

Etude expérimentale d'un distillateur solaire plan amélioré

N. Retiel*, F. Abdessemed et M. Bettahar

Laboratoire de Modélisation Numérique et Expérimentale des Phénomènes Mécaniques,
Département de Mécanique, Université de Mostaganem,
B.P. 300, 27000 Mostaganem, Algérie

(reçu le 30 Novembre 2007 – accepté le 25 Décembre 2008)

Résumé - Il s'agit dans ce travail, de la mise en place d'un banc d'essai expérimental d'un modèle de distillateur plan à effet de serre. Le problème à traiter consiste à améliorer la production d'eau distillée en apportant des modifications sur ce nouveau modèle de distillateur avec l'utilisation d'un réflecteur plan pour augmenter le flux solaire global reçu, l'utilisation d'un système de préchauffage d'eau d'appoint du distillateur et enfin l'utilisation d'un absorbeur ondulé pour augmenter la surface d'absorption du flux solaire. Une série de tests a été effectuée pour connaître l'efficacité apportée par chacun de ces éléments.

Abstract – The purpose of this work, is the establishment of a test of an experimental model distiller plan. The problem is to improve the production of distilled water by making changes in this new model distiller using a reflector plan to increase the global solar flux received, using a system of pre-heated water distiller and the use of an absorber corrugated surface to increase the absorption of solar flux. A series of tests was conducted to determine the effectiveness provided by each of these elements.

Mots clés: Distillateur solaire - Effet de serre – Eau distillée – Efficacité.

1. INTRODUCTION

L'eau représente l'élément essentiel à toute vie sur terre depuis la création de l'univers à tel point qu'elle est très abondante sur notre planète et elle est estimée à 1380 millions de km³, malheureusement 97,2 % est constitué d'eau de mer inutilisable directement. L'eau douce disponible (lacs, fleuves, eaux souterraines), ne représente que 0,07 % de la ressource totale, soit environ un million de km³. Mais la répartition de cette eau est très inégale. En effet, dix pays se partagent 60 % des réserves d'eau douce et vingt-neuf autres principalement en Afrique et au Moyen-Orient, sont au contraire confrontés à une pénurie chronique d'eau douce.

L'Algérie fait partie des pays qui ont subi une perturbation de sa pluviométrie provoqué par les changements climatique observés, lors de ces dernières décennies ce qui a malheureusement réduit l'impact attendu des ouvrages de mobilisation (barrages et forages) de la ressource conventionnelle.

L'Algérie qui est actuellement en situation économique confortable a choisi de s'impliquer fortement dans le dessalement d'eau de mer pour alimenter en eau potable une population d'environ 11 millions d'habitants répartie sur un littoral de 1200 km, ainsi qu'une industrie grande consommatrice d'eau se trouvent à proximité de la mer.

Aux dix usines de productions déjà opérationnelles, le pays souhaite en rajouter 33 autres d'ici 2019 et doubler les capacités journalières actuelles qui s'élèvent à 1,04 million de m³ [1].

* retieln@yahoo.fr

L'inconvénient majeur de ces systèmes est qu'ils sont très coûteux. Les installations sont peu rentables, les quantités d'énergie nécessaires au chauffage ou à la compression de l'eau sont trop élevées, et les volumes d'eau produits trop faibles. L'utilisation de cette technique de production d'eau potable reste donc encore très marginale et il est recommandé que l'utilisation de cette eau dessalée doit être destinée principalement aux centres touristiques et les grosses industries, situés sur la bande côtière.

Pour cette raison, il faut essayer d'améliorer l'efficacité des distillateurs solaire plans à effet de serre dont la construction est simple et à faible coût. Leurs fonctionnements reposent sur l'effet de serre: le rayonnement solaire chauffe le fond du bassin de couleur noir. Celle-ci émet des infrarouges qui chauffent l'eau salée. L'eau s'évapore et se condense sur la vitre. Le sel reste donc sur le fond noir. Les gouttes d'eau pures ruissellent ensuite jusque dans les goulottes. On récupère ainsi l'eau filtrée dans ces goulottes.

Suite à un travail précédent [2, 3], où nous avons mis au point un modèle numérique pour simuler le comportement thermique d'un distillateur solaire plan. Cette étude consiste donc à réaliser le même distillateur solaire avec des éléments qui nous permettront par la suite d'améliorer d'une façon appréciable la quantité d'eau distillée produite.

Néanmoins, cette quantité est relativement petite par rapport aux autres modes de distillation, mais cet inconvénient est compensé par le fait que ce procédé ne nécessite que le rayonnement du soleil pour fonctionner.

2. REALISATION DU BANC D'ESSAI

Le banc d'essai est composé d'un distillateur plan à effet de serre utilisant un absorbeur ondulé pour augmenter la surface d'absorption. Le distillateur est connecté à un système d'alimentation en eau salée et à un préchauffeur. Un réflecteur peut être monté sur le distillateur (Fig. 1).

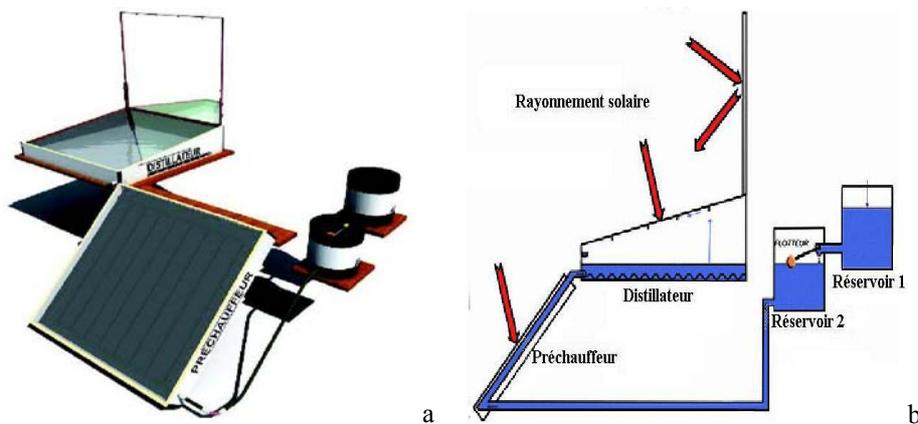


Fig. 1: Principe de réalisation (a) et du fonctionnement (b) du banc d'essai

En premier lieu, le distillateur a été monté seul. Il a été orienté vers le sud, conformément à des études précédentes sur l'orientation des capteurs solaires. Les

prélèvements d'eau distillée, ainsi que des températures ont été effectués sur une période d'une heure. Par la suite, et pour améliorer la production en eau distillée, nous avons utilisé un préchauffeur pour chauffer l'eau d'alimentation avant de l'introduire dans le distillateur. Le préchauffeur a été ensuite enlevé pour être remplacé par un miroir pour augmenter la quantité du rayonnement reçu par l'absorbeur du capteur solaire.

A son tour, le miroir a été enlevé et l'absorbeur plat du distillateur a été remplacé par un absorbeur ondulé pour porter sa surface de 1 m^2 à $1,2 \text{ m}^2$. Enfin, nous avons assemblé tous les éléments (préchauffeur, miroir et absorbeur ondulé) avec le distillateur pour obtenir le maximum d'eau distillée (Fig. 2).

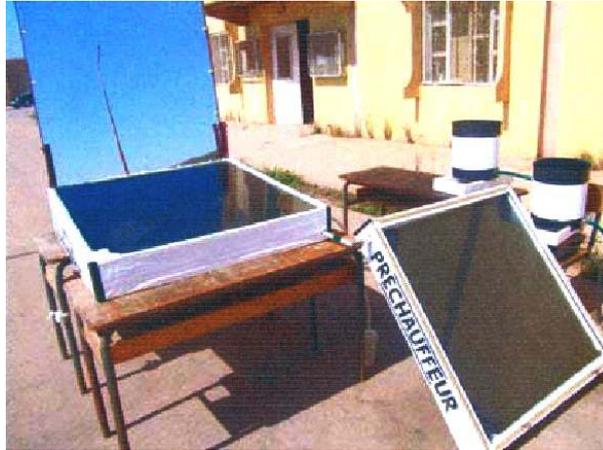


Fig. 2: Prototype du distillateur assemblé

3. ETUDE EXPERIMENTALE

Lors du premier essai, où le distillateur est monté seul, nous avons pu produire une quantité de 4,1 litres lors d'une journée du mois de juin (Fig. 3). Cette quantité reste satisfaisante du fait de la bonne isolation avec laquelle le distillateur a été équipé. L'essai a été effectué avec de l'eau du robinet.

Ces résultats montrent que la température maximale ($64 \text{ }^\circ\text{C}$) est atteinte vers 15 h 00 (Fig. 4), cette température nous a permis d'avoir le maximum de production. Car plus la température est élevée dans le distillateur, plus la production croît.

Nous avons gardé les mêmes conditions du premier essai et nous avons ajouté un préchauffeur d'eau. Le préchauffeur est monté entre le réservoir R2 et le distillateur, il est alimenté par l'eau froide et alimentera à son tour le distillateur avec une eau chaude, le distillateur n'aura pas à élever la température de TR2 à Td, mais de Tp à Td.

D'après la figure 5, nous avons pu produire un volume de 5,665 litres de distillat pendant ce deuxième essai, nous avons constaté une augmentation de production de 1,565 litres, ce qui équivaut à une amélioration de 38,1 %.

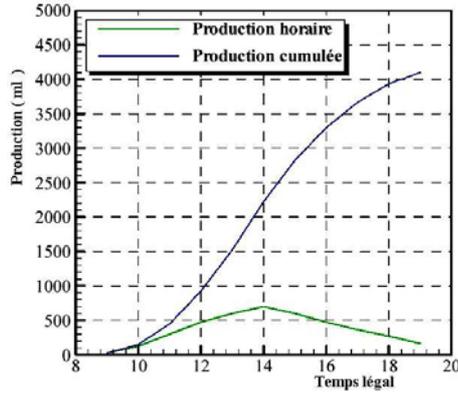


Fig. 3: Production d'eau distillée
(Distillateur seul)

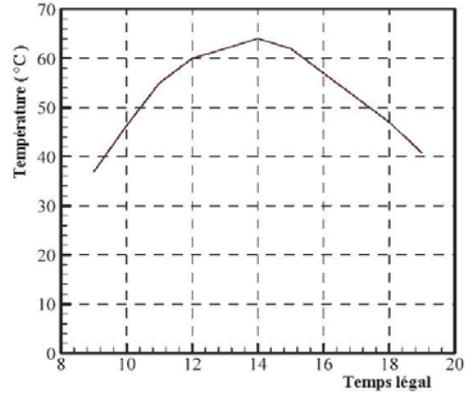


Fig. 4: Evolution de température de la
masse d'eau dans le distillateur
(distillateur seul)

Les paramètres météorologiques pour les deux tests sont pratiquement identiques (Juin), alors on peut dire que cette amélioration est due au préchauffeur et pour être précis, elle est due à la température d'alimentation du distillateur (Fig. 6).

D'une façon qualitative, l'évolution reste la même, mais si on parle de quantité, on remarque une amélioration de la production surtout dans la période entre 12 h 30 et 16 h 30. Dans cette dernière, le préchauffeur reçoit le maximum de rayonnement qu'il transmet ensuite à l'eau.

Nous avons remarqué aussi que le préchauffeur n'est plus efficace au-delà de 18 h car le soleil n'atteint plus sa surface de captation.

L'utilisation du préchauffeur est donc d'une grande utilité à la production d'eau distillée. Les travaux de Menina [4] ont mis en évidence l'amélioration de la production d'eau distillée avec l'utilisation d'un préchauffeur.

Une autre possibilité d'augmenter la température de l'eau dans le distillateur, c'est d'augmenter le rayonnement solaire capté par l'absorbeur en utilisant un réflecteur.

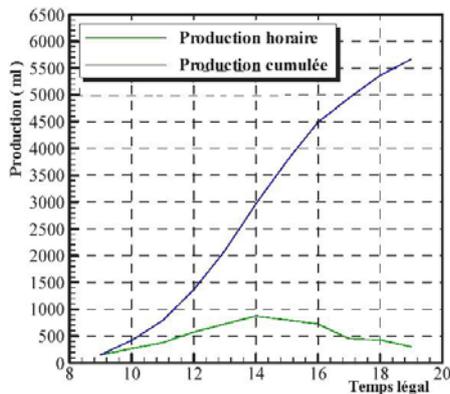


Fig. 5: Production d'eau distillée
(distillateur+préchauffeur)

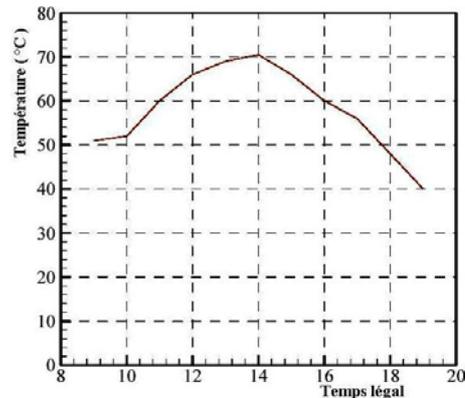


Fig. 6: Evolution de température de la
masse d'eau dans le distillateur
(distillateur+préchauffeur)

L'utilisation de ce dernier augmentera le rayonnement reçu par l'absorbeur du distillateur (par réflexion sur le miroir). Nous avons calculé la surface éclairée par le miroir, elle est de $0,63 \text{ m}^2$ dans la période avoisinante de midi. Cette surface représente le maximum, car avant et après cette période, la surface diminue car une partie d'elle n'affecte pas l'absorbeur. Il en existe un moyen pour remédier à cet inconvénient, c'est l'utilisation d'un système mécanique de suivi, mais cela est coûteux et difficile à réaliser.

Le miroir a une surface de 1 m^2 et il est placé avec un angle de 8° par rapport à la verticale. Cet angle nous donnera un bon compromis entre la réflexion sur la vitre du distillateur et la surface de la projection du rayonnement réfléchi par le miroir. Nous avons produit une quantité de 5,12 litres pendant la journée (Fig. 7), une différence de 1,02 litre est à noter, ce qui nous a donné une amélioration de 24,8 %. Cette amélioration est moins importante par rapport à celle du préchauffeur du fait que le miroir n'affecte qu'une partie de l'absorbeur.

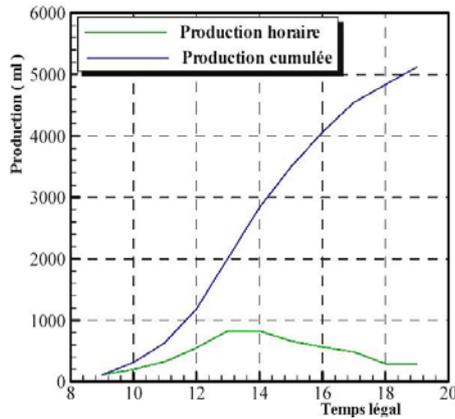


Fig. 7: Production d'eau distillée (distillateur+miroir)

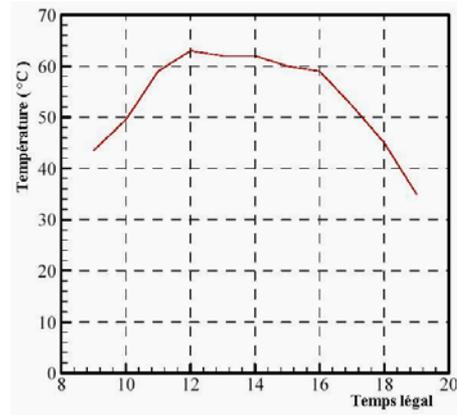


Fig. 8: Evolution de température de la masse d'eau dans le distillateur (distillateur+miroir)

Même avec une orientation fixe du miroir, nous avons pu améliorer le rendement du distillateur, le miroir a comme même des avantages d'encombrement par rapport au préchauffeur, car il ne prend aucune surface au sol, d'où sont utile quand la surface de travail est restreinte.

Le miroir et le préchauffeur ont pratiquement la même période d'efficacité (11 h à 16 h).

L'utilisation de l'absorbeur ondulée est sans doute le moins efficace, mais toute amélioration sera prise en compte, il nous a obligé à augmenter la lame d'eau, ce qui induit à une diminution de la production, car cette plaque doit être complètement immergée. L'amplitude de la plaque ondulée est de 1,5 cm, alors il a fallu assurer une épaisseur plus importante d'eau 1,8 à 2,0 cm, ce qui équivaut à 18 à 20 litres d'eau à distiller. Si on allonge la plaque ondulée dont la dimension extensible est de 1 m, on aura une longueur de 1,2 m, ce qui fait que nous avons augmenté la surface d'échange de $0,2 \text{ m}^2$ avec une double surface d'échange inférieure et supérieure.

Le sens de l'ondulation aussi a son importance, on doit placer la plaque de telle sorte que les parties hautes de l'ondulation ne créent pas d'ombre sur la surface de l'absorbeur. Il est important de préciser que l'absorbeur ondulé n'est pas collé au distillateur, mais il est simplement posé sur la surface interne du distillateur, ce qui fait que l'eau se trouve en dessus et en dessous de ce dernier, d'où une double surface d'échange.

Le résultat obtenu n'est pas satisfaisant, mais nous avons comme même réussi à améliorer d'une manière très modeste le rendement, la différence de quantité est de 375 ml (Fig. 9) égale à 9,1 % de la production initiale.

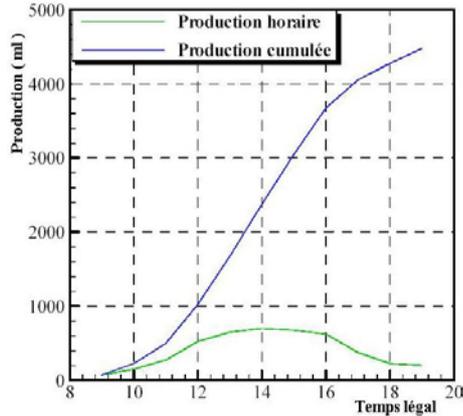


Fig. 9: Production d'eau distillée (distillateur+absorbeur ondulé)

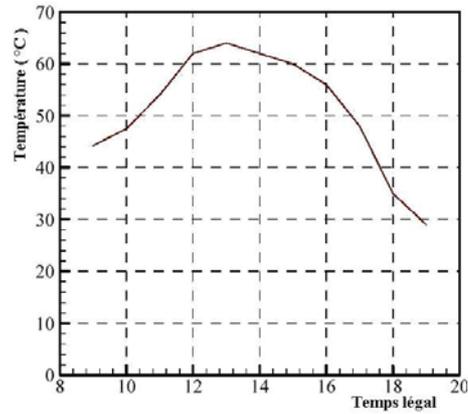


Fig. 10: Evolution de température de la masse d'eau dans le distillateur (distillateur+absorbeur ondulé)

Le dernier test consiste à assembler tous les éléments en même temps, pour que la quantité de production soit maximale, ainsi que la température à l'intérieur du distillateur.

L'assemblage se fera comme il a été montré sur les figures 1 et 2.

Pour un meilleur rendement, nous avons jugé juste de ne pas monter le préchauffeur la première heure, nous l'avons remplie puis laissé s'échauffer jusqu'à une température d'au moins 45 °C (temps de démarrage), le distillateur en ce moment est à moitié plein. Quand le préchauffeur sera monté alors il alimentera le distillateur avec une haute température convenable pour une bonne distillation.

En combinant tous les éléments, nous avons produit une bonne quantité d'eau distillée de 6,485 litres (Fig. 11), soit une amélioration de 2,020 litres qui équivaut à un pourcentage de 58,1 %, et la température dans le distillateur a atteint une température de 72 °C (Fig. 12), cette température est due principalement à l'effet du préchauffeur et du miroir, et l'absorbeur ondulé a pour but d'augmenter la surface d'échange de chaleur et d'absorption du rayonnement.

Nous avons également fait des essais en utilisant de l'eau de mer. Cela nous a permis d'améliorer encore plus le rendement à cause des caractéristiques thermo-physiques favorables (λ , C_p , densité).

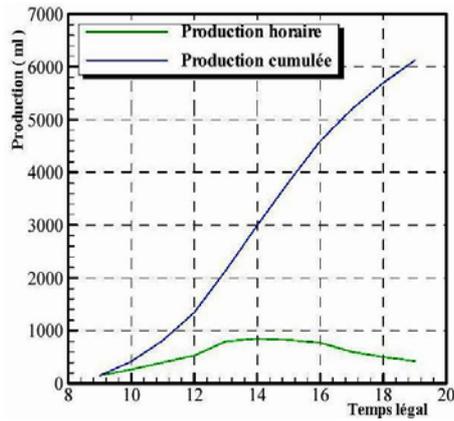


Fig. 11: Production d'eau distillée (distillateur+préchauffeur+miroir +absorbeur ondulé)

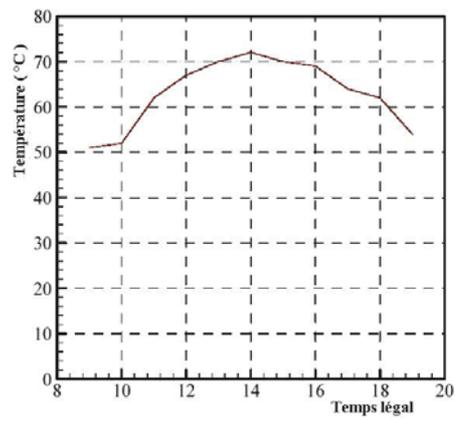


Fig. 12: Evolution de température de la masse d'eau dans le distillateur (distillateur+préchauffeur+miroir +absorbeur ondulé)

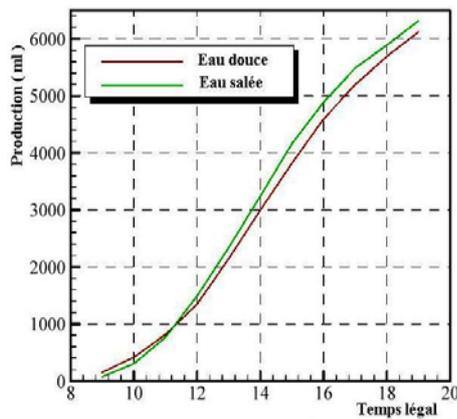


Fig. 13: Production d'eau distillée (eau de mer et eau douce)

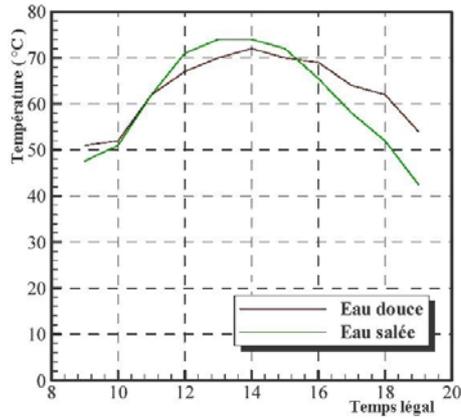


Fig. 14: Evolution de température de la masse d'eau dans le distillateur (eau de mer et eau douce)

La différence de température entre l'eau douce et l'eau de mer est due au fait que la capacité calorifique de l'eau salée est plus faible que celle de l'eau douce (Fig. 14). L'eau salée se chauffe et se refroidit plus rapidement. La température maximale de l'eau salée est supérieure à celle de l'eau douce. Pour les mêmes raisons la température minimale de l'eau salée est inférieure à celle de l'eau douce.

La différence de température provoque évidemment une différence de production (Fig. 13).

Après ces tests, nous avons pu déduire que le préchauffeur a le meilleur rendement par rapport aux autres éléments (Fig. 15), mais du fait qu'il occupe une surface au sol, il serait plus intéressant d'agrandir la surface du distillateur. Pour le miroir, ce dernier n'a

pas d'inconvénient majeur hormis sa fragilité, il doit être manipulé avec une très grande vigilance. L'absorbeur ondulé nous offre une plus grande surface d'échange mais il nous oblige à utiliser une épaisseur conséquente d'eau à distiller ce qui diminue la production.

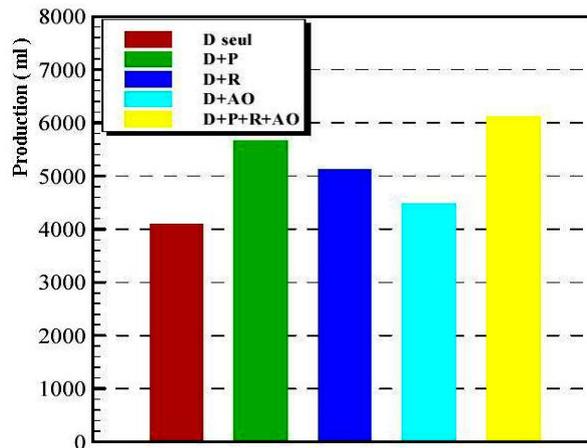


Fig. 15: Production d'eau distillée pour différents types de distillateur

4. CONCLUSION

Dans le cadre de ce travail, nous avons réalisé un prototype d'un distillateur solaire plan classique, sur lequel nous avons essayé d'apporter quelques améliorations pour augmenter la production d'eau distillée.

Les essais de notre distillateur nous ont permis de mettre en évidence les effets de chaque élément du distillateur (isolation, préchauffeur, miroir et absorbeur). Chacun de ces éléments a été testé seul, ensuite l'ensemble de ces éléments a été assemblé pour obtenir une quantité d'eau distillée considérable. Le préchauffeur a le meilleur rendement par rapport aux autres éléments, mais du fait qu'il occupe une surface au sol il serait plus intéressant d'agrandir la surface du distillateur.

REFERENCES

- [1] www.mre.gov.dz/eau/ress_non_convent.htm.
- [2] N. Retiel, 'Modélisation Thermique d'une Installation Solaire de Dessalement d'Eau de Mer', Séminaire National sur l'Eau et l'Environnement SN2E, Béchar, 2005.
- [3] N. Retiel, 'Amélioration de l'Efficacité d'un Distillateur Solaire Plan', 1^{ère} Conférence Nationale de Mécanique et Industrie, Mostaganem, 2005.
- [4] R. Menina et al., 'Etude Expérimentale de l'Effet de Préchauffage sur la Productivité d'un Distillateur Solaire (Type: Hot-Box)', Revue des Energies Renouvelables : Journées de thermique (2001), pp.145-150.