

Production Nocturne d'un Distillateur Solaire Couplé à un Capteur Plan en Milieu Saharien

M. Boukar et A. Harmim

Station d'Expérimentation des Equipements Solaires en Milieu Saharien, B.P. 478, Adrar

Résumé - L'importance de l'eau dans l'économie humaine ne cesse de croître et l'approvisionnement en eau douce devient de plus en plus difficile, tant en raison de l'accroissement de la population et du niveau de vie, que de développement accéléré des techniques industrielles modernes. Le problème de la production d'eau douce par voie solaire est important à deux points de vue : nécessité d'économiser de l'énergie et souci d'assurer les ressources hydrauliques. Dans le présent papier, on présente les résultats d'une étude expérimentale sur la productivité nocturne d'un système de distillation, l'expérimentation est faite dans le site d'Adrar (latitude 27°53'N, longitude 0°17'W). Un distillateur solaire hot - box à effet de serre réunissant deux opérations fondamentales : la captation de l'énergie solaire et la distillation, est couplé à un capteur plan solaire pour l'amélioration de la productivité du distillateur, par l'augmentation de la température de la source chaude. L'expérimentation du système est effectuée dans une période hivernale où la fonctionnement diurne du système est d'environ 10 heures, les volumes d'eau saumâtre contenus dans le bassin et pour lesquels on a effectué les tests sont 10, 20 et 30 litres. La production nocturne est respectivement 0.279, 0.597 et 0.941 kg/h/nuit.

Abstract - The importance of water in the human economy does not cease growing and the supply fresh water becomes increasingly difficult, so much because of the increase in the population and the standard of living, only of the accelerated development of the modern industrial techniques. The problem of the production of fresh water per solar way is important from two points of view : need for saving energy and concern of ensuring the hydraulic resources. In this paper, one has the results of an experimental study on the night productivity of a system of distillation. The experimentation is made on the site of Adrar (latitude 27° 53' N, longitude 0° 17' W). A solar distiller hot-box for purpose of greenhouse joining together two fundamental operations : the collecting of solar energy and the distillation, are coupled with a solar plane collector for the improvement of the productivity of the distiller, by the increase in the temperature of the hot source. The experimentation of the system is carried out during one winter time where the diurnal operation of the system is of approximately 10 hours. The volumes of brackish water contained in the basin and for which one carried out the tests are 10, 20 and 30 liters, the night production is respectively 0.279, 0.597 and 0.941 kg/h/night.

Mots clés: Distillation - Energie solaire – Expérimentation - Production nocturne.

1. INTRODUCTION

Pour un rendement meilleur, plusieurs types de distillateurs solaires sont construits et testés par différents auteurs [1, 2]. La production du distillateur dépend du gradient de température qui existe entre la température de l'eau à l'intérieur du bassin et la couverture transparente. Cependant plusieurs techniques sont testées et adoptées pour l'augmentation de la température de l'eau dans le bassin et à l'abaissement de la température de la couverture transparente.

La production nocturne du distillateur, est définie comme le fonctionnement du distillateur solaire dans l'absence du rayonnement solaire, comme source directe de l'énergie. L'énergie solaire calorifique stockée par la masse d'eau durant le rayonnement du soleil sera utilisée dans la nuit.

L'examen de plusieurs travaux publiés montrent que la production nocturne est présente dans plusieurs types de distillateurs solaires étudiés et que la quantité d'eau produit du coucher au lever du soleil varie suivant le type de distillateur [3]. Une si ancienne et intéressante application de la production nocturne des distillateurs solaires est rapportée par Grune et al. [4].

2. DESCRIPTION DU SYSTEME

Le système de distillation [5] est composé des éléments suivants [Fig. 1]:
- un distillateur hot box à effet de serre, simple et robuste [6], constitué d'un bac en fibre de verre, la partie supérieure du bac est surmontée par deux vitres ordinaires de surface totale 1.0374 m², formant ainsi un toit en V inversé, inclinées de 10° par rapport à l'horizontal et sont fixées aux rebords du bac par du mastic silicone, ce dernier assure l'étanchéité extérieure et intérieure du distillateur.

- un capteur solaire [6] composé d'un boîtier, d'une isolation arrière et latérale en mousse polyuréthane d'épaisseur 0.035 m; l'absorbeur est du type tubes et ailettes. La couverture transparente est un vitrage ordinaire d'épaisseur 0.004 m, des joints en caoutchouc vulcanisés assurent l'étanchéité.
- un ensemble de canalisations permettant la connexion du distillateur au capteur et au réservoir d'alimentation, le système est asservi par un flotteur qui permet le réglage de l'épaisseur de l'eau saumâtre dans le bassin du distillateur.

3. DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET INSTRUMENTATION

L'unité de distillation solaire est formé d'un distillateur de surface d'évaporation $A_b = 1.0374 \text{ m}^2$ couplé à un capteur plan de surface d'ouverture hors tout $A_c = 1.8042 \text{ m}^2$, ce dernier est inclinée suivant une inclinaison annuelle à la latitude du lieu. Le système fonctionne en thermosiphon. Une campagne des mesures de quelques jours est effectuée sur le système en mois de déc. 97 et jan. 98 sur la plate forme des essais de la station solaire d'Adrar.

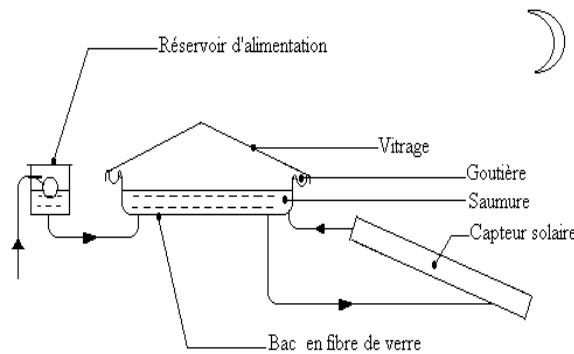


Fig. 1: Vue d'ensemble du système de distillation

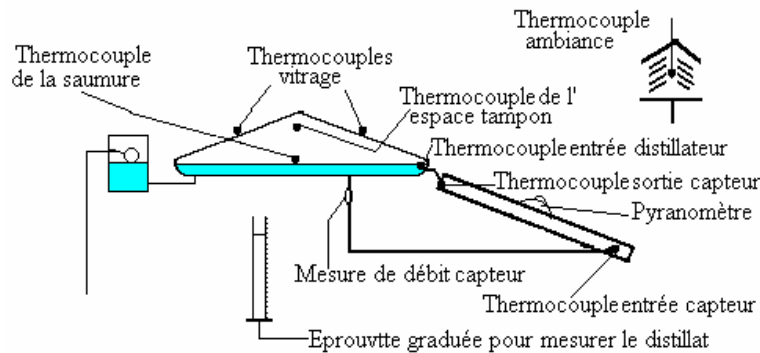


Fig. 2: Emplacement des sondes de mesure de différents paramètres

Les différentes paramètres mesurés sont indiqués sur la figure 2, les températures sont mesurées par des thermocouples de type K, les données sont enregistrées pour un pas du temps de 25 secondes par une acquisition de données de marque Fluke, et sont ensuite traitées sous des fichiers par micro-ordinateur. Le rayonnement solaire global à la surface d'ouverture du capteur est mesuré à l'aide d'un pyranomètre de type Kipp & Zonen de deuxième classe, le débit du distillat est collecté à chaque heure à l'aide d'une éprouvette graduée.

4. RESULTATS EXPERIMENTAUX

Le réglage du niveau d'eau du bassin est réalisé par le principe de deux vases communicants, le bassin et le réservoir d'alimentation en eau. Les tests sont réalisés dans des jours clairs pour des épaisseurs de la lame d'eau de 0.015, 0.025 et 0.035 m, pour des masses d'eau respectives de 10, 20 et 30 kg. Avant le début de déroulement des tests, le vitrage du système est essuyés, l'eau concentrée en sel du test précédant est évacuée et le système sera remplis par un autre, en réglant au même temps le niveau d'eau désirée.

4.1 Cas où la masse d'eau saumâtre est 10 kg

Les figures 3 et 4 montrent un exemple des résultats obtenus sur l'évolution horaire de l'eau distillée produit et les différentes températures du 13 déc. 97 où la masse d'eau à distiller est 10 kg. On lit sur la figure 3 la productivité horaire en eau distillée, la productivité journalière est 5.18 l/m²/j. Sur la figure 4, on lit l'évolution des températures suivantes : la température ambiante T_{amb}, la température de l'eau à l'entrée du distillateur T_{edist}, la température de l'eau saumâtre T_{eau} et la température du vitrage T_{vitre}. Les températures maximales de l'eau, du gradient de température eau - vitrage et de la température ambiante sont respectivement de 62.85, 20.81 et 23.25 °C.

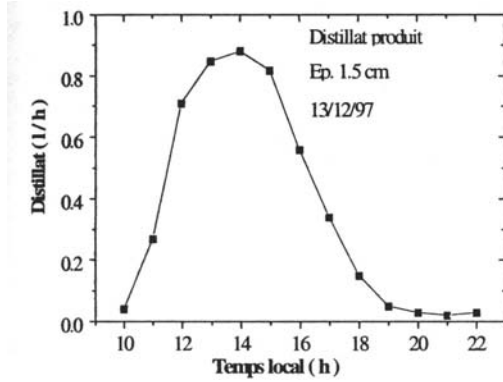


Fig. 3: Evolution de la productivité du distillat

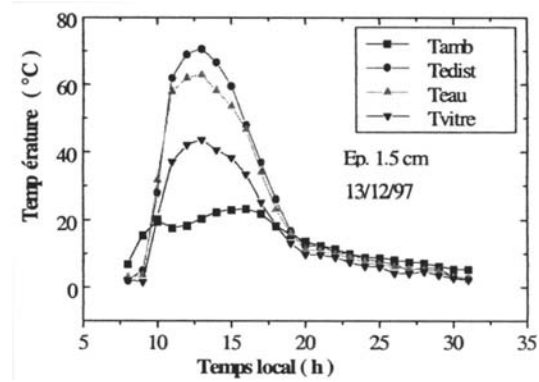


Fig. 4: Evolution des températures

La figure 5 montre l'évolution de la production nocturne du distillat en fonction du gradient de température eau - vitrage, on fait une approximation des points expérimentales par une fonction polynomiale dont l'expression est exprimée par l'équation (1).

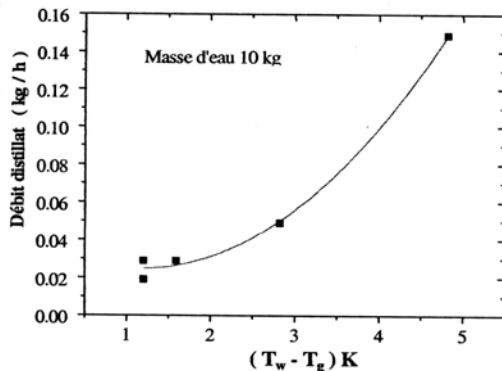


Fig. 5: Evolution débit et T_w-T_g

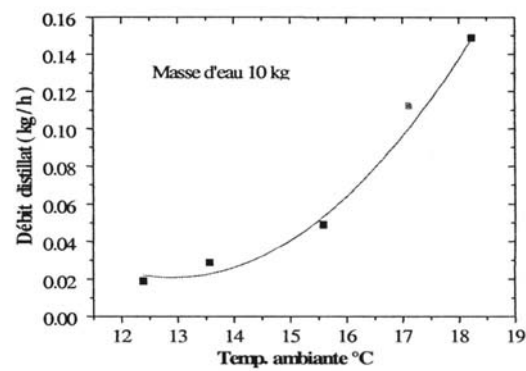


Fig. 6: Evolution du débit en fonction de T_a

$$\dot{m} = 0.03795 - 0.02214 (T_w - T_g) + 0.00937 (T_w - T_g)^2 \tag{1}$$

En absence du rayonnement solaire, les approximations sont faites selon les conditions suivantes : 0.029 ≤ ṁ ≤ 0.149 et 1.2 ≤ (T_w - T_g) ≤ 8.67. La figure 6 montre l'évolution du distillat produit en fonction de la température ambiante, par une approximation polynomiale des résultats expérimentales, la courbe d'approximation est exprimée par l'équation 2, sous les conditions suivantes : 0.029 ≤ ṁ ≤ 0.149 et 11.39 ≤ T_a ≤ 18.23.

$$\dot{m} = 0.76605 - 0.11553 T_a + 0.00448 T_a^2 \tag{2}$$

Les températures de l'eau et le gradient de température eau - vitrage à minuit sont respectivement de 7.5 et 1.3 °C, la production nocturne est 0.279 kg/h par nuit.

4.2 Cas où la masse d'eau saumâtre est 20 kg

Les figures 7 et 8 montrent un exemple des résultats obtenus sur les variations horaires de l'eau distillée produit par jour et les différentes températures, le 21 déc. 97 où la masse d'eau à distiller est 20 kg. On lit sur la figure 7 la productivité horaire en eau distillée, la productivité journalière est $5.22 \text{ l/m}^2/\text{j}$. Sur la figure 8, on lit l'évolution des températures suivantes : la température ambiante T_{amb} , la température de l'eau à l'entrée du distillateur T_{edist} , la température de l'eau saumâtre T_{eau} et la température du vitrage T_{vitre} .

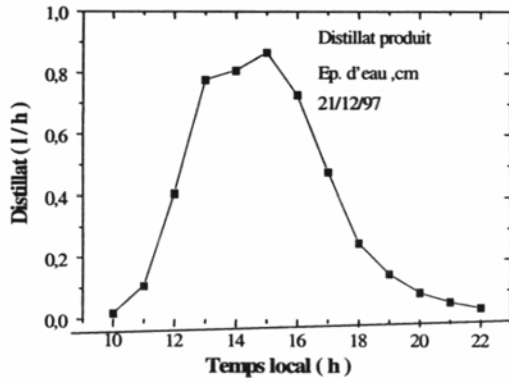


Fig. 7: Evolution de la productivité journalière

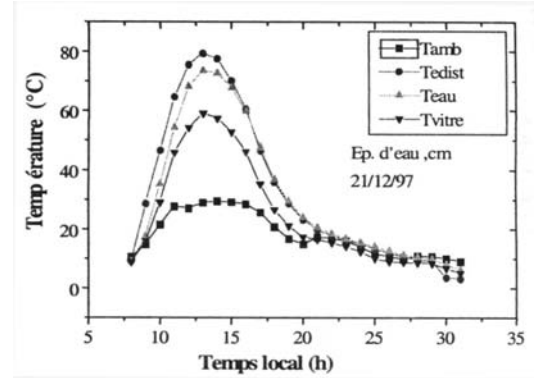


Fig. 8: Evolution des températures

La figure 9 montre l'évolution de la production nocturne du distillat produit en fonction du gradient de température eau-vitrage où les points expérimentaux sont lissés à l'aide d'une fonction polynomiale d'ordre 2 exprimée par l'équation (3).

$$\dot{m} = 0.16214 - 0.048 (T_w - T_g) + 0.00554 (T_w - T_g)^2 \quad (3)$$

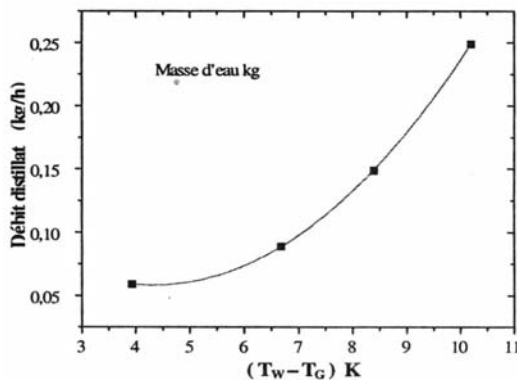


Fig. 9: Evolution du distillat en fonction de $T_w - T_g$

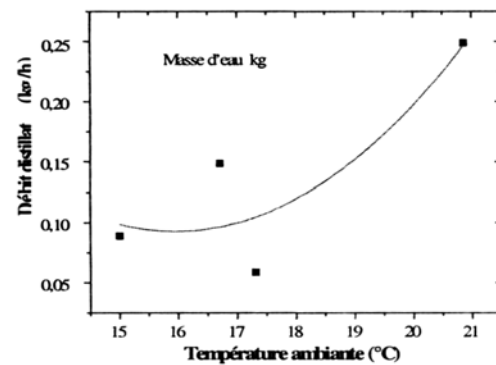


Fig. 10: Evolution du distillat en fonction de T_a

où les approximations sont faite dans la période nocturne et sous les conditions suivantes : $0.039 \leq \dot{m} \leq 0.249$ et $3.01 \leq (T_w - T_g) \leq 10.2$. La figure 10 montre l'évolution de distillat produit en fonction de la température ambiante, les données expérimentales ont subi une approximation polynomiale de deuxième ordre d'équation suivante :

$$\dot{m} = 1.72034 - 0.20398 T_a + 0.00639 T_a^2 \quad (4)$$

Les conditions de l'approximation sont : $0.039 \leq \dot{m} \leq 0.249$ et $16.83 \leq T_a \leq 20.86$. La température de l'eau et du gradient de température vitre - eau à minuit sont respectivement 15.49 et 3.22°C , la production nocturne est 0.597 kg/h par nuit.

4.3 Cas où la masse d'eau est de 30 kg

Les figures 11 et 12 montrent un exemple des résultats obtenus sur les variations horaires de l'eau distillée produit, et les différentes températures du 20 jan. 97, la masse d'eau à distiller est de 30 kg. On lit sur la figure 11 la productivité horaire en eau distillée, la productivité journalière est 5.22 l/m²/j. Sur la figure 12, on lit l'évolution des températures suivantes : la température ambiante T_{amb}, la température de l'eau à l'entrée du distillateur T_{edist}, la température de l'eau saumâtre T_{eau} et la température du vitrage T_{vitre}.

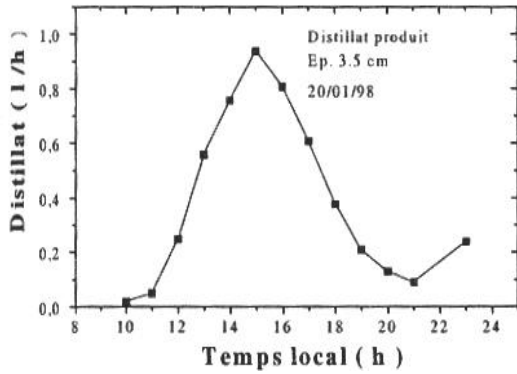


Fig. 11: Evolution de la productivité

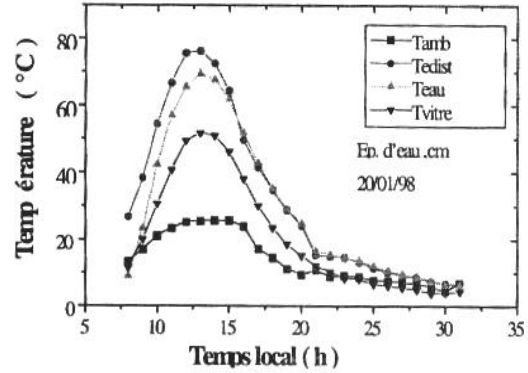


Fig. 12: Evolution des températures

La figure 13 montre l'évolution de la production nocturne du distillat produit en fonction du gradient de température eau - vitrage où les points expérimentaux sont lissés par une approximation polynomiale de deuxième degré exprimée par l'équation (5).

$$\dot{m} = 0.20709 - 0.02894(T_w - T_g) + 0.00139 (T_w - T_g)^2 \quad (5)$$

où les approximations sont faites dans la période nocturne sous les conditions suivantes : $0.119 \leq \dot{m} \leq 0.378$ et $6.65 \leq (T_w - T_g) \leq 25.56$. La figure 10 montre l'évolution de distillat produit en absence du rayonnement solaire en fonction de la température ambiante, les données expérimentales sont lissées par une fonction polynomiale d'ordre 2 suivant l'équation suivante :

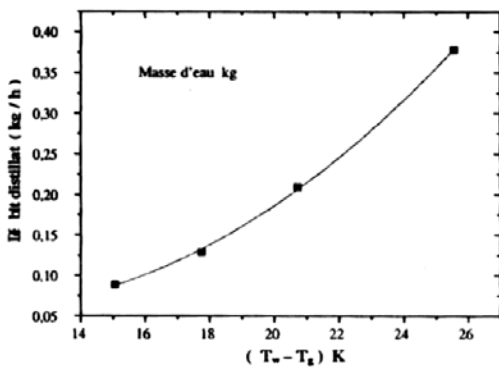


Fig. 13: Evolution débit et T_w - T_g

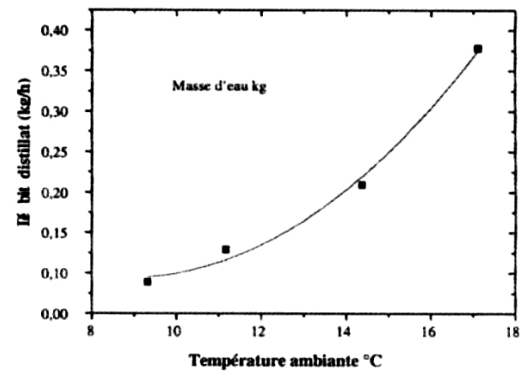


Fig. 14: Evolution de distillat et T_a

$$\dot{m} = 0.41539 - 0.07256 T_a + 0.0041 T_a^2 \quad (6)$$

Les conditions d'expérimentation sont $0.119 \leq \dot{m} \leq 0.378$ et $8.71 \leq T_a \leq 17.12$. A minuit les températures de l'eau et du gradient de température vitrage - eau sont respectivement 14.3 et 5.18 °C, la production nocturne est 0.941 kg/h par nuit. On remarque pour les trois cas que la production nocturne varie à minuit de la même manière que le gradient de température eau - vitrage.

5. CONCLUSION

La production nocturne du système de distillation augmente avec l'augmentation de la masse de la saumure dans le bassin. La différence en productivité est due à une différence dans l'épaisseur de l'eau et par conséquent à sa capacité thermique. La distillation à des basses températures se produit lentement, sur une grande partie de la nuit et qui résulte d'un faible niveau de température de l'eau saumâtre pour sa grande capacité thermique.

Cette étude est effectuée sur le système, pendant une période hivernale où la durée du jour est en moyenne de 10 heures, les quatorze autres heures du jour où le rayonnement solaire est absent sont considérées comme production nocturne. Pour adopter une solution adéquate à l'amélioration de la production nocturne plusieurs solutions envisagées : le stockage d'énergie solaire produite pendant le rayonnement du soleil, l'utilisation des effluents thermiques et la conception des distillateurs profonds ou des marées solaires.

NOMENCLATURE

- \dot{m} : débit horaire d'eau distillée (kg/h)
- T_w : température horaire de l'eau saumâtre (°C)
- T_g : température horaire du vitrage (°C)
- T_a : température ambiante (°C)

REFERENCES

- [1] M.A.S Malik, G.N. Tiwari, A. Kumar and M.S. Sodha, '*Solar Distillation*', Pergamon Press, Oxford, 1985.
- [2] M.S. Sodha and G.N. Tiwari, '*Recent Trends in Advanced Solar Distillation Systems*', (in press).
- [3] Badawi. W. Tleimat and Evrett D. Howe, '*Nocturnal Production of Solar Distillers*', Solar Energy, Vol. 10, N°2, 1966.
- [4] W.N. Grune et al., '*Development Progress*', Report N°60, Office of Saline Water, U.S. Department of Interior, March, 1962.
- [5] M. Boukar et A. Harmim, '*Evaluation Expérimentale des Performances Energétiques d'un Distillateur Couplé à un Capteur Plan*', SIPE'4, Béchar, 10-12 Novembre 1998.
- [6] Dossier Technique des Produits Thermiques, CDER-UEDES.