



Étude Comparative des Caractéristiques de Fonctionnement d'un Distillateur Solaire en Verre

Bahous Nasri^{*1,2}, Ali Benatiallah¹, Slimane Kalloum¹, Djelloul Benatiallah¹

¹Université Ahmed Draïa Adrar, Adrar Algérie, 01000.

Faculté des sciences et technologie

Département Science de la Matière

Laboratoire Énergie Environnement système d'Information

²Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques Adrar Algérie

*bnasri14@mail.com

*bnasri14@univ-adrar.dz

Abstract— Cette étude présente une investigation théorique et expérimentale des paramètres de fonctionnement d'un distillateur solaire en utilisant des matériaux locaux et de bon marché comme le verre ordinaire et un absorbeur en polyéthylène. L'effet de certains paramètres météorologiques comme l'irradiation solaire et la température ambiante sur la productivité du distillateur a été aussi étudié. Les résultats obtenus mettent en évidence l'influence de certains paramètres comme le rayonnement solaire et l'épaisseur de la saumure sur la production, journalière. Il apparaît clairement que la diminution de l'épaisseur de la nappe d'eau augmente considérablement la production horaire, du distillateur.

Keywords— Distillateur solaire, Matériaux locaux, Polyéthylène.

I. INTRODUCTION

Ces dernières années, le problème de l'eau potable est devenu l'un des principaux défis dans le monde. L'eau est la substance la plus importante dans le développement de tous les pays. Elle constitue une condition essentielle pour tous développements agricoles, industriels et énergétiques. Bien que plus de 70% de la surface de la terre est couverte d'eau, seulement 1% de cette quantité peut être utilisée directement pour les êtres vivants et pour d'autres activités. D'autre part, l'eau de mer constitue 97,5% du réserve mondiale et ne peut donc pas être utilisée pour la consommation [1].

Le mode de peuplement dans le Sud-ouest algérien représente une particularité au Sahara au moment où il s'articule sur un ensemble de ksour, dont une grande partie de la population est rurale et très éloignées du chef-lieu avec l'existence de plus de 500 ksour dans les Wilayas d'Adrar et de Béchar [2].

Certaines localités sahariennes devaient leur existence à une activité agricole, d'autres puisaient leur richesse d'une activité commerciale fructueuse, notamment dans le Touat, le Gourara, le Tidikelt et la Saoura. Carrefour des circuits commerciaux entre le Nord et pays voisins, des

agglomérations éloignées comme Timiaouine, Bouda et Sali, dans le Touat, Akabli dans le Tidikelt et Timimoun dans le Gourara souffrent d'une pénurie des eaux ou des eaux de mauvaise qualité [2].

Près de 1400 km d'Oran, et 1200 km d'Alger se dresse la ville saharienne d'Adrar, au Sud-Ouest de l'Algérie, dont le nom en berbère (Adghagh) semble signifier « montagne, rocaïlle » [3] et dont la transcription française en a fait Adrar. Sa wilaya est limitée au nord par celle d'El Bayadh, au nord-ouest par Béchar, à l'ouest par Tindouf, au sud-est par Tamanrasset et au nord-est par Ghardaïa.

Les ksour d'Adrar vont très vite basculer vers des activités tertiaires générées par les investissements des pouvoirs publics. En effet, la promotion administrative d'Adrar au rang de chef-lieu de wilaya en 1975, à la faveur d'un nouveau découpage administratif, lui permet d'acquérir de nouvelles fonctions, typiquement urbaines. Celles-ci vont donner un nouveau visage aux ksour d'Adrar tant sur le plan social que spatial : une croissance spatiale rapide accompagnée d'un déclin fonctionnel et structurel des ksour ainsi qu'une immigration intense. C'est ainsi que, de 4468 habitants en 1966, la ville passe à 28580 en 1987, 43 142 en 1998 et 63 039 en 2008 [4].

Devant cette répartition, éloignement, distribution des ksour dans l'espace, ces localités nécessitent la mobilisation des quantités importantes en eau potable pour sa survie et son développement.

Le manque d'eau potable et la rareté des ressources naturelles dans ces zones, causés à la fois, par la sécheresse, changement climatique et la surexploitation des nappes phréatiques, devient un grand problème qui menace la vie des habitants de ces localités [5].

Face à ces problèmes dans ces régions et pour mieux préserver l'avenir en matière de l'eau, il est plus judicieux de revoir la planification des ressources en eau conventionnelles dans le cadre d'une vision globale qui intègre également



l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles notamment le dessalement des eaux saumâtres [6].

La distillation solaire apparait comme étant la technique la plus appropriée dans ces régions car elle présente des avantages spécifiques en raison de sa construction plus facile, de ses couts d'exploitation minimales et de la maintenance facile, et de sa convivialité pour l'environnement [7]. Le principal inconvénient des distillateurs solaires est sa faible productivité de l'eau douce par rapport aux autres systèmes de dessalement. La capacité de production pour un type simple est de l'ordre 2-5 l / m / jour. Ces est basé sur un simple principe, il suffit d'utiliser l'irradiation solaire pour créer l'effet de serre a l'intérieur du bassin, qui va permettre d'évaporer l'eau salée et va se condenser par la suite au niveau du condenseur et finalement on peut obtenir de l'eau potable [8].

Dans ce contexte plusieurs études ont été effectuées sur le distillateur solaire en vue d'améliorer sa productivité et d'augmenter son rendement pour le rendre plus utilisable les plus récentes sont [9].

Plusieurs types de distillateurs solaire ont été développés et étudiés par des chercheurs à travers le monde avec des formes et géométries différentes. Reddy et al [10]. Ils ont donné une note de synthèse sur l'influence des différents paramètres du distillateur solaire comme la profondeur de l'eau salée, l'orientation, l'épaisseur de la vitre etc. Kuldeep et al [11]. Ils ont examiné les différents développements dans le domaine du distillateur solaire pyramidique ainsi que les différentes techniques utilisées pour améliorer la performance de ce type de distillateur. Ils ont montré que cette forme est plus efficace et économique en comparaison avec un le distillateur conventionnel à simple pente. Sathyamurthy et al. [12]. Ils ont donné une synthèse des distillateurs solaires intégrés avec des collecteurs pour augmenter leurs rendements. Ils ont affirmé par la suite que ces méthodes ne sont pas économiques pour des familles à faible revenu.

L'article suivant vise à traiter deux problèmes ensemble, l'amélioration de la productivité et de la performance du distillateur solaire, a traves l'étude de l'influence de certains paramètres, sur les caractéristiques de fonctionnement du distillateur, ainsi que la production d'une eau de très bonne qualité, par l'utilisation des produits locaux et non toxiques comme le verre ordinaire dans la fabrication du distillateur.

II. DESCRIPTION DU SYSTEME

Le distillateur utilisé dans cette étude est d'une conception très simple Fig. 1. Il est fabriqué par des matériaux locaux et de bon marché (verre de 0.004 m d'épaisseur). Le bac absorbant est d'une superficie de 0.25 m² réalisé dans le but d'absorber le maximum de rayonnement solaire. C'est pour cette raison qu'on a utilisé une couche noire de polyéthylène

comme absorbeur. Une couverture en verre de 0.04 m d'épaisseur sert d'un condenseur et inclinée d'un angle de 10°. Une isolation thermique des parois latéraux en polystyrène 0.004 m d'épaisseur a été utilisée pour minimiser les pertes de chaleur.

Le remplissage du bac est assuré par réservoir métallique en tôle galvanisée 10 l. ceci s'effectue par gravité. La récupération du distillat s'effectue dans les rigoles placées à l'extrémité du toit.

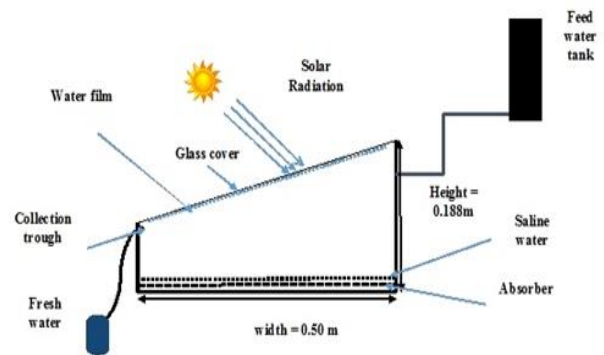


Fig. 1 Schéma de fonctionnement du distillateur solaire

III. ETUDE THÉORIQUE

Les résultats analytiques sont obtenus en résolvant les équations du bilan énergétique de la plaque absorbante, de l'eau saline et de la couverture en verre du distillateur solaire. La température de l'eau saline, la température du bassin absorbant et la température du couvercle en verre peuvent être évaluées à chaque instant.

A. Bilan du vitrage

$$I(t)A_g\alpha_g + Q_{cw-g} + Q_{rw-g} + Q_{sw-g} = m_g C_{pg} \frac{dT}{dt} + Q_{rg-sky} \quad (1)$$

B. Bilan de la saumure

$$I(t)\tau_g A_w \alpha_w + Q_{cb-w} - Q_{rw-g} - Q_{sw-g} = m_w C_{pw} \frac{dT}{dt} + Q_{cw-g} + Q_{fw} \quad (2)$$

C. Bilan de l'absorbant

$$I(t)\tau_g A_b \alpha_b = m_b C_{pb} \frac{dT}{dt} + Q_{cb-w} + Q_{loss} \quad (3)$$

Le rendement horaire du distillateur est donné par l'équation suivante :

$$m_d = h_{cw-g} (T_w - T_g) * 3600 / h_{fg} \quad (4)$$

D. L'efficacité globale

L'efficacité globale est définie par le rapport :



$$\eta_d = \frac{\sum md * h_{fg}}{A_g * I_g} \quad (5)$$

E. L'efficacité interne

Si l'efficacité globale est donnée par rapporte la quantité d'eau produite à la quantité l'énergie solaire qui frappe une surface horizontale, elle ne fait pas mention de la quantité d'énergie entrant réellement dans le distillateur, d'autant plus qu'un distillateur est construit en général pour un lieu donné et avec une couverture fixe. Un changement de pente et de la localité fait varier la quantité d'énergie qui entre dans le distillateur. On définit donc une efficacité dite interne qui prend en considération ces paramètres et qui est définie par :

$$\eta_i = \frac{Q_{sw}}{Q_w} \quad (6)$$

Les analyses théoriques ont été étudiées et vérifiées à avec les résultats expérimentaux. Les équations différentielles sont résolues en utilisant la fonction d'Euler et un logiciel MATLAB 09.

La résolution du système d'équation par un programme de simulation numérique a été effectué pour déterminer les paramètres recherchés à partir des données de base.

Les résultats numériques obtenus nous permettent dans de mettre en évidence l'effet de nombreux paramètres (T_a , T_w etc.) sur les caractéristiques de fonctionnement du distillateur étudiés.

Cette étude a été réalisée sous les conditions climatique de la région d'Adrar dont les coordonnées géographiques sont (27° 53 N. 0° 16' W).

Les calculs théoriques ont été effectuées selon le jour du 23 Octobre 2017.

IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

F. Effet de l'irradiation solaire sur la performance du distillateur.

La fig. 2 montre clairement la variation temporelle du rayonnement solaire global, reçu par mètre carré de surface plane horizontale et également les puissances absorbées par l'eau saumâtre et par la vitre. On peut remarquer que la puissance atteint son maximum à 13h30 (les valeurs maximales sont situées entre (11h 00 et 15h00)).

La même figure montre également que la quantité absorbée par la vitre est assez faible ce qui montre le passage presque de la totalité des irradiations a la saumure, ceci est due à ses caractéristiques géométriques (épaisseur faible) et optiques (coefficient d'absorption faible et coefficient de transmission élevé de la vitre).

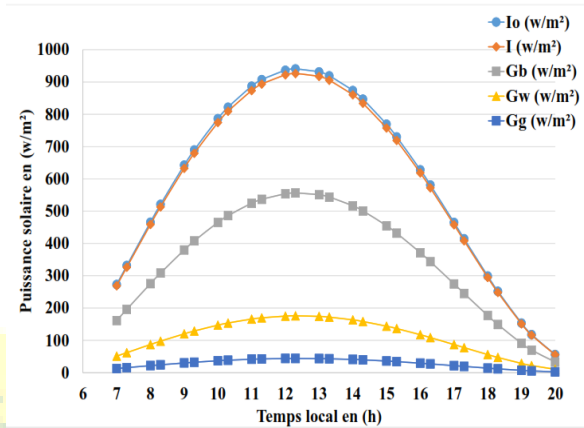


Fig. 2 Variation temporelle des puissances solaire absorbées par le distillateur.

G. Évolution temporelle des températures des composantes du distillateur

La variation des températures en fonction du temps est donnée par la fig. 3. On remarque de cette figure que la température du bac atteint sa valeur maximale de 72 °C à 12h30, ceci s'explique par le coefficient d'absorption assez élevée de la couche noir de polyéthylène et sa relation avec l'irradiation solaire. La température de l'eau est très étroite avec celle du bac, cette dernière est chauffée surtout par convection et d'un degré moindre par conduction (convection naturelle). La faible température de la vitre s'explique par l'échange convectif avec l'ambiant, ceci permet à la vapeur d'eau de se condenser sur la face intérieure de la vitre. La zone tampon est le domaine de la vapeur saturée, où la température est assez élevée. On a une variation classique en forme de cloche du rayonnement solaire [13].

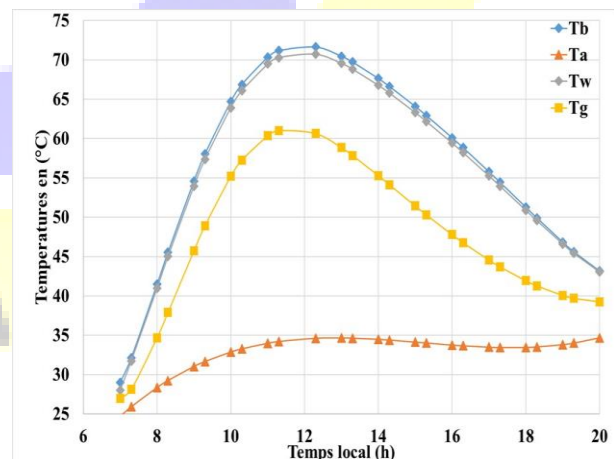


Fig. 3 Évolution temporelle des températures des différentes composantes du distillateur



La Fig. 4 illustre clairement qu'il existe une augmentation de la productivité de l'eau pendant les premières heures de la journée d'essai jusqu'à ce qu'elle atteigne sa valeur maximale 2.500 l vers 13h30 et décroisse par la suite jusqu' au coucher du soleil. On peut dire aussi que le maximum de productivité est en relation au maximum de temperature de l'eau saline T_w et aussi maximum d'irradiation solaire I_o .

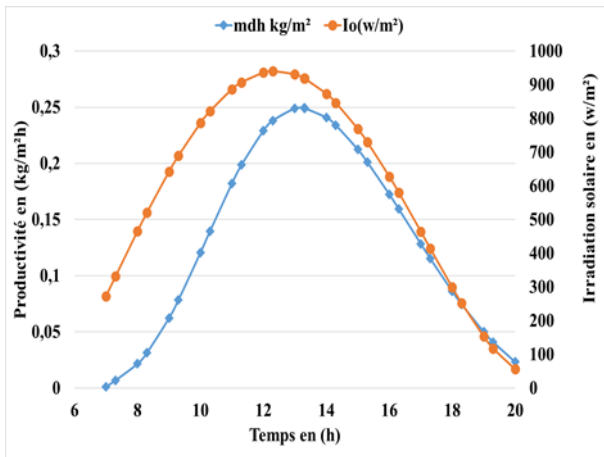


Fig. 4 Variation de la productivité avec l'irradiation solaire

Il apparaît nettement, de la Fig. 5 que l'efficacité globale d'un distillateur solaire est une fonction croissante avec le temps, cependant cette croissance s'atténue pour des valeurs élevées de l'irradiation solaire.

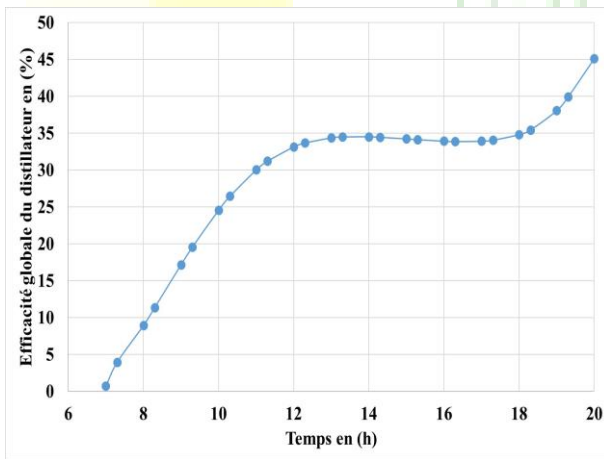


Figure 5 efficacité globale du distillateur

H. Validation expérimentale

Le système est validé par une comparaison des résultats théorique et expérimentales. Parallèlement à l'étude par simulation des tests expérimentales ont été réalisées et les résultats obtenus sont donnés par la Fig.6. À partir de cette figure on constate bien qu'il existe un bon accord entre les deux résultats.

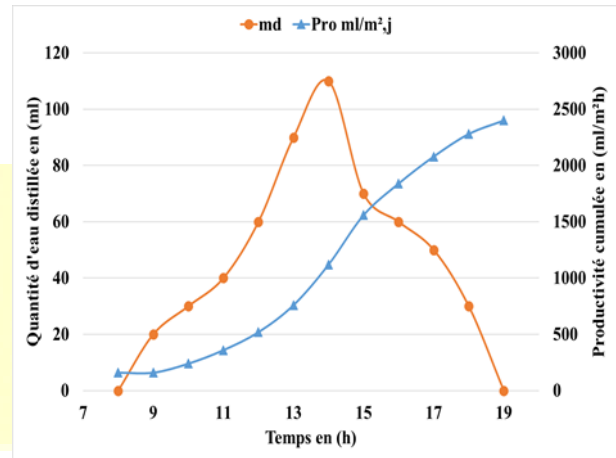


Fig. 6 Variation de la productivité cumulée du distillateur et quantité horaire d'eau distillée

La Fig. 7 présente la variation des différentes températures des éléments du distillateur. Il ressort de celle-ci que la température de l'eau est la plus élevée par rapport aux autres. On peut dire également que la température (T_w) est atteinte sa valeur maximale de 68 ° C. Les autres températures sont presque superposées et atteignent leur maximum entre 13h. et 14h00 Les températures maximales enregistrées sont respectivement de 59 ° C et 42 ° C. Pour la face interne et externe de la couverture en verre, ces résultats sont en bon accord avec les résultats théoriques.

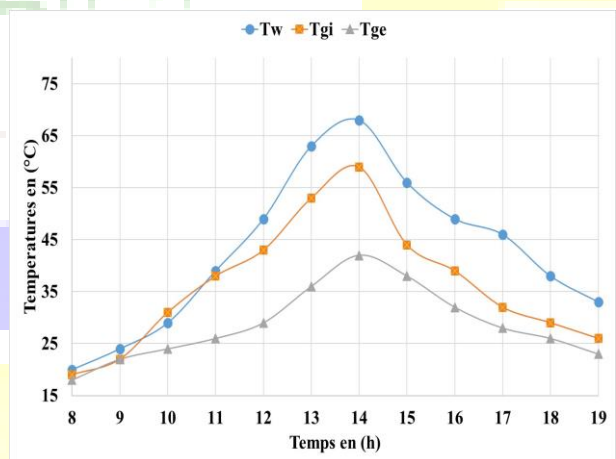


Fig. 7 Variation horaire des températures des différentes composantes du distillateur

La variation de la profondeur de la saumure dans le distillateur est donnée par la Fig. 8. Cette figure montre clairement que l'épaisseur de l'eau dans le distillateur influe d'une manière inverse sur la productivité journalière du distillateur et la quantité produite diminue avec



l'augmentation de l'épaisseur de l'eau. Cette résultat a été approuvé par d'autres chercheurs [6], [14], [16].

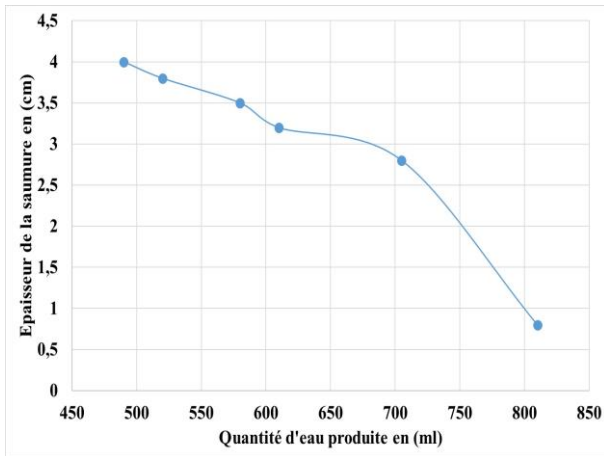


Fig. 8 Effet de l'épaisseur de l'eau sur la quantité journalière d'eau produite

V. CONCLUSIONS

Le présent article présente une investigation théorique et expérimentale d'un distillateur solaire en verre. Plusieurs paramètres ont été étudiés et testés sous les conditions climatiques locales d'Adrar. Les résultats obtenus ont mis en évidence que la productivité du distillateur est influencée par nombreux facteurs comme l'irradiation solaire, la température ambiante, et l'angle d'inclinaison. Cette étude nous a permis de mettre en évidence également l'effet de l'épaisseur de la saumure et que l'augmentation de celle-ci diminué considérablement la quantité d'eau distillée produite.

On constate aussi partir des résultats obtenus qu'il existe un très bon accord entre l'étude de simulation et l'expérimentation.

NOMENCLATURES

A	surface, m ²
Cp	chaleur spécifique, J/kg K
hfg	enthalpie d'évaporation at Tw, J/kg
I(t)	Irradiation solaire sur un plan incliné, W/m ²
Io	Irradiation solaire sur un plan horizontal, w/m ²
m	mass, kg
md	the condensation rate, kg/s
Q	La quantité de chaleur transférée, W
Greeks	
α	angle altitude solaire
ab	absorptivité du bassin
ag	absorptivité du verre
aw	absorptivité de l'eau salée
η_d	L'efficacité journalière
θ_s	angle d'inclinaison de la couverture de verre
ρ	reflectance

τ transmittance

Indices

b	basin
c	convective
e	evaporative
g	glass
r	radiative
w	water

REFERENCES

- [1] A. E. Kabeel, "Performance of solar still with a concave wick evaporation surface," *Energy*, vol. 34, no. 10, pp. 1504–1509, 2009.
- [2] B. Yousfi, "Du réseau ksourien au réseau urbain dans le Sud-ouest algérien: évolution, processus, ruptures et continuités," *Cent. Rech. En Anthropol. Soc. Cult. Crasc*, no. 32, pp. 85–115, 2016.
- [3] M. Faradj, *La région du Touat durant le XVIII siècle*, OPU. Alger: OPU, 1977.
- [4] Hammouzzine, A and Kadaoui, N, "L'évolution des ksour d'Adrar; l'exemple de Ouled Ouchène et de Ouled Ali," *Memoire d'ingénieur*, Université d'Oran, Oran, 2003.
- [5] A. Boutriaa, "Effet des paramètres de fonctionnement sur les performances d'un distillateur solaire," 2009.
- [6] O. Sotehi, "Etude des caractéristiques de fonctionnements et de la performance d'un distillateur solaire," 2009.
- [7] Z. M. Omara, A. E. Kabeel, and A. S. Abdullah, "A review of solar still performance with reflectors," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 68, pp. 638–649, 2017.
- [8] K. Rabhi, R. Nciri, F. Nasri, C. Ali, and H. Ben Bacha, "Experimental performance analysis of a modified single-basin single-slope solar still with pin fins absorber and condenser," *Desalination*, vol. 416, pp. 86–93, Aug. 2017.
- [9] H. A. Dhahad, W. H. Alawee, and T. A. Mohammad, "Review on the important methods used to enhance the productivity of the solar still," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 8, no. 7, pp. 19–24, 2017.
- [10] K. S. Reddy and H. Sharon, "Active multi-effect vertical solar still: mathematical modeling, performance investigation and environmental analyses," *Desalination*, vol. 395, pp. 99–120, 2016.
- [11] Kuldeep H. Nayi and K. V. Modi, "Pyramid solar still: A comprehensive review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 81, pp. 136–148, Jan. 2018.
- [12] R. Sathyamurthy et al., "A Review of integrating solar collectors to solar still," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 77, pp. 1069–1097, Sep. 2017.
- [13] S. Fedali, "modélisation et conception d'un distillateur solaire des eaux saumâtres à bas coût pour les communautés rurales," *PhD Thesis*, Université de Batna 2, 2008.
- [14] B. A. Akash, M. S. Mohsen, and W. Nayfeh, "Experimental study of the basin type solar still under local climate conditions," *Energy Convers. Manag.*, vol. 41, no. 9, pp. 883–890, 2000.
- [15] R. Dev, S. A. Abdul-Wahab, and G. N. Tiwari, "Performance study of the inverted absorber solar still with water depth and total dissolved solid," *Appl. Energy*, vol. 88, no. 1, pp. 252–264, 2011.
- [16] M. K. Phadatar and S. K. Verma, "Influence of water depth on internal heat and mass transfer in a plastic solar still," *Desalination*, vol. 217, no. 1–3, pp. 267–275, 2007.



**Le 5^{ème} Séminaire International sur les Énergies Nouvelles et
Renouvelables**

**The 5th International Seminar on New and Renewable
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Énergies Renouvelables,
Ghardaïa - Alegria 24 - 25 Octobre 2018

