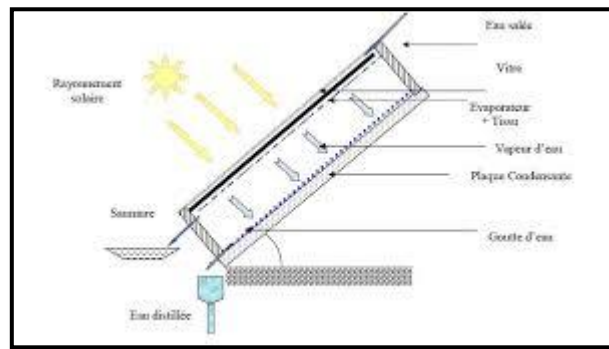


Figure 1.7 : Distillateur solaire incliné à mèche

1.5.2 Distillateur solaire à multiple effet :

- **Distillateur solaire à diffusion** : Se compose principalement de deux parties : un réservoir de stockage relié à un capteur et une série de plaques métalliques parallèles et verticales. L'eau chaude provenant du réservoir de stockage échauffe la première plaque et provoque l'évaporation de l'eau qui coule sur le côté droit de celle-ci, la vapeur d'eau produite se condense sur le côté gauche de la deuxième plaque, la chaleur de condensation libérée servira à évaporer l'eau qui coule sur le côté droit de la deuxième plaque et ainsi de suite jusqu'à la dernière plaque où la chaleur de condensation va contribuer au préchauffage de l'eau salée d'alimentation.

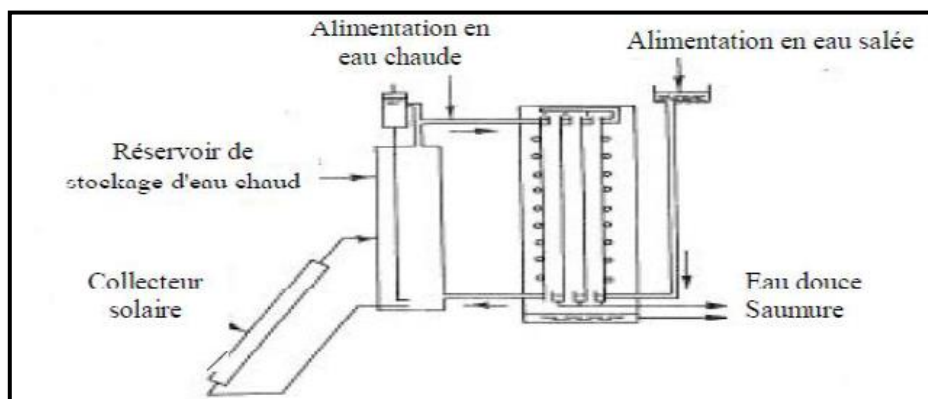


Figure 1.8 : Distillateur solaire à diffusion

-**Distillateur solaire a cheminée** : Ce distillateur se différencie des autres distillateurs conventionnels par l'adjonction d'une cheminée dans laquelle se trouve un échangeur de chaleur, le conduit plan couvert d'une vitre sert à capter l'énergie solaire. Sous l'effet du

rayonnement solaire, l'eau saumâtre qui coule dans le conduit s'évapore et monte dans la cheminée où il se condense, la chaleur de condensation peut être utilisée pour le préchauffage de l'eau entrant dans le système.

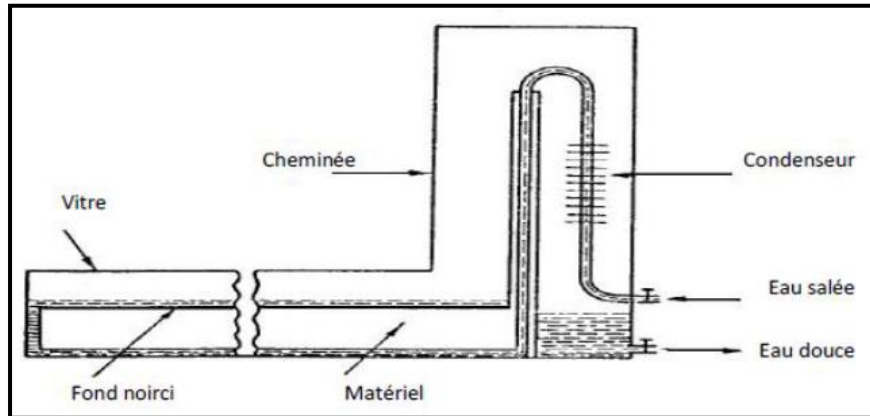


Figure 1.9 : Distillateur solaire a cheminée

-Distillateur solaire à évaporant : Ce distillateur est conçu pour économiser la quantité de chaleur utilisée pour l'évaporation. L'évaporateur est constitué par la juxtaposition de trois plaques parallèles légèrement distinctes. L'eau à distiller passe dans la première enceinte et arrive au capteur où elle s'échauffe puis s'évapore dans la deuxième enceinte, et la condensation s'effectue sur la face inférieure du milieu. Les deux dernières plaques sont munies d'un grillage qui augmente l'échauffement et uniformise l'écoulement de l'eau.

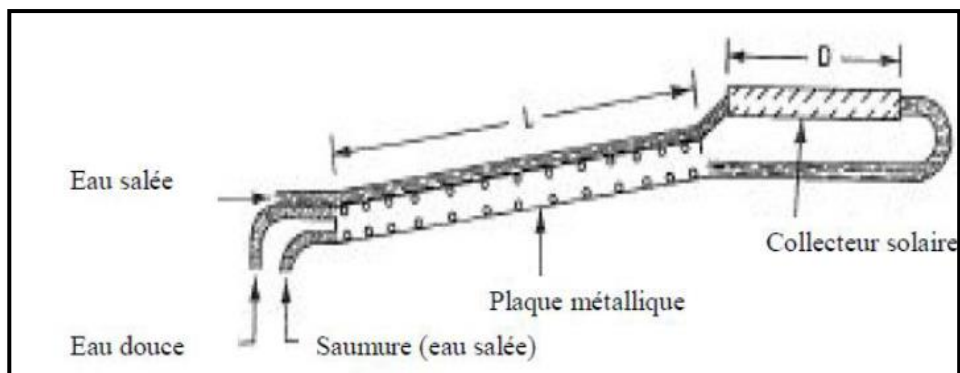


Figure 1.10 : Distillateur solaire à évaporant

1.6 Les études sur les distillateurs solaires conventionnels :

Nous désignons sous le terme analytique les approches extraient directement des équations de la modélisation du distillateur solaire simple. Ces approches s'opposent aux simulations numériques qui calculent les solutions à partir d'une résolution des équations différentiels du premier ordre et aux études expérimentales des distillateurs de différents géométries.

- **Muhammed Ali samee et al [3]**, ont conçu un distillateur solaire simple. Le distillateur solaire réalise à une production journalière de 1,7 litre/jour pour une surface de l'absorbant égale 0.54 m² pour la journée 8 juillet 2004.

L'efficacité du distillateur est de 30.65% avec une production horaire maximale de 0.339 litres/h. les valeurs des TDS et le PH sont conformes aux directives de l'organisation mondiale de la santé concernant la qualité d'eau potable.

- **P. valsaraj [4]**, a présente une étude expérimentale sur un distillateur solaire simple incliné. Pour chauffer la nappe d'eau, il a utilisé une feuille d'aluminium pliée et perforée flottant au-dessus de cette eau. Dans cette modification, le rayonnement solaire est intercepté par la feuille flottant sur la surface de l'eau. L'Energie thermique gagnée par la feuille est transférée aux molécules d'eau à la couche supérieure, d'où les molécules d'eau vont s'échapper dans l'air vide, directement par les trous de la feuille. Être libre à la couche supérieure, cette Energie thermique n'est transférée à la masse entière d'eau par convection comme dans le distillateur normal. Ainsi, dans cette conception modifiée, l'évaporation commence à des taux plus élevés que dans le cas d'un distillateur simple.

Le rendement de distillateur est amélioré considérablement, particulièrement quand la profondeur d'eau est élevée. L'étude a également indiquée que certains éléments de la conception renforceront encore la production en raison de la modification apportée. (Voir la Figure.1-2).

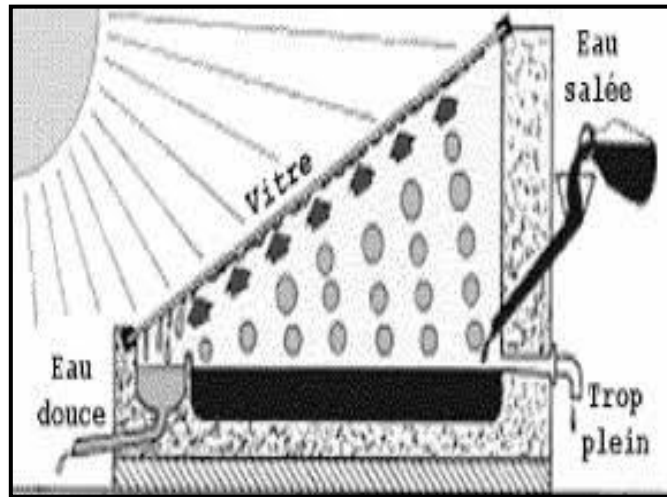


Figure 1.11 [5] : Distillateur solaire simple

- **Abu-Arabie et al [6]**, ont présente une étude d'un distillateur solaire conventionnel a double vitrage refroidi par une saumure froide. La fonction de cette saumure est d'abaisser la température du verre et d'augmenter ainsi le gradient de la température eau-vitrage.

Ceci a comme conséquence l'amélioration de la performance, qui est représenté par une vitesse plus rapide d'évaporation du bassin la performance du distillateur est comparée a celle d'un distillateur solaire conventionnel a simple vitrage dans des conditions atmosphérique identique. Les résultats prouvent que la performance relative des distillateurs dépend du type de l'isolation thermique utilise. La performance de distillateur solaire conventionnel a double vitrage est proche de celle du distillateur simple.

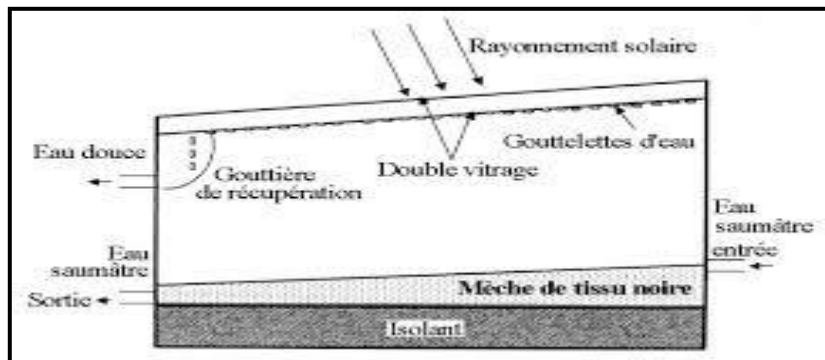


Figure 1.12 [7] : Distillateur solaire a double vitrage

- **E. zayouti et al [8]**, ont amélioré la condensation de vapeur d'eau accumulée dans le distillateur par un écoulement naturel ou force vers un condenseur indépendant (Voir la Figure.1-3).

Les performances de ces prototypes varient en fonction de l'effet d'ombrage, de l'état de l'isolation thermique de système, du taux de transmission de la couverture transparente et de la taille de l'enceinte considérée. Cette technique constitue un moyen d'intensification de la condensation et permet d'améliorer notablement l'efficacité.

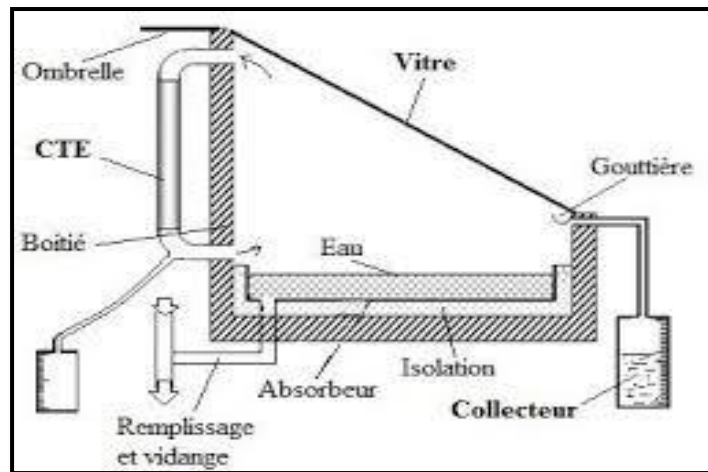


Figure 1.13 [9] : Distillateur solaire avec condenseur tubulaire externe

- **K. kalidasa murugavel et al**, ont fabriqué et teste un distillateur solaire a doublé pente (figure.1.4) utilisant une couche d'eau minimale de profondeur de 0.5 cm et de différents matériaux sensibles qui ont tendance de stocker la chaleur comme la roche de quartzite, les morceaux de brique rouge, les morceaux de ciment concret (béton), les cailloux et le fer. Il a été constaté que le distillateur a roche de quartzite donne une meilleure production par jour. Un modèle thermique a été développé pour valider les résultats de ce distillateur avec précision. Le Taux de production est estimé par le modèle théorique est en bon accord avec les valeurs expérimentales.

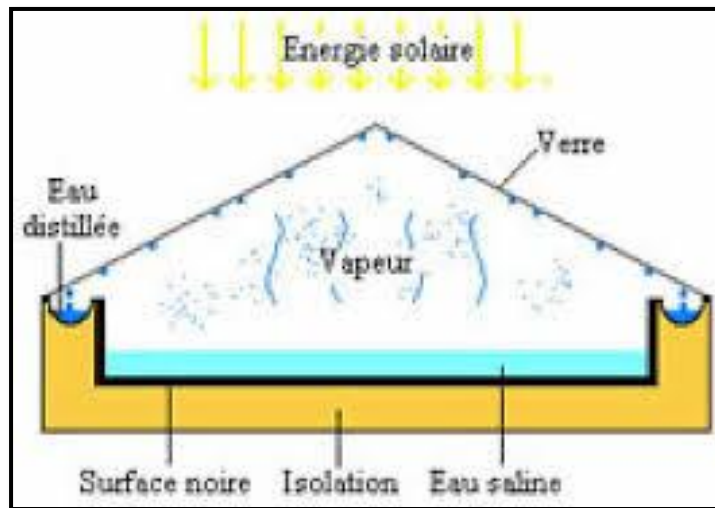


Figure 1.14 [6] : Distillateur solaire a doublé pente

Etude du distillateur solaire actif :

L'ensemble des travaux présente précédemment, donne une solution alternative d'approvisionnement en eau douce un monde rural. Il y a des régions caractérisées par des gisements solaires très important, le distillateur simple à effet de serre pourrait convenir à ces régions d'autant plus que leur conception ne présente pas des difficultés techniques.

Cependant, leur production en eau douce reste insuffisant. Dans le but d'améliorer leur rendement, les études ci-dessous donnent des solutions.

- **L. cherrared [10]**, a comparé le distillateur simple au distillateur a couple chauffe- eau solaire. Déférents paramètres ont fait l'objet d'une campagne de mesures, principalement : le flux solaire, la température des différentes parties de l'installation (vitrage interne, saumure, l'air interne, eau d'alimentation, etc.) et la production journalière. Les résultats obtenus permettent de voir l'influence de la température de l'eau d'alimentation sur la production journalière d'un distillateur solaire qui malheureusement n'a pas attient le maximum vu l'existence de la période inerte (8h,11h, sans amélioration).



Figure 1.15 [11] : Distillateur solaire couple à une source

• **R.menina et al [12]**, ont développé un distillateur couple a un système de préchauffage de l'eau d'appoint. Cette étude consiste en une comparaison expérimentale entre deux distillateurs solaires identiques, de type 'hot box', l'un fonctionnant normalement et l'autre avec système de préchauffage (capteur – échangeur). L'expérimentation sur site n'a pas conduit à l'amélioration de la productivité du distillateur solaire de type 'hot box' par préchauffage de l'eau d'appoint. Le système de préchauffage 'capteur-échangeur', bien qu'il ait le mérite d'être économique du point de vue énergétique, ne s'apprête pas facilement à la manipulation. Le réglage de la température de l'eau d'appoint est très difficile sinon impossible de réaliser.

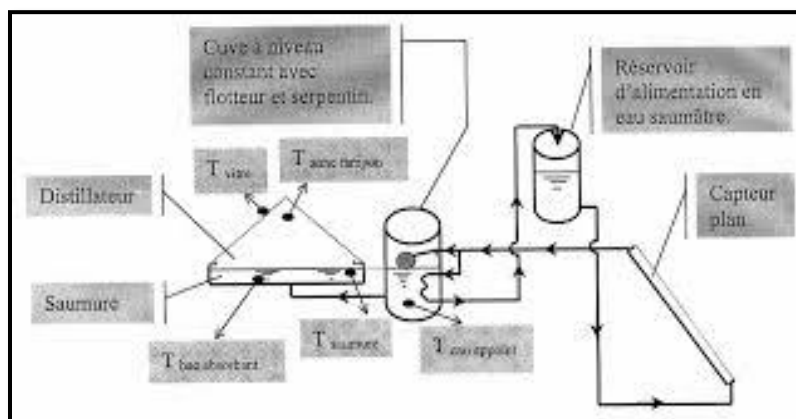


Figure 1.16 : Installation de distillateur solaire avec système de préchauffage

(Plan en serpentin)

- **E. Mathioulakis et V. Belessiotis [13]**, Ils ont étudié le cas de couplage du distillateur solaire avec une source de chaleur externe en utilisant un réservoir de stockage d'eau chaude couplé thermiquement au bassin d'eau saline. Ils ont montré que cette conception mène aussi à un rendement élevé, en raison de température d'eau élevée. Avec cette configuration, le système fonctionne pendant la période de faible ou sans soleil, en raison de la transmission de la chaleur à partir du réservoir d'eau chaude au bassin d'eau froide. Dans ce cas-ci le distillateur agit comme un condenseur ayant un taux presque constant de production d'eau. Cette conception permet l'utilisation de toutes les sources thermiques disponibles à proximité, telles que la chaleur des déchets industriels, la chaleur de condensation des refroidisseurs, les sources conventionnelles, les sources géométriques.

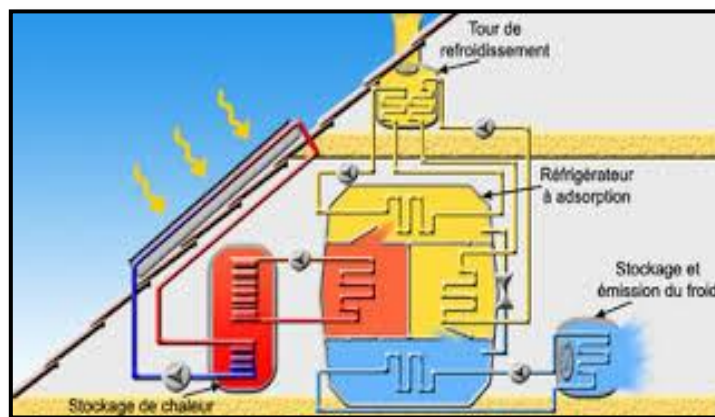


Figure 1.17 [14] : Distillateur solaire avec réservoir de stockage et source de chaleur

- **Boutemtam Djamel et Benhoura farid [15]**, ont conçu un distillateur solaire avec un système de préchauffage (l'échangeur est relié à un réservoir appoint). Le distillateur solaire est réalisé au niveau de département de mécanique (Blida). La production journalière est de 1.7 litre/jour pour une surface de l'absorbeur égale 0.64 m², avec production horaire maximale de 0.4 litre/h.

- **Bouزيد Mustapha [16]**, ont réalisé un distillateur solaire simple et ont étudié comparative de deux distillateurs plan (sans et avec préchauffage). Les deux ont la même section de bassin et les mêmes dimensions intérieures. À la fin des tests le distillateur simple produit 2.3 litre et le distillateur avec système préchauffage produit 3 litres.

Elles ont conclu que le système de préchauffage est une technique d'amélioration du des performances du distillateur.

1.7 Conclusion

L'analyse des différents travaux consacrés à l'étude des performances de la distillation solaire pour différents configurations montre l'importance majeure de la distillation solaire. Les besoins en eau douce sont de plus en plus croissants et le dessalement des eaux saumâtres et de l'eau de mer apparait comme une solution très intéressante surtout pour les zones arides et isolées.

2 -Chapitre 2 : Description du banc d'essai

2.1 Introduction :

L'objectif de c'est de présenter le dispositif expérimental et le matériel qui le compose ainsi l'instrumentation utilisées pour la mesure des paramètres qui influent sur les performances de ce dispositif.

2.2 Description du système couplé distillateur plan -capteur :

Dans cette installation (Figure 2.1), le distillateur plan est essentiellement constitué d'une capacité étanche surmontée d'une vitre. La partie inférieure est recouverte d'un plan d'eau (eau saumâtre ou eau de mer). Sous l'action du flux solaire IG, 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 récepteur. Afin de réduire les pertes de chaleur vers l'extérieur, les parois latérales et inférieures sont isolées. Le distillateur est raccordé par des tubes au capteur solaire plan à circulation de liquide caloporteur (eau) constitué d'un absorbeur avec un tube en cuivre en forme de serpentin, une couverture transparente en verre trempé et un coffre isolé par de la laine de verre ; le système fonctionne en thermosiphon.

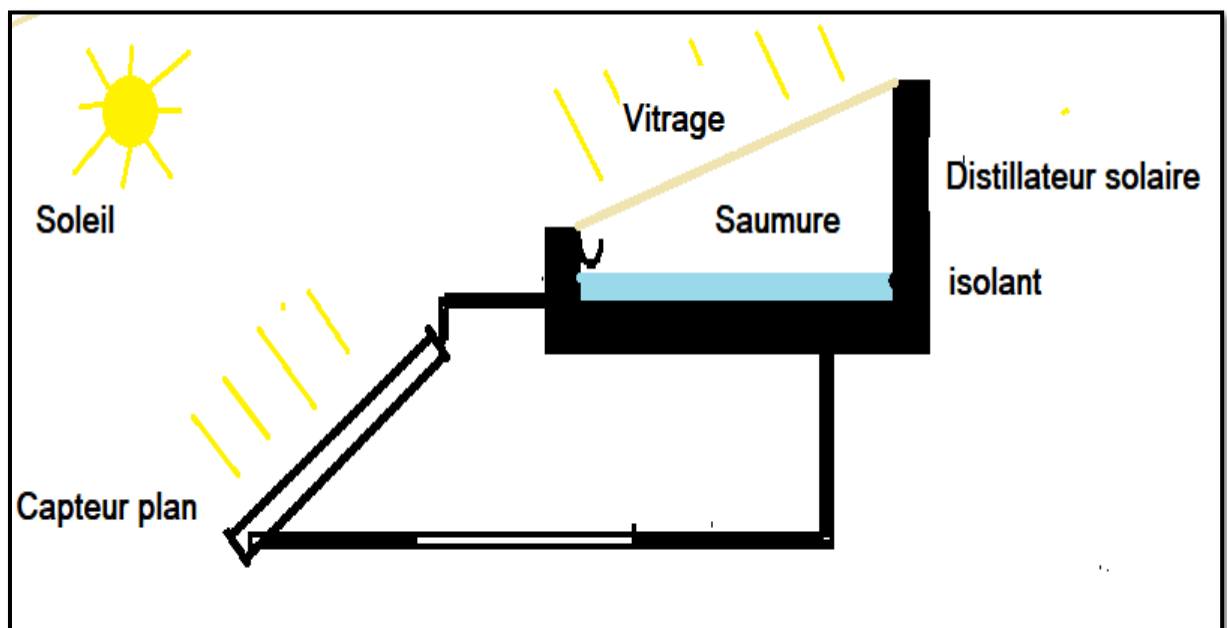


Figure 2.1 : Schéma du dispositif expérimental

2.3 Description du capteur plan :

Le capteur plan thermique qu'on incorpore dans l'installation est un capteur fabriqué au niveau du département des énergies renouvelables, ces dimensions extérieures sont : $L = 1900 \text{ mm}$, $l = 920 \text{ mm}$, $e = 120 \text{ mm}$. L'entrée d'eau froide se fait par une entrée en bas du capteur et la sortie d'eau chaude se fait par le haut.

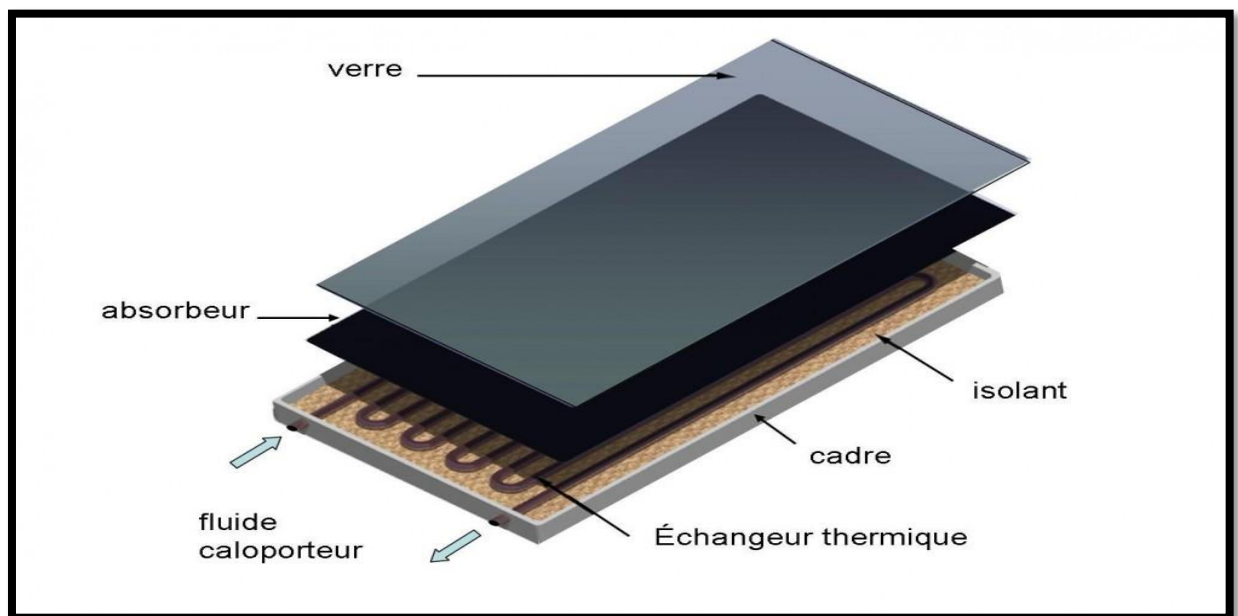


Figure 2.2 [14] : Eléments constitutifs du capteur plan

Il est composé des éléments suivants :

- **Couverture en verre** va permettre d'augmenter la température dans le coffre par effet de serre.
- **Isolant** va limiter les déperditions de chaleur à l'extérieur de ce «coffre».
- **Absorbeur**, en cuivre sont chauffés au contact des rayons du soleil. A l'intérieur circule le liquide caloporteur (eau) qui se charge en chaleur laquelle est ensuite transmise au chauffe-eau ou circuit de chauffage. La température obtenue à l'intérieur des tubes va de 30 à 70°C
- **Coffre** sert pour la fixation et contenir les autres éléments du capteur.

2.3.1 La couverture transparente :

Du fait de sa résistance aux agressions mécaniques (chocs, grêle, neige, ...etc.) et aux agressions thermiques (brusque refroidissement, ...etc.), le verre sécurisé est spécialement utilisé comme couverture transparente. Afin d'être le plus possiblement transparent et transmettant du rayonnement solaire, il est de préférence que le vitrage soit pauvre en oxyde de fer

2.3.2 L'isolant :

Un capteur doit être bien isolé thermiquement, et cela avec des matériaux appropriés. Ces derniers doivent avoir une faible conductivité thermique, afin de minimiser les pertes thermiques par conduction à travers les faces du capteur. Généralement, l'épaisseur de l'isolant est de l'ordre de 5 à 10 cm.

2.3.3 L'absorbeur :

Le rôle principal d'un absorbeur est le captage du rayonnement solaire et sa conversion en énergie calorifique. Il est généralement peint en noir pour absorber tous les rayonnements dans le spectre du visible, du l'ultraviolet et une faible quantité dans l'infrarouge. L'absorbeur est choisi selon les caractéristiques suivantes :)

- Un bon coefficient d'absorption ;
- Une bonne conductivité thermique ;
- Une bonne résistance à la corrosion.

2.3.4 Le coffre :

Le coffre fabriqué couramment en aluminium ou en bois, enferme l'absorbeur et l'isolation thermique du capteur, les protégeant ainsi contre l'humidité et les détériorations mécaniques.

2.4 Principe de fonctionnement du capteur plan :

Une partie du rayonnement solaire qui arrive sur la vitre la traverse pour atteindre la plaque absorbante. Cette dernière s'échauffe et transfère la chaleur au fluide caloporteur qui circule

dans les tubes. Comme tout corps qui s'échauffe, l'absorbeur émet un rayonnement (essentiellement dans l'infrarouge) qui est réfléchi par la vitre, c'est le principe de « l'effet de serre ». L'isolant a pour fonction de minimiser les déperditions thermiques avec l'extérieur. En effet, la grande partie de l'énergie absorbée doit être transmise au fluide, il faut donc minimiser les pertes avec l'environnement proche



Figure 2.3 : Capteur solaire plan utilisé

Sous l'effet d'un rayonnement solaire, l'eau contenue dans le capteur s'échauffe et sa densité diminue, selon le principe de gravitation elle s'élève dans le circuit et elle est remplacée par de l'eau plus froide (et donc plus lourde) en provenance du distillateur. C'est l'effet thermosiphon. Pour que la circulation du fluide dans le circuit soit assurée, le distillateur doit être obligatoirement placé plus haut que le capteur selon une hauteur prédéfinie.

2.5 Différents composants du distillateur solaire plan :

Le distillateur est essentiellement constitué d'une capacité étanche surmontée d'une vitre. La partie inférieure est recouverte d'un plan d'eau (eau saumâtre ou eau de mer). Sous

l'action de flux solaire, 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 récupère par un récepteur. Un appoint d'eau compense le débit de distillât.

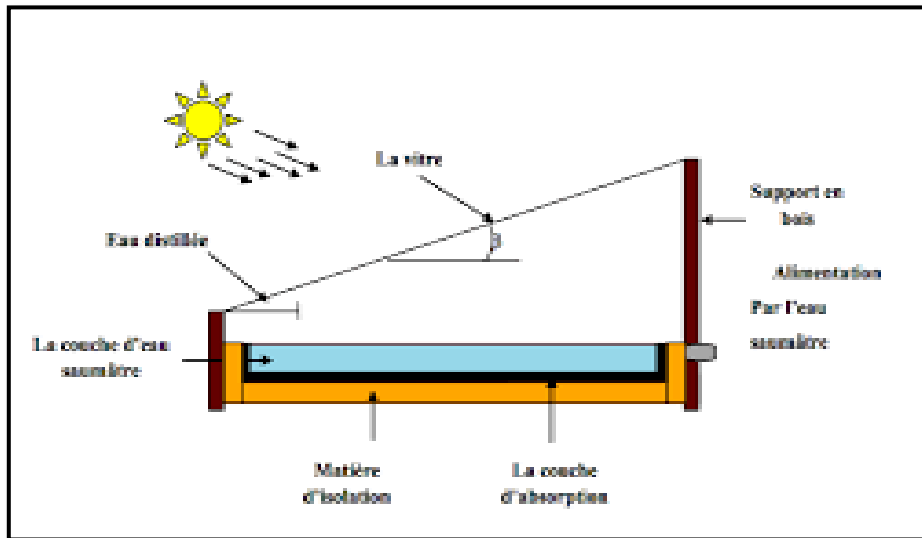


Figure 2.4 [2] : Schéma du distillateur solaire

2.5.1 Bac absorbant :

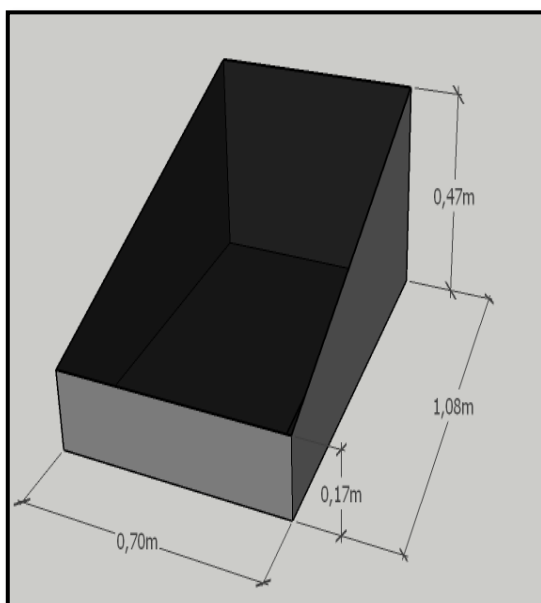


Figure 2.5 : Bac absorbant

2.5.2 La couverture verrière :

C'est une vitre ordinaire, elle été choisi à cause de sa transmission au rayonnement solaire visible et son opacité au rayonnement infrarouge et sa mouillabilité.

2.5.3 Isolation thermique :

Nous avons utilisé le polystyrène expansé d'une épaisseur de 5cm.

Le tableau ci-dessous représente les dimensions de notre banc d'essai :

Tableau 2.1. Caractéristiques géométriques du système

| | face | Longueur (cm) | Largeur (cm) | Epaisseur (cm) |
|----------------------------|---------|---------------|--------------|----------------|
| Distillateur | Avant | 70 | 17 | / |
| | Arrière | 70 | 47 | / |
| | fond | 108 | 70 | / |
| Couverture de distillateur | Avant | 110 | 70 | 0.3 |
| Capteur | Avant | 90 | 61 | 9 |

2.6 Lieu de l'expérimentation :

L'expérimentation s'est déroulée sur la terrasse du département des énergies renouvelable de la faculté de technologie université de Blida, les coordonnées géographiques du site sont : Latitude : 36° 28'12" Nord, Longitude : 2° 49' 39" Est, Altitude : 256 mètre au-dessus de la mer.

2.7 Paramètres à mesurés :

Les paramètres qu'on se doit de mesurer pour pouvoir mener à bien cette étude sont :

- Les températures des différents endroits du capteur et du distillateur
- Les éclairiments solaires globaux selon les inclinaisons du capteur et du distillateur.
- La vitesse du vent,
- La température ambiante,

- La production d'eau distillée
- Le débit d'eau qui circule dans le capteur.

2.7.1 Mesure des températures :

Les mesures des températures sont faites par des thermocouples de type K dont l'emplacement (Figure 2.6) est comme suit :

- Température de la face intérieure de la vitre T14.
- Température à l'intérieur du distillateur T9.
- Température de l'eau T11.
- Température d'entrée de capteur T8.
- Température sortie de capteur T15.

Le schéma suivant montre l'emplacement des thermocouples dans le système.

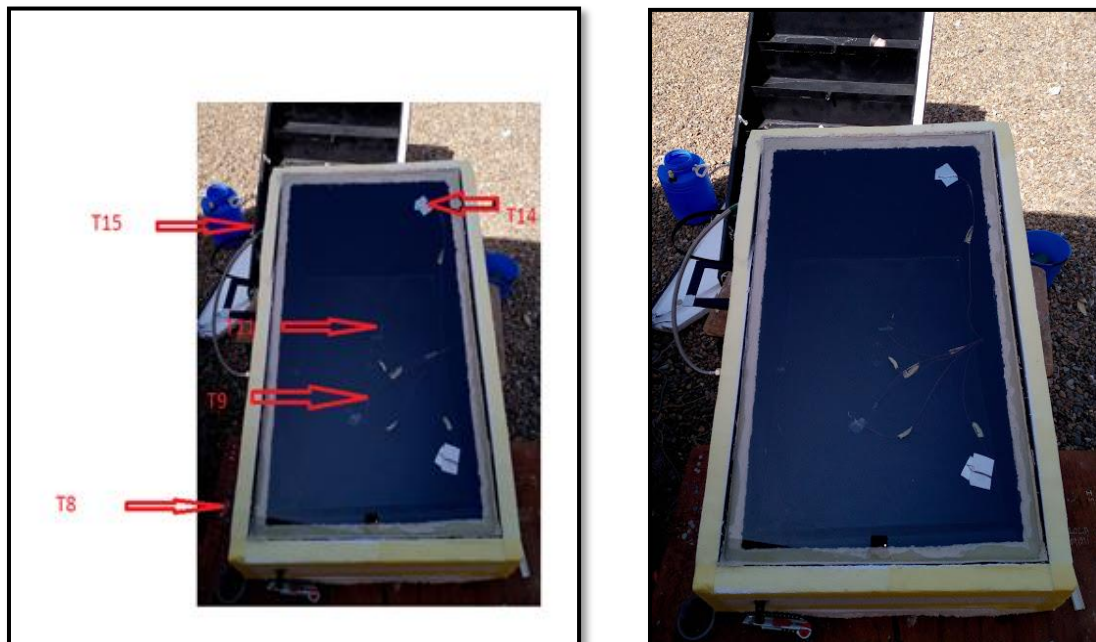


Figure 2.6 : Emplacement des thermocouples

Emplacement des thermocouples :

Tableau 2.2 Emplacement des thermocouples

| | |
|------------|---------------------|
| T8 | L'entrée de capteur |
| T9 | Bac |
| T11 | Saumure |

| | |
|------------|----------------------|
| T14 | Vitre |
| T15 | La sortie de capteur |

2.7.2 Mesure des éclairagements solaires globaux :

Pour la mesure de l'éclairement global, on utilise un Pyranomètre (Figure 2.7)

Les pyranomètres les plus utilisés sont de type (Kipp Zonen) pour la mesure de l'éclairement solaire global. Pour chaque mesure on le place sur le vitrage du capteur et du distillateur.



Figure 2.7 : Pyranomètre

2.7.3 Mesure de la vitesse du vent el la température ambiante et l'humidité :

Nous avons utilisé un l'anémomètre à moulinet portatif de grande précision est conçu pour les mesures de la vitesse du vent, Il mesure très précisément la vitesse, la température et l'humidité relative de l'air.

- Code Testoon : AMPTMA40-A
- Référence commande : TMA40-A
- Marque : Beha-Amprobe
- Ajouter au comparateur

- Thermo-anémomètre à hélice + thermo-hygromètre.
- Enregistrement des données 2400 mesures.
- Interface USB.
- Vitesse d'air : 0.4 à 32 m/s.
- Débit d'air : 0 à 99999 cfm.
- Humidité relative : 0 à 100%HR.
- Température : -20 à +70°C.
- Bulbe humide.



Figure 2.8 : Anémomètre à moulinet

2.7.4 Mesure de la production de l'eau distillée :

Un bûcher graduer (Figure 2.9) est utilisé la mesure la quantité des eaux distillées collectées dans le but de savoir la quantité d'eau distillée produite dans chaque demi-heure.



Figure 2.9 : Bêcher gradué

2.7.5 Mesure de débit qui circule dans le capteur :

Nous avons utilisé la méthode de ONG qui consiste à placé à l'entrée du capteur un tube transparent de même diamètre que le tube de raccordement au distillateur et inject  e de l'eau color  e à l'aide d'une seringue. Le principe est de mesurer le temps que met l'eau color  e pour traverser une distance donn  e voir Figure 2.10

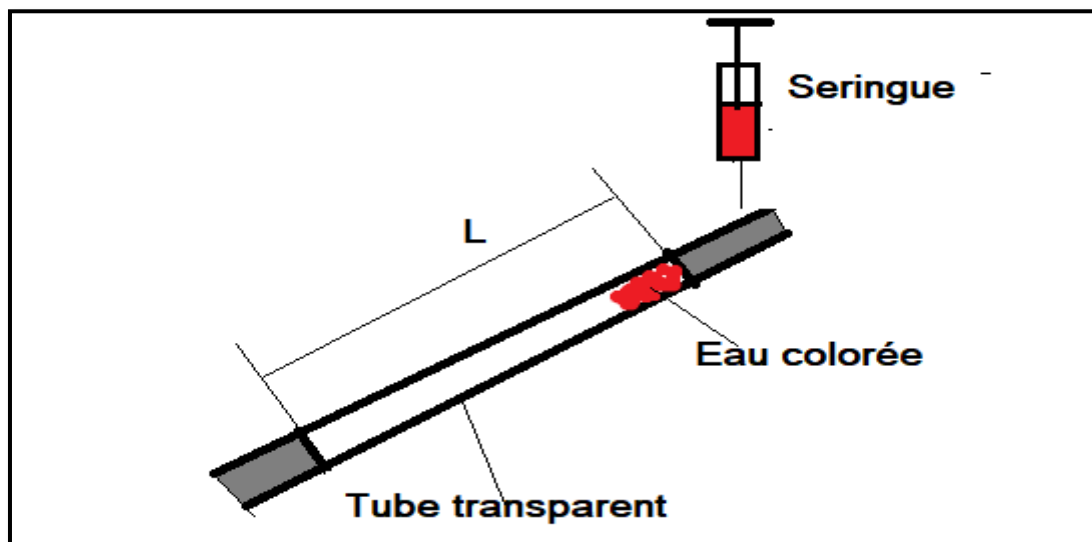


Figure 2.10 : Mesure du débit

- Calcul de la vitesse de l'eau :

$$V=L/t$$

L : longueur du tube en m

t : temps en s

• Le débit :

$$M = \rho V S$$

ρ : masse volumique de l'eau

S : section de passage

$$S = \pi D^2 / 4$$

D : Diamètre du tube transparent.



Figure 2.11 : Injection du colorant

2.7.6 Acquisition des données :

La lecture des différents températures et des éclairements solaires se fait par une centrale d'acquisition de type FLUKE Hydra Séries.



Figure 2.12 : D'acquisition de type FLUKE Hydra Séries

3 -Chapitre 3 : Résultats et interprétation

3.1 Introduction

Les expériences ont été effectuées au niveau de la terrasse du département des Energies Renouvelables, faculté de technologie de l'université de Blida. Le distillateur avec le capteur plan sont placés dans le même endroit pour les mêmes conditions.

Les expériences sont faites de 9 :00 à 16 :00 donc 7 heures d'ensoleillement et à chaque demi-heure des prélèvements de températures, éclairements solaires et production sont effectués. Le but de ses expériences c'est de trouver les facteurs qui influent positivement sur la productivité de l'eau distillée et d'éviter les facteurs qui influent négativement sur la distillation.

Pour cela, nous allons présenter les résultats expérimentaux pour trois situations différentes à savoir :

- Préchauffage de la saumure seul pour une journée ciel clair
- Préchauffage de la saumure seul pour une journée nuageuse
- Préchauffage de la saumure et refroidissement de la vitre pour une journée claire.

3.2 Préchauffage de la saumure seul pour une journée ciel clair : (1^{ère} Situation)

Variation de rayonnement globale

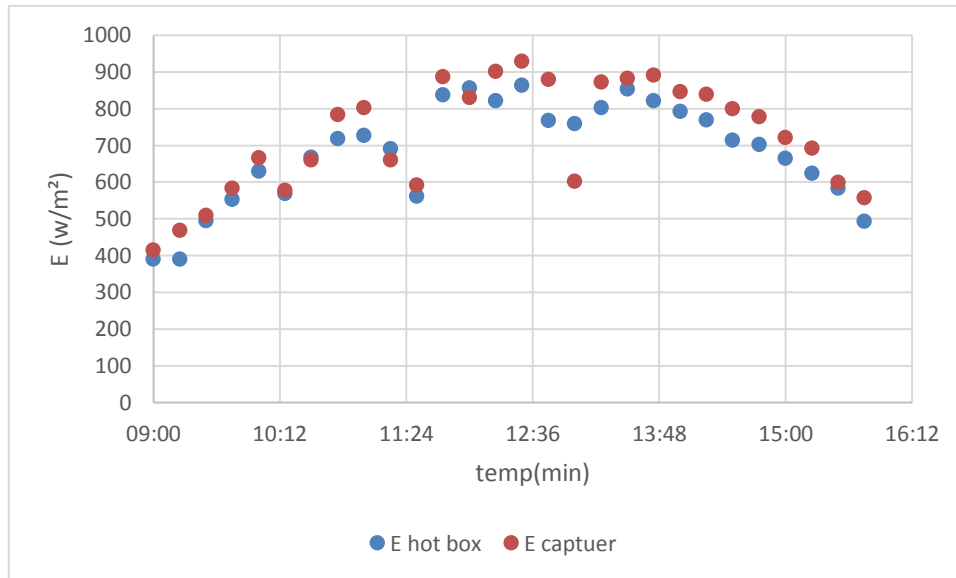


Figure 3.1 : Evolutions des éclairagements solaires reçus par le capteur et le distillateur

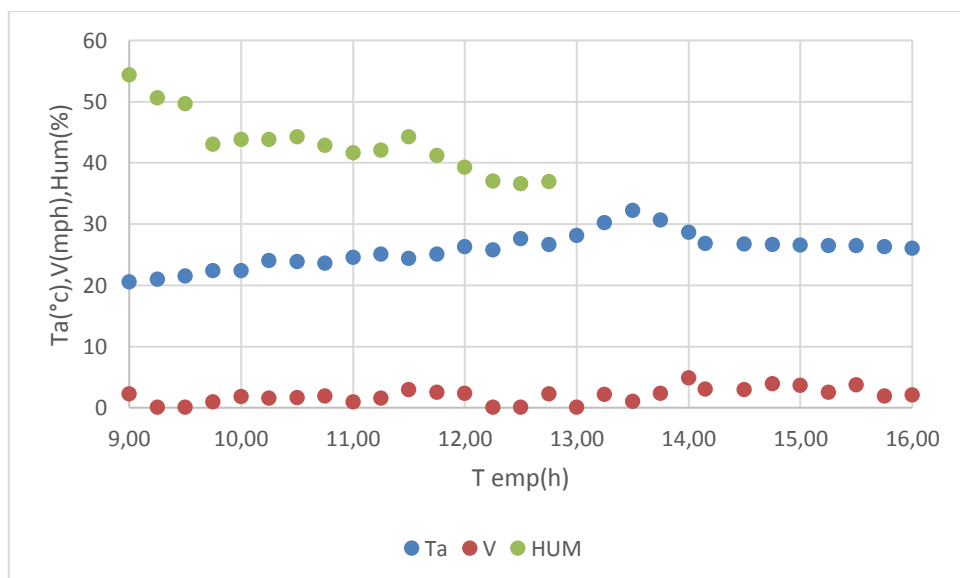


Figure 3.2 : Variations de la température ambiante et la vitesse du vent et l'humidité

La figure 3.1 représente les évolutions des éclairagements solaires qui arrivent sur les surfaces du capteur et du distillateur. On remarque que les variations sont similaires et que l'éclairément du capteur est supérieur à celui du distillateur sa valeur maximale atteint 950 W/m^2 . Pour la température ambiante elle varie entre 20 et 35 °C, la vitesse du vent ne dépasse pas 5 m/s et l'humidité relative varie entre 48% et 55% (Figure 3.2).

3.2.1 Partie Capteur :

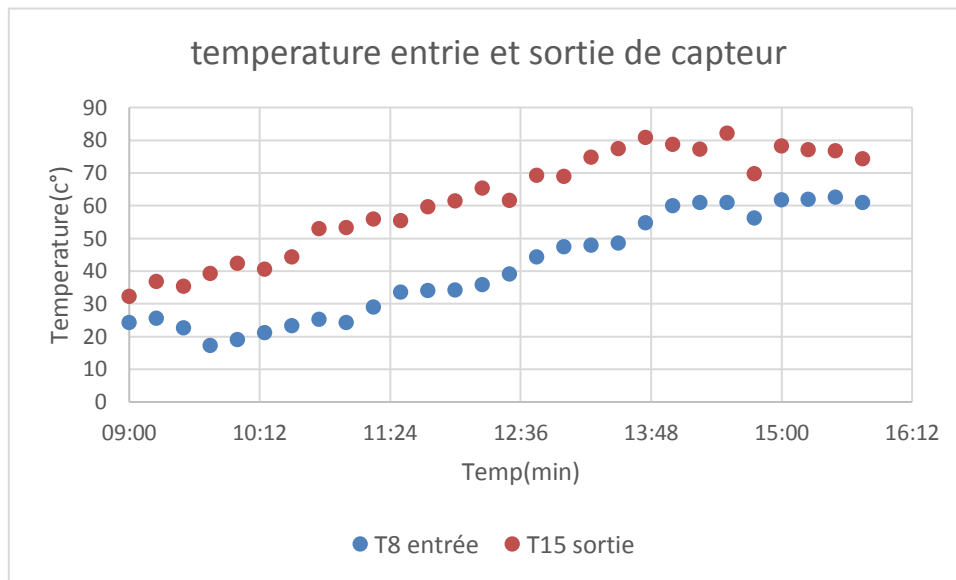


Figure 3.3 : Variation de la température d'entrée et de la sortie du capteur

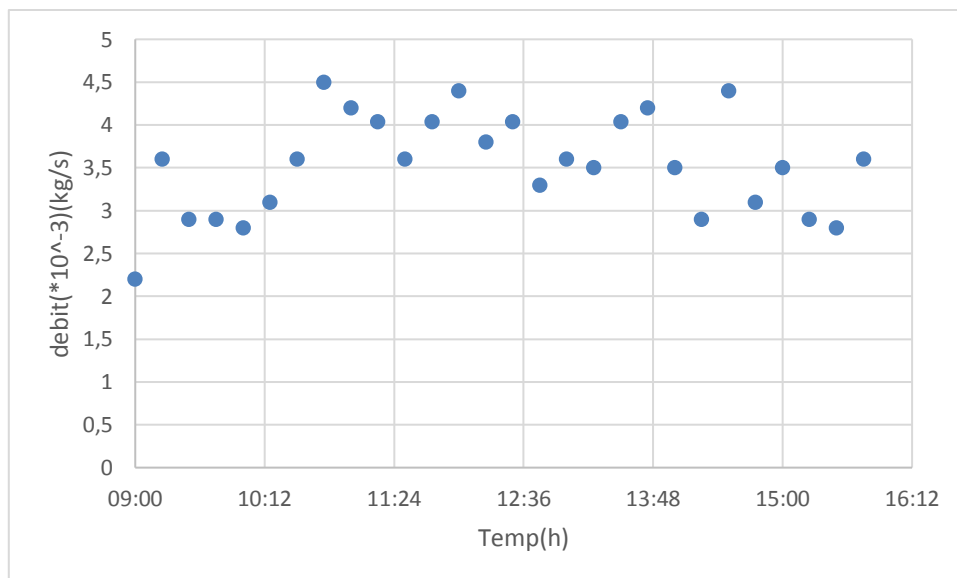


Figure 3.4 : Variation de débit massique qui circule dans le capteur

Sur la figure 3.3. On a présenté les évolutions temporelles des températures entrées et sortie. On constate qu'elles augmentent jusqu'à 15 h ou elles se stabilisent a la température de 80°C pour la sortie et de 60°C pour l'entrée. Les écarts entre ses 2 températures varient de 10°C à 30°C.

Pour le débit (figure 3.4) sa valeur fluctue entre 2.2 et 4.5 10⁻³ kg/s.

Calcul du rendement instantané du capteur

$$\eta = \frac{m C_p (T_{sc} - T_{ec})}{I_g A_c}$$

Avec :

m : débit massique qui circule dans le capteur (kg /s)

Cp : Chaleur spécifique de l'eau (Cp=4.18 kJ/kg °C)

Tsc : Température de sortie du capteur (°C)

Tec : Température d'entrée du capteur (°C)

Ig : Eclaircement global qui arrive sur la surface du capteur (W/m²)

Ac : Surface du capteur (m²)

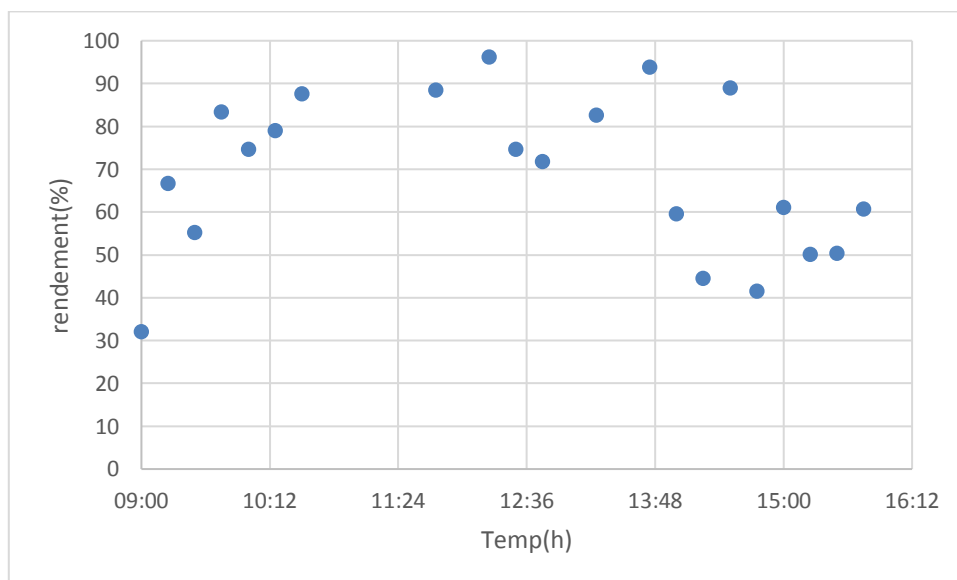


Figure 3.5 : Variation du rendement instantané du capteur plan

Le rendement du capteur varie entre 20 % et 90% (Figure 3.5)

3.2.2 Partie distillateur :

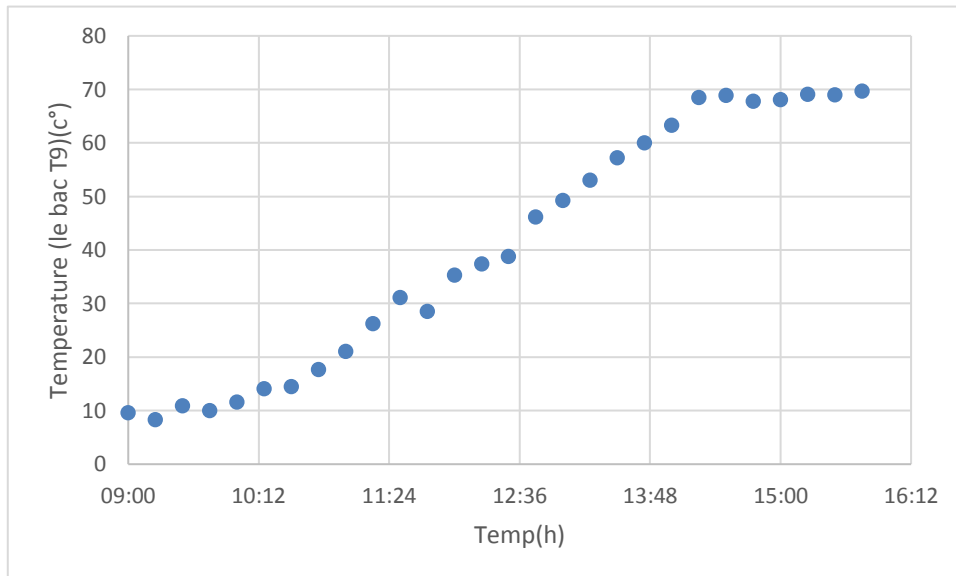


Figure 3.6 : Variation de température du bac

Variation de la température de la saumure

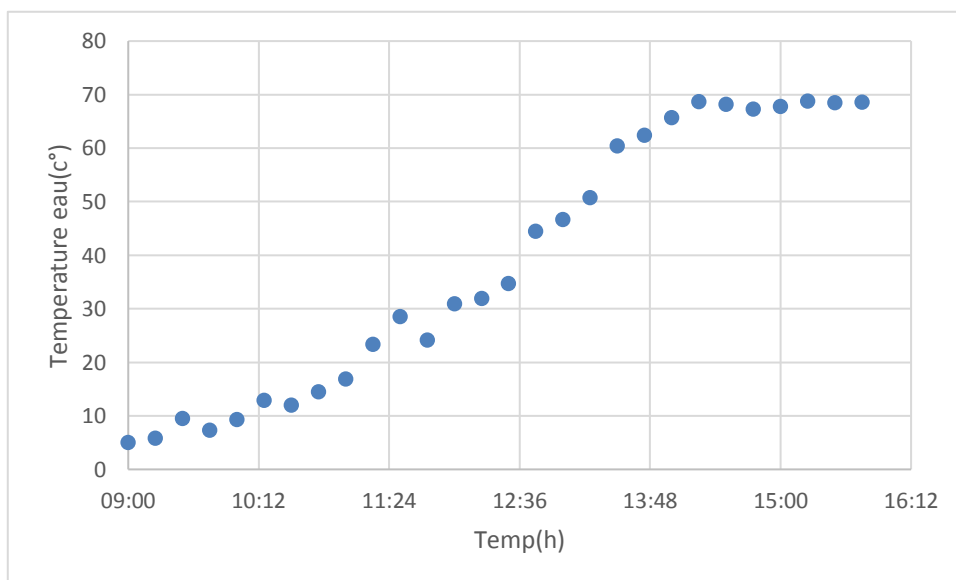


Figure 3.7 : Variation de la température de la saumure

Variation de la température de vitre

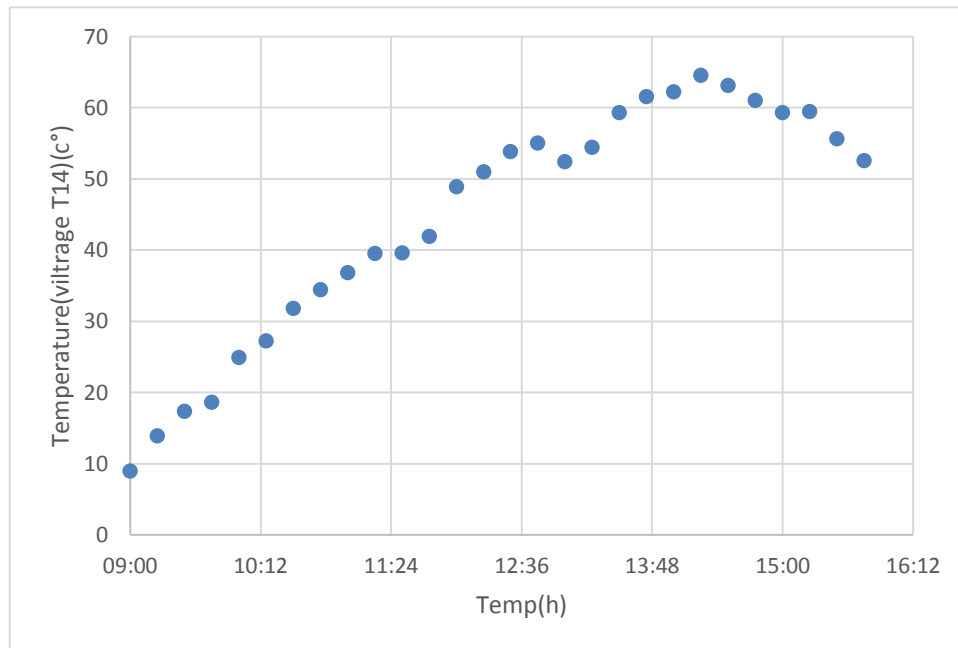


Figure 3.8 : Variation de la température de vitre

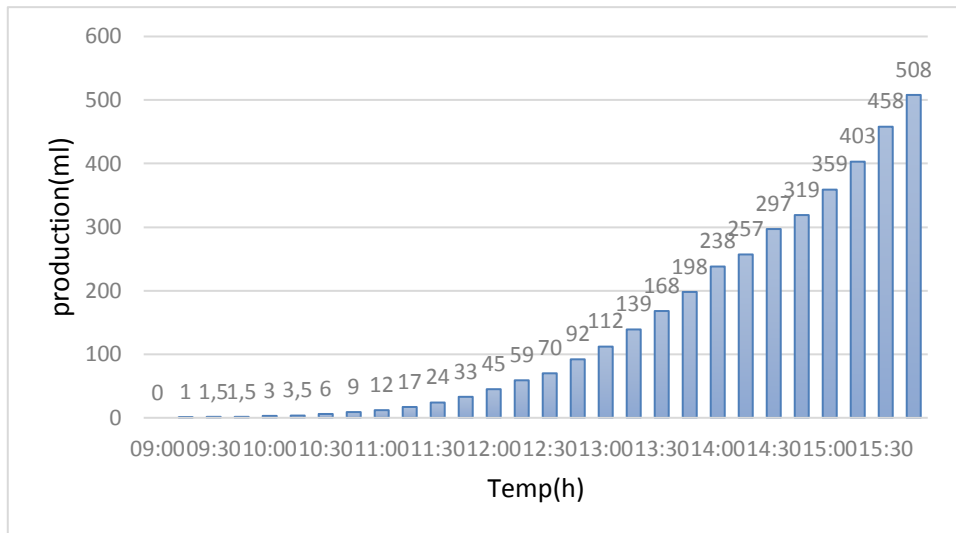
D'après la figure on voit que la température du bac augmente tout au long de la journée arrivant à une valeur maximale la fin de la journée (70 °C)

On observe d'après la figure que la température est en augmentation toute la journée jusqu'à la valeur de 69°C à la fin de l'expérience.

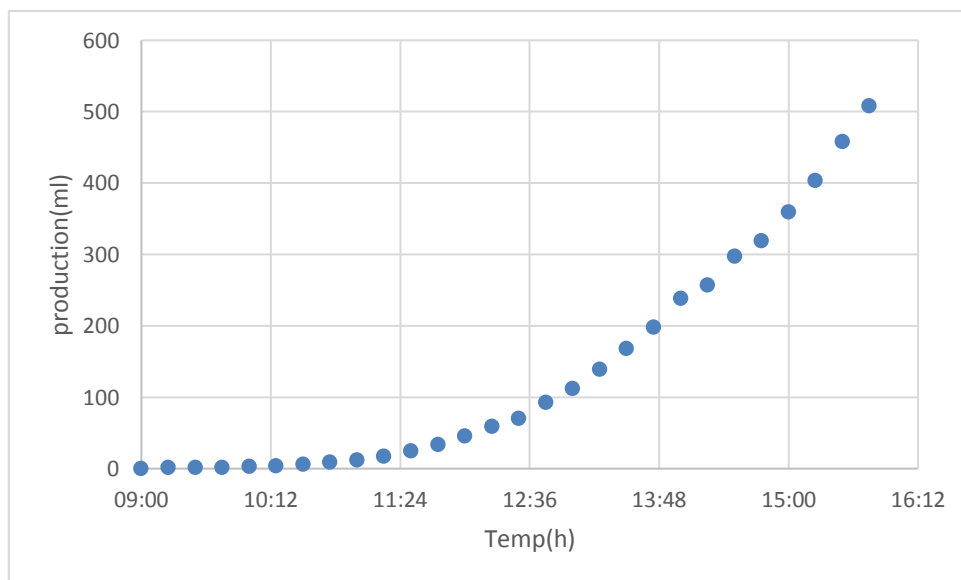
La figure montre que la température de vitre augmente avec le temps et atteint sa valeur maximale (65°C) à 14 :00 puis elle décroît dans la dernière heure.

La figure montre les valeurs instables du débit toute la journée du test

Variation temporelle de la production



(a)



(b)

Figure 3.9 : (a), (b) Quantité cumulée d'eau distillée produite

En analysant les résultats présentés dans la figure que la production de la quantité d'eau à augmente durant la journée, et ce n'est qu'à partir de 11 :24 qu'elle commence à devenir importante pour une valeur maximale la fin de la journée 508 ml qui correspond à une production de 0.925 l/m^2 .

3.3 Préchauffage de la saumure seul pour une journée nuageuse : (2^{ème} Situation)

Variation de rayonnement globale

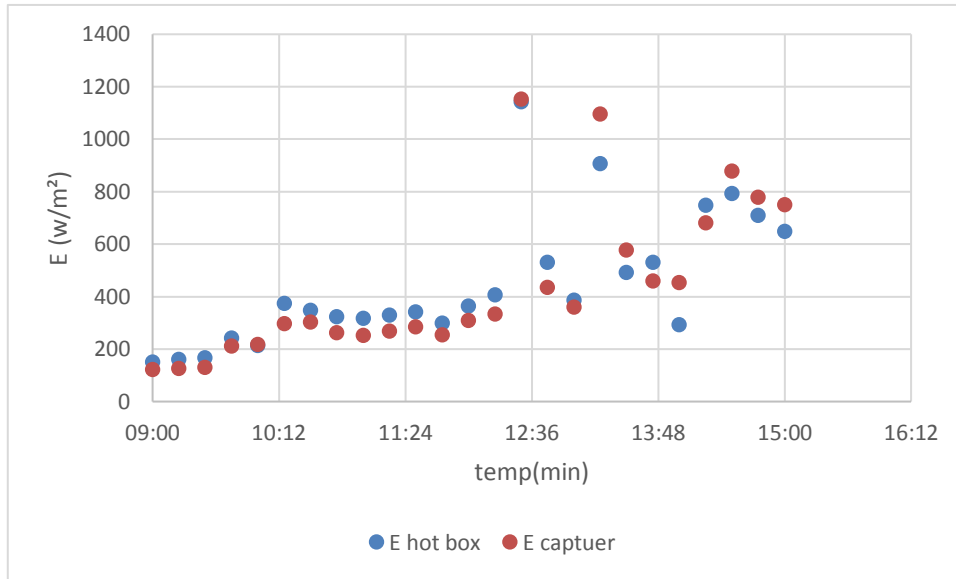


Figure 3.10 : Eclairages solaires qui arrivent au système

D'après la figure 3.10 on remarque que la matinée que le ciel était nuageux et les éclairagements ne dépassent 400W/m^2 et qu'à partir 12h30 le ciel commence à s'éclaircir et les valeurs ont dépassé les 800W/m^2 .

La température d'entrée et de la sortie

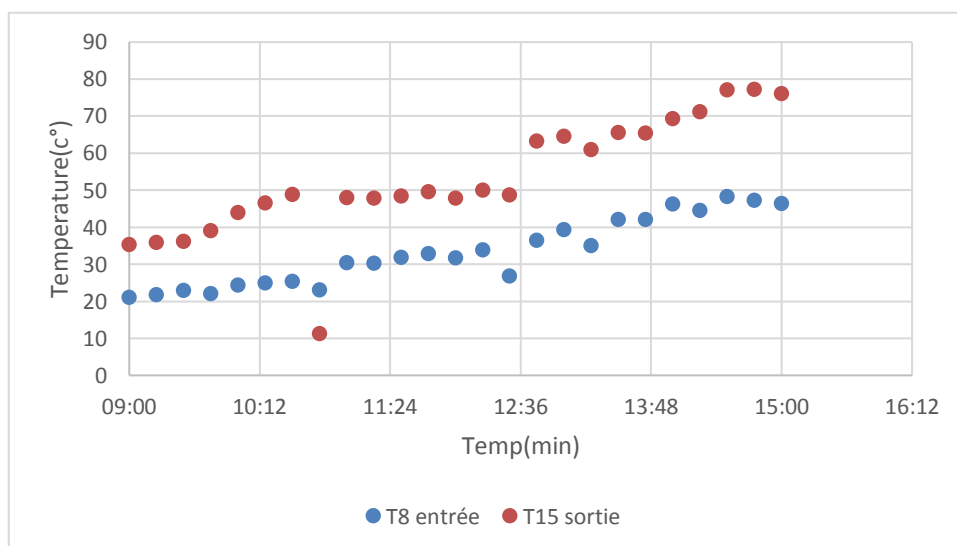


Figure 3.11 : Variation de la température d'entrée et de la sortie du capteur

La température de sortie est supérieure à la température d'entrée

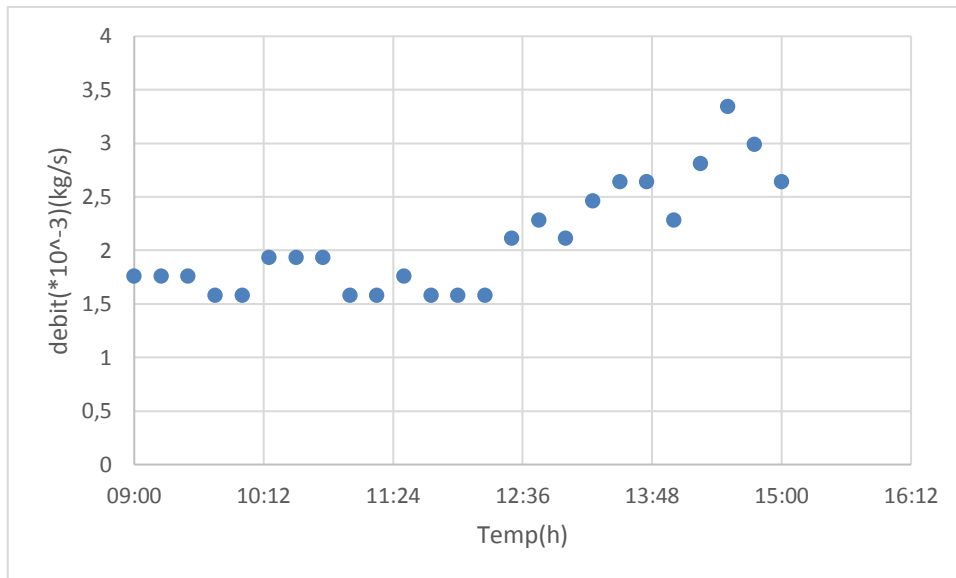


Figure 3.12 : Variation de débit massique qui circule dans le capteur

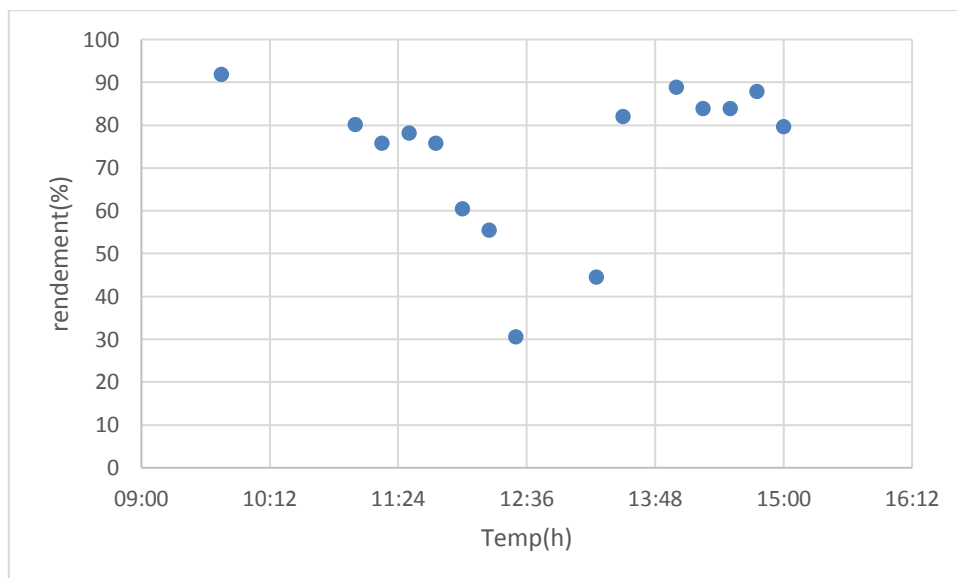


Figure 3.13 : Variation du rendement instantané du capteur

Pour la partie captation on remarque les températures d'entrée, sortie, débit et rendement instantané du capteur (Figures 3.11.,3.12., et 3.13) qu'on a les mêmes constatations que la première situation et que le rendement varie entre 30% et 90%.

Partie distillateur

Variation de température du bac

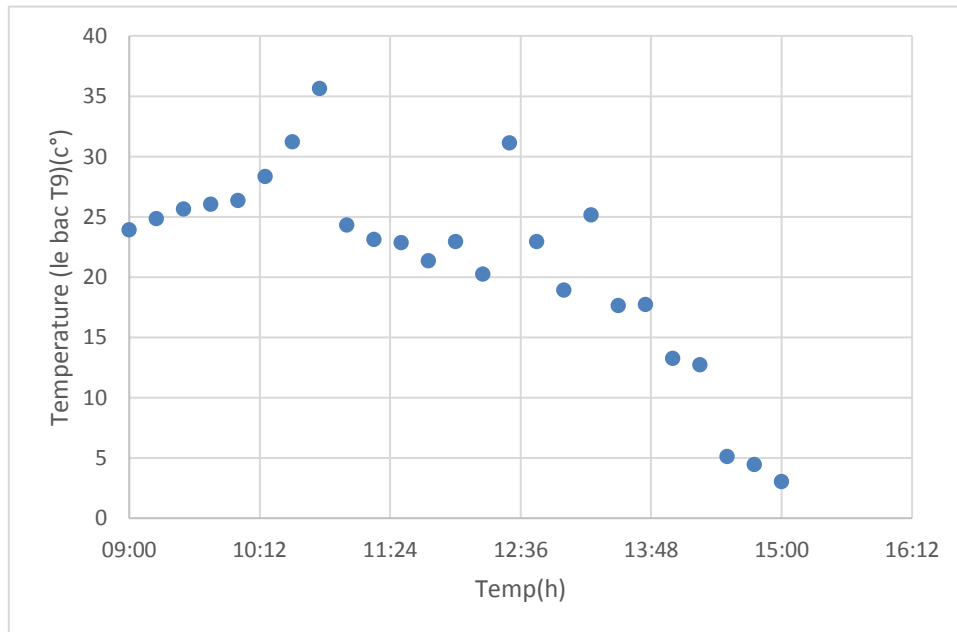


Figure 3.14 : Variation de température du bac

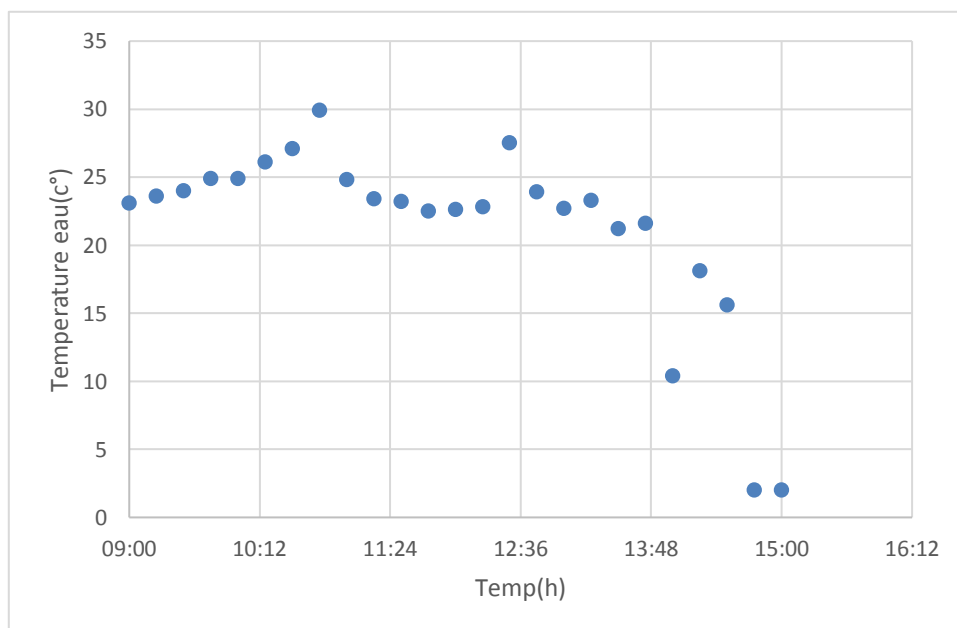


Figure 3.15 : Variation de la température de la saumure

On voit d'après la figure 3.15 la variation de la température de la saumure en fonction du temps qui arrive à une valeur maximale à 11 :00 (30°C)

La figure représente la variation de la température du bac en fonction du temps selon le jour de test et attend sa valeur maximale à 11 :00 (39°C).

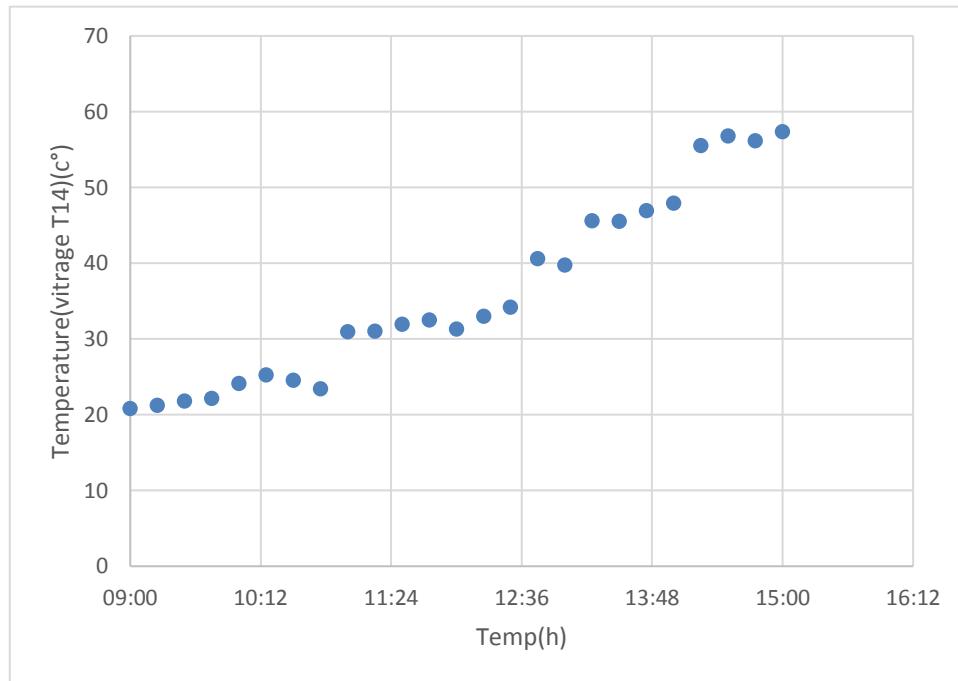
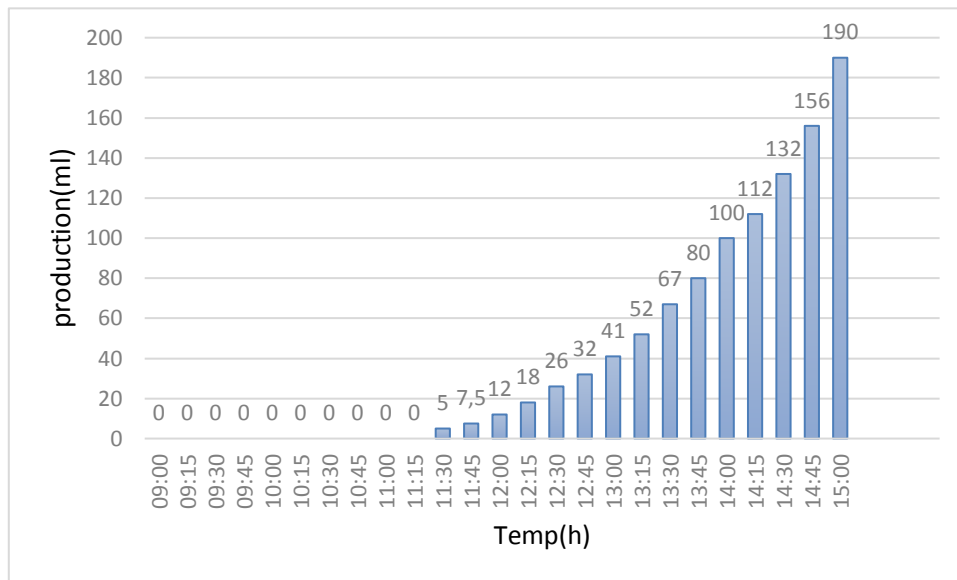
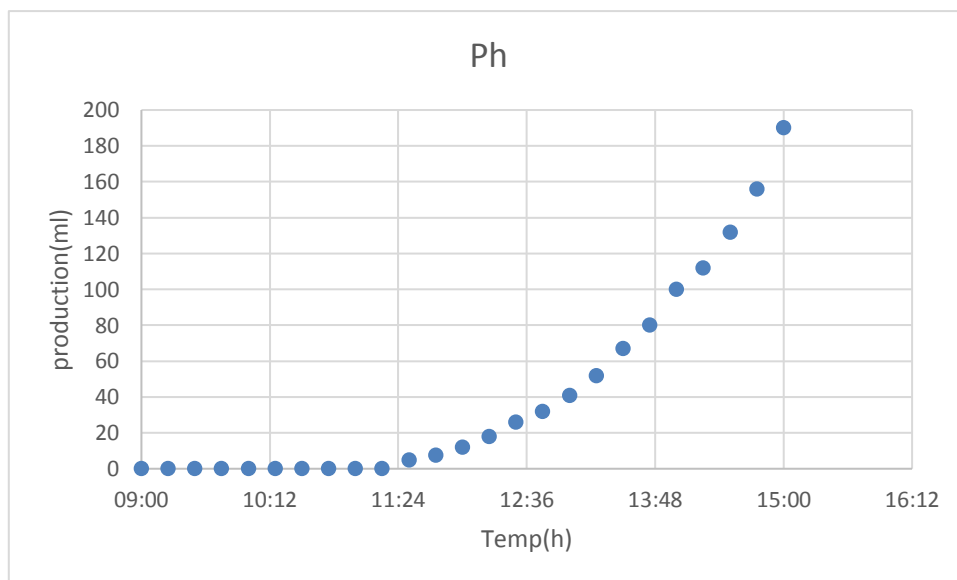


Figure 3.16 : Variation de la température de vitre

En analysant la Figure 3.16 on peut constater que la température de vitre augmente durant la journée, commençant à 9 :00 par une valeur minimale (20°C) arrivant à une valeur maximale à 15 :00 (58°C)



(a)



(b)

Figure 3.17 : (a), (b) Variation temporelle de la production

En analysant les résultats présentés dans la figure que la production de la quantité d'eau à augmente durant la journée, et ce n'est qu'à partir de 11 :24 qu'elle commence à devenir importante pour une valeur maximale la fin de la journée 190 ml (0.346 l/m²)

3.4 Préchauffage de la saumure et refroidissement de la vitre : (3^{ème} Situation)

Pour le refroidissement de la vitre, on a opté pour le ruissellement de l'eau sur la face externe de la vitre chaque demi-heure.



Figure 3.18 : Refroidissement de la vitre.

Variation de rayonnement solaire

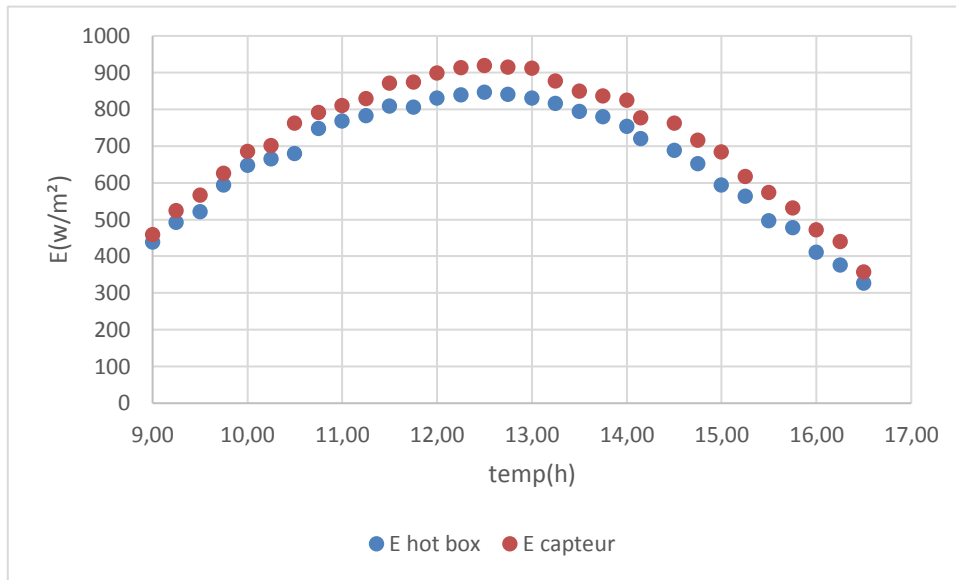


Figure 3.19 : Variation de rayonnement globale en fonction du temps

Variation de température ambiante vitesse de vent et humidité :

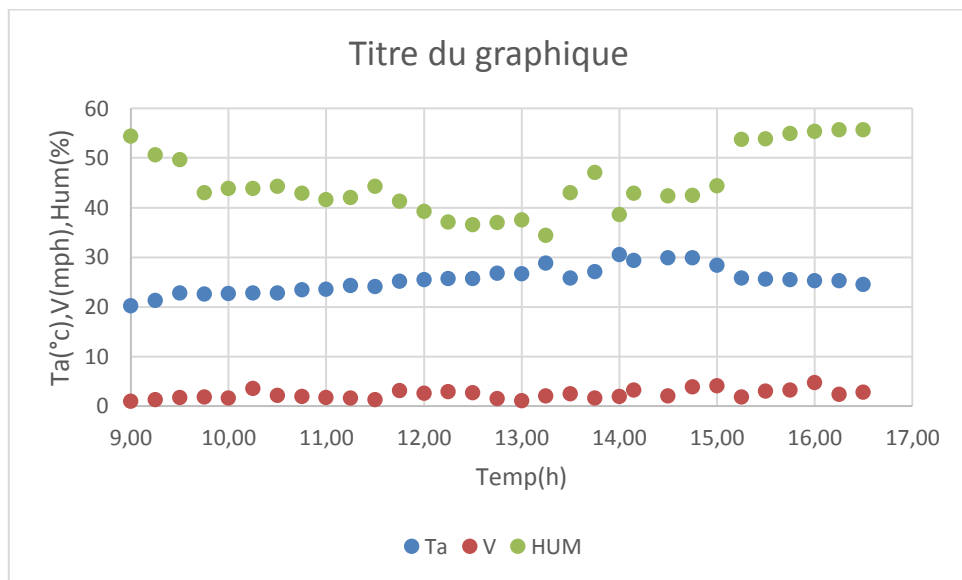


Figure 3.20 : Variation de la température ambiante et la vitesse du vent et l'humidité

Variation de température d'entrée et de sortie

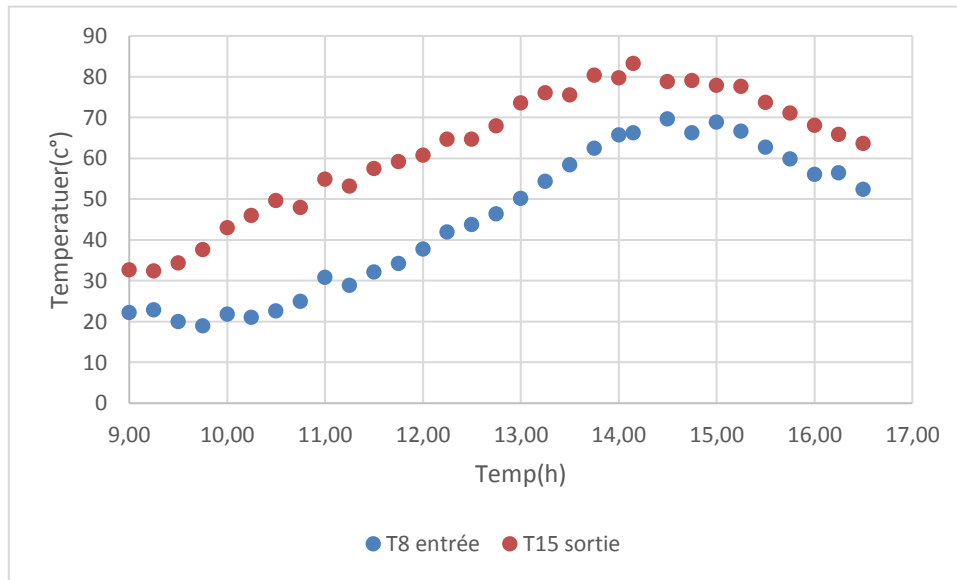


Figure 3.21 : Température d'entrée et de la sortie du capteur

La figure représente que la température de la sortie est supérieure que la température de l'entrée. Les deux valeurs de température augmentent durant la journée jusqu'aux valeurs maximales qui se situent au environ de 14 :00

Variation de débit

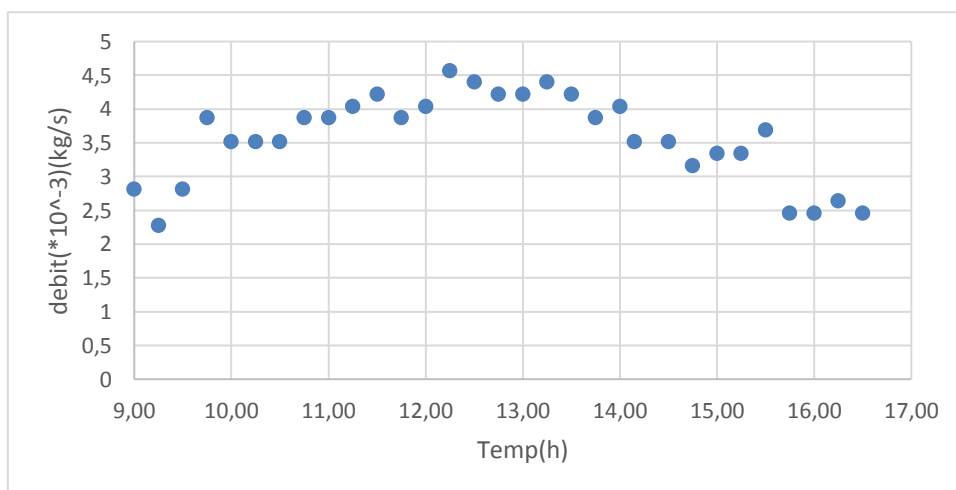


Figure 3.22 : Variation de débit massique du capteur

La figure 3.22 montre augmentation du débit au début de la journée arrivant a une valeur maximale vers 12 :10 ($4,6 \cdot 10^{-3}$) puis une remarque son déclin le reste de l'expérience.

Le rendement

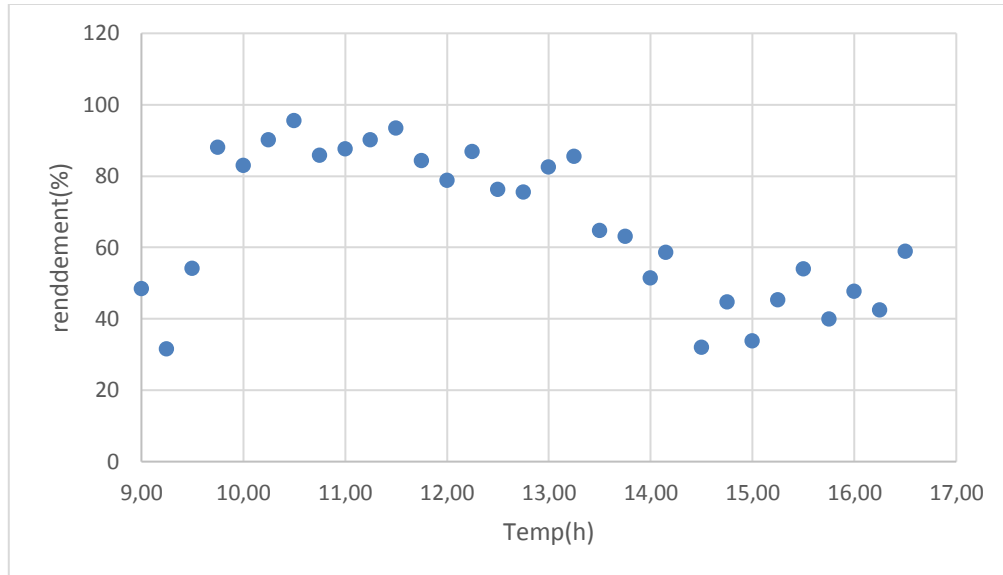


Figure 3.23 : Rendement instantané du capteur

Température de vitre

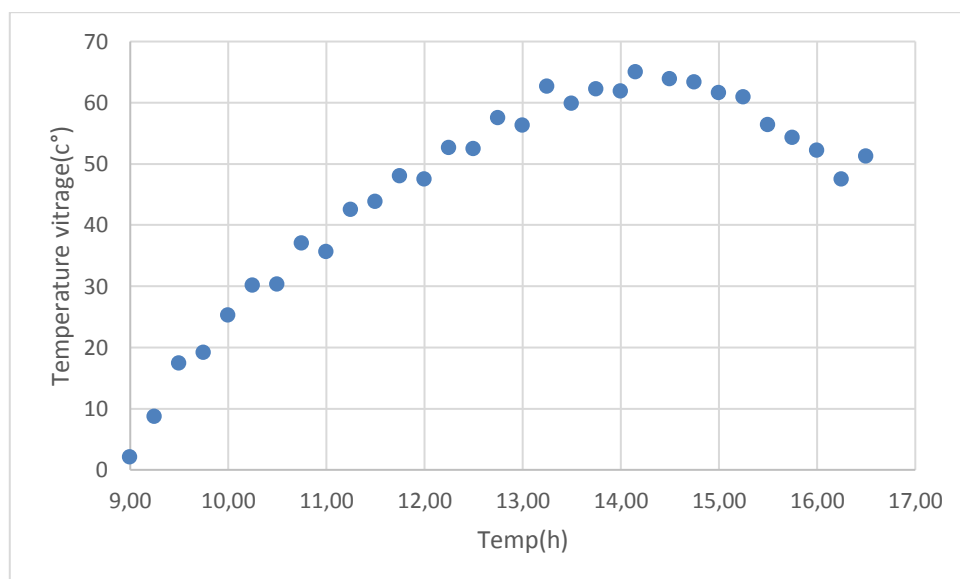


Figure 3.24 : Variation de température de la vitre

Variations de température de bac

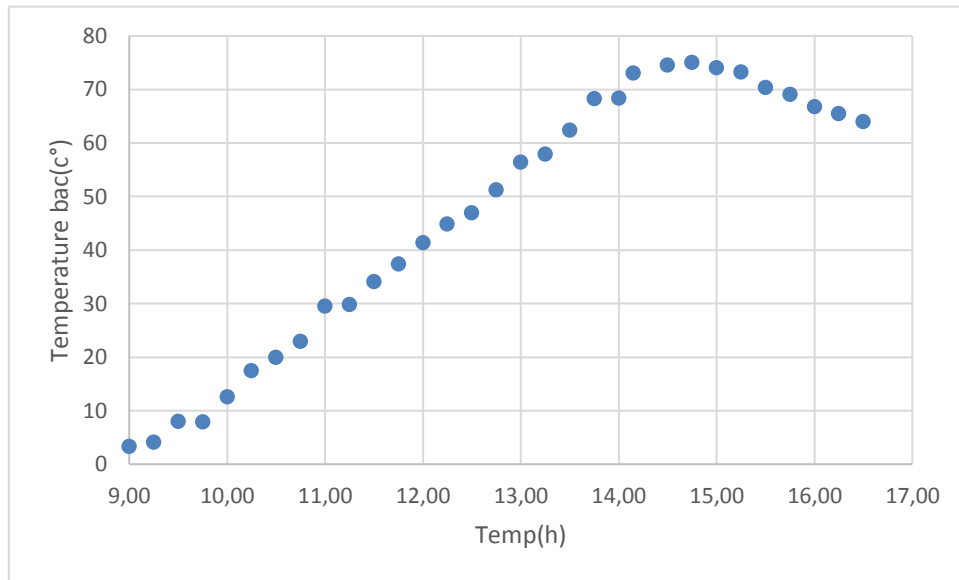


Figure 3.25 : Variation de température du bac

On remarque dans la Figure 3.25 que l'augmentation de température de bac commençant par une valeur minimale (5°C) le début de la journée, arrivant a une valeur maximale (75°C) dans la fin de l'expérience.

Variation de température de la saumure

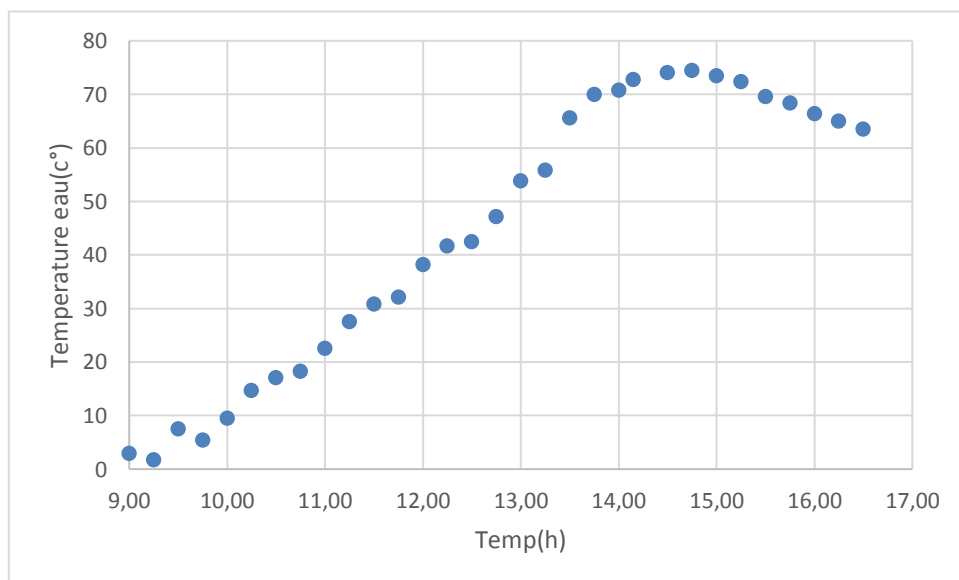
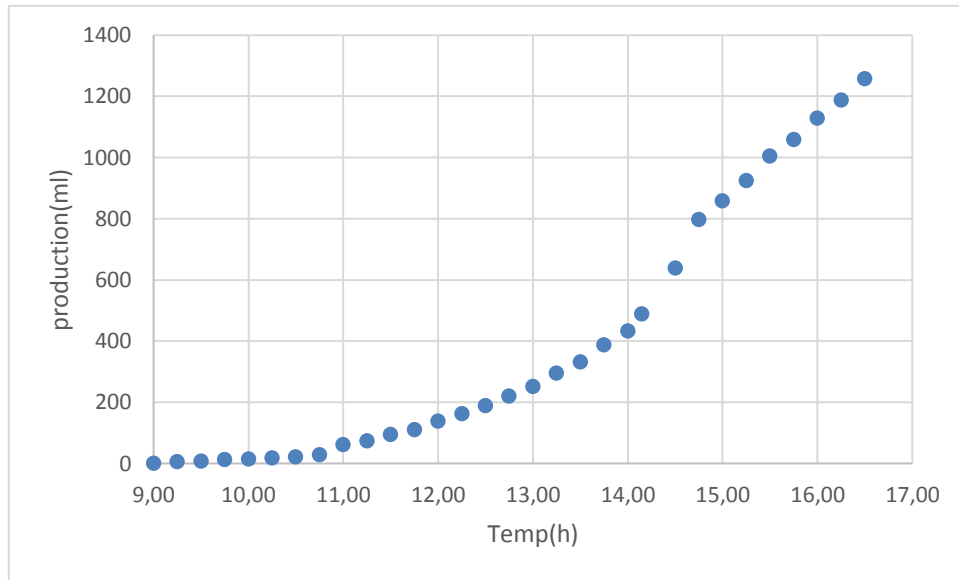


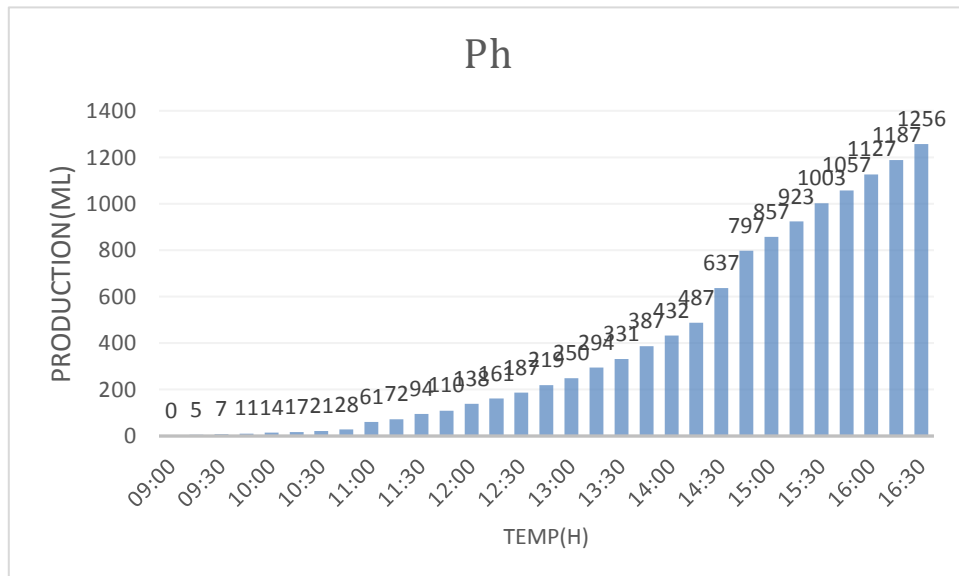
Figure 3.26 : Variation de la température de la saumure

On constate d'après la Figure 3.26 qui montre la température de la saumure qu'elle est en augmentation toute la journée jusqu'elle arrive à une valeur maximale à 14 :45 (74.5°C) puis elle se déminue.

variation de la production



(a)



(b)

Figure 3.27 : (a), (b) Variation de la production cumulée

On remarque dans la figure 3.27 que la production de la quantité d'eau à augmenter durant la journée, et ce n'est qu'à partir de 11 :00 qu'elle commence à devenir importante pour une valeur maximale la fin de la journée qui dépasse 1200 ml.

Ainsi pour pouvoir commenter convenablement les résultats obtenus on divise la période de la production en deux parties essentielles qui sont :

[9 :00- 11 :00] aucune production est enregistrée à cause à cause de l'absence de la chaleur nécessaire pour faire évaporer l'eau.

[11 :00- 16 :50] une production de 1200 ml (2.87 l/m^2) qui représente une valeur maximale.

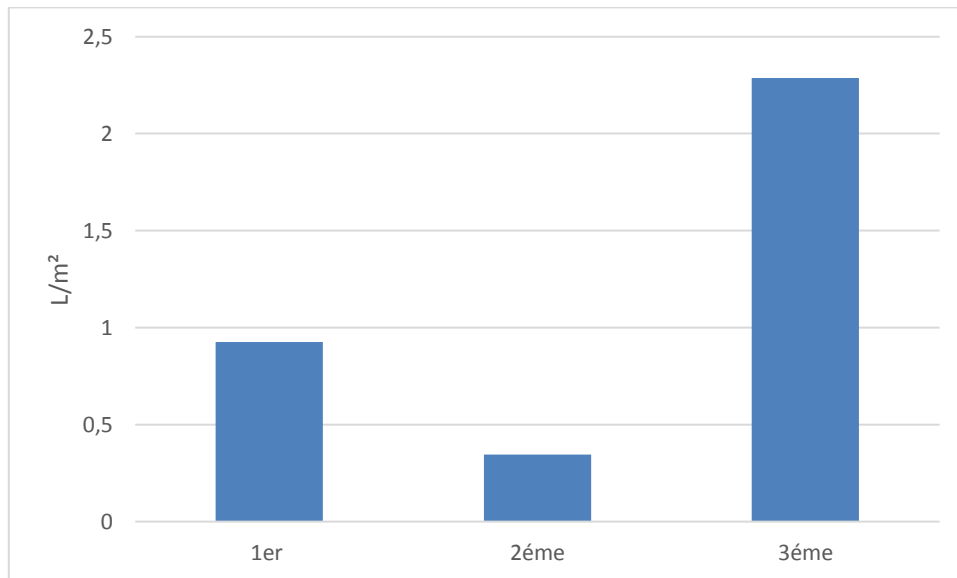


Figure 3.28 : Production de 3 situations en l/m^2

3.5 Conclusion :

Les différents tests effectués au niveau du département des énergies renouvelables durant le mois d'octobre 2020 ont montré que le capteur solaire contribue dans le préchauffage de l'eau du distillateur quelque soit les conditions extérieures et que son rendement instantané peut dépasser 90%. L'influence du refroidissement a augmenté la production.

Conclusion générale

En Algérie, comme dans les pays en voie de développement, le problème d'approvisionnement en eau potable devient de plus en plus crucial, du fait des aléas climatiques persistants, de la croissance démographique et de l'élévation du niveau de vie.

Le travail effectué dans le cadre de ce mémoire, porte sur l'étude expérimentale du couplage d'un distillateur solaire avec un capteur plan. C'est une contribution enchaînée aux travaux précédant dans ce domaine. Après une recherche bibliographique approfondie effectuées dans le chapitre (I), sur les techniques et les modèles de dessalement de l'eau à la recherche des solutions qui peuvent accroître la disponibilité de l'eau potable. Il nous a permis de constater que le dessalement de l'eau par différentes techniques et plus particulièrement la distillation solaire peut constituer une alternative au problème de la pénurie en eau, notamment dans les régions intérieures (aride, semi arides et au Sahara), qui sont caractérisées par la présence des eaux saumâtres et l'énergie solaire qui est largement disponible durant la majeure partie de l'année.

Les différentes expériences effectuées dans le monde ont confirmé que la production du distillateur dépend du gradient de température qui existe entre la température de l'eau saumâtre et de la vitre.

Les tests effectués sur dispositif de préchauffage proposé ont montré qu'il contribue énormément dans le chauffage et l'évaporation de l'eau saumâtre et le capteur plan fonctionne avec un rendement instantané élevé et que l'effet du refroidissement de la vitre contribue à l'augmentation du gradient de température saumure vitrage donc à la production de l'eau distillée

Perspectives :

Suite aux travaux effectués au cours de ce mémoire et afin d'avoir une idée précise sur ce dispositif, diverses perspectives peuvent être envisagées surtout en effectuant des travaux expérimentaux durant toute l'année et dans les diverses zones de l'Algérie connues comme zone aride, semi arides ou dans les profondeurs du Sahara qui sont caractérisés par une forte intensité du rayonnement solaire et la disponibilité en quantité de l'eau saumâtre.

Références

- [1] : Distillateur solaire simple, OrTaf, 28-7-2010.
- [2] : Distillateur solaire à pente unique, master 2 sur L'influence d'un capteur solaire sur le procédé de la distillation solaire à simple effet, 30-5-2017.
- [3] : Muhammad ali samee, Umar K. Mirza, Tariq Majeed, Nasir Ahmad "Design and performance of a simple single basin solar still", Renewable and sustainable energy reviews,2005.
- [4] : P.Valsaraj "An Experimental Study on Solar Distillation in a single Slope Basin Still by Surface Heating the Water Mass", Renewable Energy,25,607-612,2002.
- [5] : Distillateur solaire simple, Magistère sur MODELISATION ET CONCEPTION D'UN DISTILLATEUR SOLAIRE DES EAUX SAUMATRES A BAS COÛT POUR LES COMMUNAUTES RURALES, FEDALI SAIDA, 2007-2008.
- [6] : Mousa Abu-Arabie, Yousef Zurigal, Hilal Al-Hinai, Saif Al-Hiddabi "Modelling and Performance Analysis of a Solar Unit with Double- Glass Cover Cooling", Desalination,143,173-182,2002.
- [7] : Distillateur solaire a double vitrage, Sciences & Technologie – Numéro Spécial-C // Décembre 2001.
- [8] : E. Zayouti ; L.Bouirden ; A. Aharoune, M. Banouni "Distillation Solaire : Améloiration de la Condensation de la Vapeur d'Eau dans les Distillateurs Solaire», International Forum on Renewable Energies FIER Tétouan-Maroc, FIER, Laboratoire de Thermodynamique Métallurgique et Rhéologie des Matériaux, Département de physique, Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr,BP 28/S, Agadir, Maroc, 2002.
- [9] : Distillateur solaire avec condenseur tubulaire externe, Amélioration de la productivité d'un distillateur solaire par l'intégration d'un condenseur tubulaire externe, Ahmed Rahmani, 12-2018.

- [10] : L. Cherrared "Amélioration du Rendement d'un Distillateur Solaire à Effet de Serre" Rev. Energy. Ren Valorisation, 121-124,1999
- [11] : Distillateur solaire couple à une source, Diaf Abderrahmane, H. Aburideh, Z. Tigrine, Belhout Dalila, Belgroun Zoubir, Bellatrache Randha, Ferhat Kamel Ben Abdelaziz, 05-2014.
- [12] : R. Menina, H. Ben Moussa, L. Zemmouri et A. Moussaoui "Étude Expérimentale de l'Effet du Préchauffage sur la Productivité d'un distillateur Solaire (Type : Hit-box)". Rev. Energy. Ren 11^{ème} journées Internationales de Thermique,145-150,2001.
- [13] : E. Mathioulakis, V. Belessiotis "Integration of Solar Still in a Multi- Source, Multi-Use Environment", Solar Energy, 75, 403-411, 2003.
- [14] : Distillateur solaire avec réservoir de stockage et source de chaleur, Solarpedia, 04-05-2011.
- [15] : Bernard, R. Menguy, G. Schwatz, M. Le rayonnement solaire, conversion thermique et applications. Technique et documentation : 2^{ème} Edition (1980).
- [16] : Jannot, Y. Thermique solaire, (Janvier 2007). Unisco, Paris, (1985).
- [17] Charrouf Omar, Optimisation d'un système de dessalement renouvelable mémoire de magistère université Mohamed Khider Biskra.
- [18] Sellami Mohamed Hassen, Etude et amélioration des techniques de distillation solaire dans la région sud-est algérien (Ouarela), these de doctorat, université Kasdi Merbah Ouargla.
- [19] M. Zeroual, H. Bouguettaia, D. Bechki, S. Boughali, B. Bouchekima and H. Mahcene, Experimental investigation on a double-slope solar still with partially cooled condenser in the region of Ouargla (Algeria). Energy Procedia, Vol. 6 (2011) pp 736-742.

- [20] Fahima, Gestion et valorisation des ressources en eau, cas de la daïra de Kherrata, Université Abderrahmane Mira, Bejaia. 2016.
- [21] A. Maurel , Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce. Edition Lavoisier Paris 2001.
- [22] The world Bank-Bank-Netherlands Water Partnership, Seawater and Brackish Water Desalination in the Middle east. North Africa and Central Asia, Final report Annex1: Algeria DHV Water BV Amersfoort (2004).
- [23] Claude Delorme, Rayonnement solaire utilisable gisement solaire, Université Avignon France, 1987.
- [24] Nafila Smakdji. Optimisation et amélioration et modélisation d'un distillateur solaire a aillettes avec stockage de chaleur, thèse de doctorat, Université Mentouri Constantine I.
- [25] Alain Maurel, Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnelles d'approvisionnement en eau douce, Edition: Technique et Documentation, Paris(2001).
- [26] Mandi Bennis, « Analyse thermo énergétique d'un procédé de dessalement d'eau de mer par voie solaire ». Université Tlemcen Aboubeker Belkaid 2012/2013
- [27] Malik, M.A.S: TIWIRI, G: KUMAR, S et SLDHA, MS. Solar distillation Oxford, Perganion Press (1982),
- [28] Sotehi Oualid, Etude des caractéristiques de fonctionnement et de la performance d'un distillateur solaire, mémoire de magistère, Université Mensouri Constantine.
- [29] Maurel A. Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres : Et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce, Tee & Dos Lavoisier 2006.

- [30] D. Bechki, Etude comparative et optimisation des procédés de distillation solaire en vue de la production d'eau potable dans les zones arides sahariennes, thèse de doctorat en science, Université de Batna, 2011.
- [31] A. Chaker, G Menguy, Efficacité interne d'un distillateur solaire sphérique energ.ren. 2001.
- [32] H. Ouahid., Etude de la performance d'un distillateur solaire par un système de pré-chauffage solaire de l'eau saumâtre, mémoire de magister, Université Frère Mentouri Constantine 1, 2010.
- [33] Rahmani Rym, Rendement d'un distillateur solaire à plusieurs étages effet de certain paramètre thermo physique sur le rendement, thèse magister Université Mentouri Constantine (2007).
- [34] S. M. Hassen, Etude et amélioration des techniques de distillation solaire dans la région sud-est algérienne, thèse de doctorat, Université Kasdi Marbah Ouargla, 2014
- [35] J. Bemard, Génie énergétique, Energie solaire, calculs et optimisation, Ellipes édition marketing, 2004.
- [36] Zaidi halima, Etude et optimisation des paramètres thermo physique en vue l'amélioration de la performance d'un distillateur solaire, thèse hk magister, Université Mentouri 2006.
- [37] Trad Abderachid, Etude de deux distillateurs solaires symétriques et asymétriques à effet de serre, mémoire de doctorat, Université de Mentouri Constantine 2014.
- [38] Tabet Ismiil, Etude d'un distillateur solaire à cascade, mémoire de magistère, Université Mentouri Constantine 2010

